

**DISEÑO DE UN ALGORITMO PARA LA PLANEACIÓN INCREMENTAL DE  
REDES INALÁMBRICAS EN ÁREAS RURALES APLICADO EN LA RED LIBRE  
DE BOSACHOQUE.**

**SANTIAGO CASALLAS BOHORQUEZ  
DANNFER SEBASTIAN ESPINEL CHACON**

**Universidad de Cundinamarca**  
Ingeniería Electrónica  
Facultad de Ingeniería  
Fusagasugá, Colombia  
2018

**DISEÑO DE UN ALGORITMO PARA LA PLANEACIÓN INCREMENTAL DE  
REDES INALÁMBRICAS EN ÁREAS RURALES APLICADO EN LA RED LIBRE  
DE BOSACHOQUE.**

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar por el título de  
Ingeniero Electrónico

**Autor (es)**

**Santiago Casallas Bohorquez  
Dannfer Sebastian Espinel Chacon**

Director:

Leonardo Rodríguez Mujica

Línea de investigación:

Software, sistemas emergentes y nuevas tecnologías  
Telemática y telecomunicaciones

**Universidad de Cundinamarca**

Ingeniería Electrónica

Facultad de Ingeniería

Fusagasugá, Colombia

2018



## Contenido

Introducción.....	5
1. Línea de investigación .....	6
2. Antecedentes.....	7
3. Planteamiento del problema.....	13
3.1. Formulación del problema.....	13
4. Objetivos.....	14
4.1. Objetivo general.....	14
4.2. Objetivos específicos.....	14
5. Alcances y limitaciones.....	15
6. Justificación .....	16
7. Marco teórico.....	18
8. Diseño metodológico .....	21
9. Cronograma de actividades .....	24
10. Presupuesto del proyecto.....	25
Bibliografía.....	26

# Introducción

La planeación es un paso importante en el despliegue de infraestructura en redes inalámbricas especialmente en áreas rurales, puesto que en la instalación o expansión de una red es difícil saber qué áreas deben tener más cobertura, esto por lo general es un reto para los proveedores de internet (ISP), quienes no tienen certeza de dónde invertir en infraestructura para retornar la inversión, y las herramientas de planeación en este enfoque son escasas o no están disponibles (Bernardi,2012). En este trabajo se presenta una herramienta de planeación la cual consiste en el diseño e implementación de un algoritmo de planeación de redes inalámbricas en zonas rurales.

Para el desarrollo del presente proyecto se realizaría una metodología tipo cascada que estará dividido en cuatro fases, la primera fase es el análisis de requerimientos en donde se indagará acerca de la planeación incremental de redes inalámbricas, donde se recolectara dicha información y se seleccionara la que más se adapte a la planeación de redes inalámbricas cumpliendo con las exigencias y requerimientos necesarios para diseñar el algoritmo, cabe destacar que esta información estará representada en un estado del arte; como segunda fase es diseño, en esta se definirá datos de entrada y de salida del algoritmo, además de proponer el procedimiento necesario, para llegar a la solución deseada, este algoritmo será codificado para posteriormente, en la fase de evaluación poderlo comparar con una solución propuesta con heurística simple, esto se realizara por medio una simulación numérica. Una vez obtenido los resultados y teniendo en cuenta la eficiencia de la solución, se procede a implementar el algoritmo en la Red Libre de Bosa choque, proponiendo una planeación de expansión de red.

El presente documento está organizado de tal manera en la que primero se muestran los antecedentes de los trabajos relacionados en este tema, posteriormente se mostrará la problemática, los alcances, limitaciones y la justificación, donde se resaltarán la importancia de desarrollar el presente proyecto, así como también se describirá la metodología y la ejecución de las actividades por medio de un cronograma de actividades.

## 1. Línea de investigación

---

- Software, sistemas emergentes y nuevas tecnologías
- Telemática y telecomunicaciones

## 2. Antecedentes

---

El acceso a Internet a través de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) se ha convertido en un instrumento fundamental de desarrollo social, económico, político y cultural para los gobiernos y sociedades en todo el mundo, lo que ha conllevado a un desarrollo digital.

El desarrollo digital hace referencia a aspectos como Infraestructuras que faciliten el acceso universal, geográfico y social a las tecnologías; sector TIC respecto a la industria tecnológica existente; competencias digitales o nivel de alfabetización digital en un tiempo determinado; marco legal y regulatorio referente a normatividad, políticas y estrategias de las TIC; contenidos y servicios que incluye la oferta de servicios digitales. (Rendón Gallón, 2011)

Aunque la era digital es un fenómeno mundial existente en países más desarrollados que otros, conlleva a la denominada brecha digital que es la ausencia de una o varias dimensiones contenidas en el desarrollo digital, es esta entonces un reto para la sociedad de la información.

Una alternativa para disminuir la brecha digital, son las redes Libres comunitarias (RLC), entendidas no solo como redes de computadores sino como redes comunitarias implementadas en poblaciones vulnerables donde el acceso a la información es una posibilidad y no una realidad (Gordillo, 2013).

Debido a que las redes comunitarias por lo general se encuentran desplegadas en áreas geográficamente separadas, se utilizan tecnologías inalámbricas como mesh y radioenlaces usando bandas libres como la de 2,4 GHz; Las tecnologías inalámbricas son ampliamente utilizadas en áreas rurales, ya que, por cuestiones de acceso e infraestructura, las tecnologías cableadas no resultan ser viables para estos casos, dando como solución las redes inalámbricas comunitarias (WCN) (flickenger. 2008). Además, en este tipo de redes, se emplean materiales que pueden ser adquiridos por la comunidad, y donde este autor muestra una guía detallada para realizar conexiones inalámbricas, que permitan conectar con un ancho de banda significativo lugares remotos y de difícil acceso, además de tener un enfoque orientado a países en desarrollo.

En varias partes del mundo se pueden encontrar diferentes redes comunitarias, un ejemplo bastante significativo y de gran éxito es la red guifi.net, que comenzó en 2004 en la comarca de Osona (Catalunya), este es un proyecto tecnológico, social y

económico, impulsado desde la ciudadanía que tiene por objetivo la creación de una red de telecomunicaciones abierta, libre y neutral, basada en un modelo de procomún (guifi.net).

Guifi.net tiene a la fecha de diciembre de 2016, 32.500 nodos activos y se calcula que más de 50.000 personas reciben servicio de Internet gracias a esta red. Sin embargo, el éxito de esta red no radica especialmente en la gran cobertura que ofrece y de cómo ha sido el impacto en los países en que se ha desarrollado, sino que según (Roger,2015), ha permitido mostrar la importancia de mantener la infraestructura de la red como bien colectivo ya que el principio subyacente detrás de guifi.net es la firme convicción de que la mejor manera de mantener una red es estableciéndola como un recurso colectivo común (CPR).

A pesar que gran parte de los nodo están conectados con tecnología WiFi en Guifi.net, también utiliza tecnología cableada y de fibra óptica, debido a que se desarrolló en gran parte en zonas urbanas, sin embargo como ya hemos mencionado, la WCN ha tenido gran participación en zonas rurales, en este enfoque se destaca una red inalámbrica mesh (WMN), desplegada por la universidad de Lancaster en Wray (Inglaterra), proporcionando servicio de Internet a una villa en un área aproximada de dos kilómetros por un periodo de tres años (Ishmael, 2008). Esto a pesar de haber tenido algunas limitaciones y complicaciones, muestra cómo se tuvo que reeducar a la gente para que se pueda hacer uso de la red de la mejor manera, dando como resultado la disponibilidad de banda ancha y mejorando la calidad de los servicios que se prestan.

En el ámbito local, en Bogotá se han desplegado diferentes redes inalámbricas comunitarias, las cuales valen la pena resaltar a pesar de no ser un entorno rural, estas muestran la forma de cómo se puede hacer inclusión social a sectores populares, en esta aparece (ciudad bolívar), una red desplegada desde la Universidad Francisco José de Caldas, la cual muestra desde el proceso de selección de puntos donde se desplegaron los nodos, hasta la evaluación de los resultados después de su despliegue; en esta investigación se logró ampliar la cobertura en más de 40% con el uso de antenas artesanales, utilizando guías y herramientas propuestas por (flickenger,2008) , demostrando, que la participación de la ciudadanía es fundamental para el éxito de estas redes.

### **Descripción de la red de Bosachoque Libre**

La Red Bosachoque Libre es un macroproyecto misional de investigación de la Universidad de Cundinamarca de Facultad de Ingeniería (redes libres como alternativa de innovación social e inclusión digital en la vereda Bosachoque del municipio de Fusagasugá), con el fin de proveer servicio de Internet a la vereda Bosachoque



utilizando conexiones inalámbricas, dado que, por ser una zona rural, una conexión cableada sería costosa y difícil. Esta red, se implementó con el fin de generar a la comunidad una herramienta que permita la conectividad, fomentando el desarrollo y crecimiento de esta, utilizando las tecnologías, protocolos y herramientas típicas de una red inalámbrica en países en desarrollo. El proceso de cómo se planeó esta red se encuentra documentado en (Mahecha, 2017).

La red de Bosachoque fue planeada e implementada como una red BWA (acceso inalámbrico de banda ancha “Broad Band Wireless Access”) de dos niveles, nivel de back-haul donde de manera inalámbrica se adquiere el servicio de internet y nivel de acceso donde se conectan los usuarios finales.

El nivel back-haul hace referencia a los sitios de transmisión que están interconectados usando enlaces inalámbricos punto a punto de larga distancia (PTP), mientras que el nivel de acceso proporciona conectividad al equipo del cliente (CPE) a través de un enlace punto multipunto (PMP).

La universidad de Cundinamarca sede Fusagasugá hace la función de proveedor de servicio de Internet (ISP) con el fin de desarrollar y ejecutar el macroproyecto mencionado.

Para el diseño, se especificó un DNS, este se tomó a partir del DNS asignado a la universidad de Cundinamarca, el cual es 200.14.41.2 y, como respaldo se utilizó el DNS de Google 8.8.8.8, además, la red cuenta con servicios de DHCP y firewall, cumpliendo con las especificaciones de enrutamiento y seguridad que una red de esta magnitud debe tener.

El dimensionamiento del número de usuarios se estableció según el POT (plan de ordenamiento territorial) 2014, cuyos datos reposan de manera oficial en la alcaldía de Fusagasugá, donde se consta que en esta población rural se encuentran un número aproximado de 4000 personas, por ende, el direccionamiento está diseñado para suplir de servicio de Internet a la comunidad a un total de 4000 Host.

En este nivel se utiliza un enrutador y una antena Access Point ubicada en la Universidad de Cundinamarca específicamente en el bloque F, donde por medio de un enlace punto a punto (PTP) y utilizando dos antenas RocketM5 AC a una frecuencia de trabajo entre 5.2 GHz 5.8 GHz, se direcciona a un punto ubicado en la vereda san José del chocho del municipio de Sylvania-Cundinamarca; Aquí se encuentra el nivel de acceso, donde un enlace multipunto con topología anillo se encarga de la distribución de la señal por medio de una antena sectorial Rocket Prism AC, a todas las subredes que se encuentra dentro de la vereda Bosachoque (Tobón).

La red de Bosachoque cuenta además con la implementación de un sistema de comunicaciones basado en Voz IP, utilizando una plataforma de software libre, aquí se realizó la evaluación de los parámetros de calidad QoS, donde se examinó los parámetros de calidad que afectan la comunicación voz Ip, enfatizando en los parámetros de ancho de banda, latencia, jitter y pérdida de paquetes (Achury).

Además, la red cuenta con un software de gestión Pandora pms, el cual es opensource, y fue instalado bajo el sistema operativo Ubuntu, el cual permite gran variedad de herramientas para la administración de redes, esta permitió monitorear la red y realizar un diagnóstico, con el fin de solucionar problemas de conexión, además de buscar los nodos esenciales (Florez, 2018).

### **Herramientas de planeación de red**

La planeación de redes inalámbricas es un área muy activa por la comunidad de investigación, sin embargo, estas están principalmente enfocadas en redes de banda ancha móviles y redes de área local inalámbrica.

#### **Planificación en redes móviles de banda ancha**

La industria celular es un campo altamente competitivo, los proveedores de servicios necesitan frecuentemente modificar sus redes para proporcionar el mejor servicio con el menor costo posible, esto es una tarea muy complicada, especialmente cuando hay una infraestructura a gran escala y existe una gran cantidad de usuarios como ocurre en las redes de telefonía celular.

El Sistema universal de telecomunicaciones móviles (UMTS) , es ampliamente utilizada en la 3G de telefonía móvil, sin embargo la planificación de redes es un paso complicado pero necesario para construir o actualizar redes UMTS; En (st-Hilaire, 2009) , el autor sugiere que el proceso de planeamiento se puede abordar de dos maneras: ya sea con un enfoque *modular* , dividiendo el problema en sub-múltiples problemas (planeación de la celda, planeación de red de acceso y planeación de red de núcleo), para ser resueltos en secuencia, o con un enfoque *global*, enfrentando uno a más subproblemas simultáneamente, con la esperanza de acercarse a una optimización global. A continuación, se tratará cada uno de los subproblemas como es el caso del enfoque modular, así como también se resaltarán los trabajos realizados.

#### **Planeación de celda**

El problema de la planeación de la celda puede variar dependiendo del objetivo del planificador de la red. Generalmente, el planificador de la red está interesado en minimizar el costo de la red, maximizando la calidad de la señal y maximizando la

cobertura en un área determinada. La mayoría de las veces, estos objetivos son contradictorios. Puesto que por ejemplo para aumentar la cobertura de la red es necesario desplegar más Estaciones de Base (BS), aumentando los costos.

El problema de planificación de la celda generalmente se trata con uno (o más) de los siguientes elementos:

- Un óptimo número de BSs.
- La mejor localización BSs
- El tipo (o modelo) de BSs.
- La configuración (altura, orientación, inclinación, potencia) de las BSs
- La asignación de usuarios móviles a las BSs.

En este caso se pueden resaltar los trabajos realizados por el autor Amaldi, especialmente en (Amaldi,2008). En este documento se inventaron los modelos de programación matemática para respaldar las decisiones sobre dónde instalar nuevas estaciones base y cómo seleccionar su configuración (altura e inclinación de la antena, orientaciones sectoriales, emisión máxima, potencia, señal piloto, etc.) para encontrar un equilibrio entre maximizar la cobertura y minimizar los costos. El modelo global tiene en cuenta las restricciones de calidad de la señal tanto en direcciones de enlace ascendente y descendente, así como el mecanismo de control de potencia y la señal piloto. En los trabajos que ha realizado Amaldi, ha demostrado encontrarse con problemas de NP-hard, al momento del desarrollo de algoritmos computacionales, por esta razón, ha propuesto algoritmos voraces y estrategia de búsqueda tabú, para evaluar la mejor respuesta, teniendo en cuenta tiempos de computo razonables.

#### Planeación de la red de acceso

La planeación de la red de acceso consiste en encontrar el número, la ubicación y el tipo de controlador de red de radio RNC tan bueno como la interconexión entre la BS y el RNC. Para estos subproblemas (Harmatos,2002) propone un modelo de optimización basado en restricciones, utilizado para encontrar la ubicación óptima de los RNC y al mismo tiempo, asignar de manera óptima las BS a los RNC seleccionados. El número de Nodos B (BSs) que puede admitir un solo RNC es finito y está determinado por el número de interfaces disponibles (puertos) en el RNC. De manera similar, la cantidad de tráfico que puede soportar un solo RNC es también finita.

Por otro lado (Bu,2005) se centra en la forma en que se transfiere la información entre las BS y los controladores (RNC). Por lo general, se usan enlaces punto a punto (como T1 y/o E1). Ellos advierten que esta no es una buena combinación para las redes de la próxima generación porque estas redes transportan tráfico de datos asimétrico y lleno de ráfagas. Por lo tanto, proponen utilizar una red de acceso de radio (RAN) inalámbrica basada en 802.16 (WiMAX) para transportar el tráfico desde los nodos Bs a RNCs. El trata de identificar una topología de back-haul punto a punto (PTP) 802.16, que minimiza el número de dichos enlaces de radio cumpliendo con la demanda de tráfico esperada, aquí se muestra que el problema es NP-hard, y se propone un algoritmo voraz para producir una solución óptima.

#### Planeación de la red de núcleo

La red núcleo es el centro de la red, en esta tenemos acceso a la parte externa de la red como lo es La red telefónica pública conmutada PSTN y PDN, El problema de planificación de la red de núcleo consiste en encontrar el número y la ubicación de los elementos de red (MSC / SGSN), así como la interconexión con los RNC. Esto puede explicarse por el hecho de que este subproblema es similar a los problemas de planificación de la red cableada. Por lo tanto, no se requieren métodos específicos. Sin embargo, algunos investigadores se han centrado en este subproblema. Como es el caso de (Harmatos, 2002), el cual se ocupa de la interconexión de los RNC, la colocación de la media Gateway (MG) y la planificación de la red central.

Esto por mucho, resulta ser muy complejo, además de que se encontró el problema NP-hard, por esta razón, Harmatos dividió el problema en dos partes. Primero, encuentra la ubicación de los MG y una topología razonable utilizando una función de costo lineal. En la segunda parte, utiliza la función de costo real (función de paso) para reducir el costo de la red.

Además, se han realizado trabajos de optimización de planeación de redes inalámbricas, teniendo en cuenta la ubicación de las torres, el algoritmo encuentra la altura mínima que pueden tener las torre, ahorrando recursos y optimizando la red (rios,2015)

En cuanto a las conexiones de área local inalámbricas en el artículo (bosio, 2009), propone la optimizar la ubicación de loa puntos de acceso AP, con el fin de evitar interferencia entre ellos, aumentando el nivel de cobertura, sin perder datos, este utiliza algoritmos de optimización que se han venido trabajando, además de que se encuentra con el problema np-hard, y esto conlleva a realizar aproximaciones con un algoritmo voraz.

### 3. Planteamiento del problema

---

#### 3.1. Formulación del problema

En Colombia, se puede apreciar la baja accesibilidad de banda ancha en zonas rurales, ya que de acuerdo con “Estado de la banda ancha en América Latina y el Caribe” dado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL,2017), menos del 10% de esta población tiene accesibilidad a servicio de banda ancha en el territorio nacional. Además, se espera que para los próximos años la comisión de regulaciones de las Comunicaciones aumente el ancho de banda para las zonas rurales, para el año 2020: 1 Mbps a 10 Mbps de bajada y de 512 Kbps a 1 Mbps (CRC,2016), lo cual, si comparamos esto con los datos actuales que se tienen del ancho de banda en la red libre de Bosachoque (Florez, 2018), se puede evidenciar que no se alcanzara el nivel de banda ancha, por lo tanto, es necesario modificar la red, y para esto los Proveedores Inalámbricos de Servicios de Internet WISP solo pueden tomar dos acciones para extender su cobertura de banda ancha, estas son: Incrementar la cobertura de red, o mejora las áreas ya existentes. En ambos casos, estas acciones son limitadas por el presupuesto y solo un pequeño conjunto de acciones pueden ser ejecutadas.

La planeación de redes se convierte en un proceso fundamental para estos casos, sin embargo, existen gran cantidad de software para el planeamiento de redes inalámbricas, pero estas herramientas a menudo no están disponibles, ni tampoco son adecuados para comunicar pequeñas comunidades y pequeños WISP (en este caso la Universidad de Cundinamarca) (Bernardi, 2012).

El difícil acceso a herramientas de planeación de redes inalámbricas limita la presencia de ISP en zonas rurales ya que ellos no saben con certeza como invertir en infraestructura que permita acceso a internet de banda ancha. Las comunidades excluidas de la banda ancha corren el riesgo de quedar al margen de toda una gama de aplicaciones y ventajas que proporciona Internet, dejando a un lado la posibilidad de generar un desarrollo económico (Ginebra, 2012).

¿Cómo planificar la expansión estratégica de la Red Libre de Bosachoque con un algoritmo de planificación de redes inalámbricas en zonas rurales?

## **4. Objetivos**

---

### **4.1. Objetivo general**

Diseñar un algoritmo para la planeación incremental de redes inalámbricas en áreas rurales evaluándolo en la red Libre de Bosachoque.

### **4.2. Objetivos específicos**

- Generar el estado del arte de los algoritmos utilizados en la planeación de redes inalámbricas que permitan identificar y determinar los requerimientos del algoritmo que sugieran la mejor estrategia de expansión de una red
- Diseñar un algoritmo que permita identificar la mejor estrategia de expansión de la red inalámbrica en zonas rurales
- Evaluar el algoritmo mediante una simulación numérica, comparándolo con Heurística simple.
- Aplicar el algoritmo diseñado en la red libre de Bosachoque analizando los resultados obtenidos

## 5. Alcances y limitaciones

---

### **Alcances**

El presente proyecto tiene como objeto diseñar un algoritmo para la planeación incremental de redes inalámbricas que permita sugerir las mejores opciones para incrementar la cobertura de ancho de banda y acceso a internet en zonas rurales.

Este algoritmo se implementará y evaluará en la red libre comunitaria de Bosachoque, se espera que sea una herramienta adecuada que permita la toma de decisiones al momento de planificar la expansión de la red, además se plantea la base para desarrollar futuros trabajos en el campo de las redes y las telecomunicaciones como puede ser el diseño de un software.

### **Limitaciones**

El proyecto estará limitado por la infinidad de soluciones válidas para realizar la planeación incremental de una red ya que se pueden generar problemas de algoritmos como bucles infinitos, NP-hard, entre otros

En la evaluación se tiene limitaciones en cuanto a infraestructura disponible para desplegar torres nuevas, nodos nuevos, ampliación de nodos, y demás acciones sugeridas por la herramienta.

## 6. Justificación

---

El acceso a Internet de banda ancha tiene impactos positivos en la sociedad, puesto que contribuye de manera significativa al crecimiento económico en muchos aspectos, ya que mejora la productividad, facilita la adopción de procesos de negocio eficientes, aumenta la innovación y mejora los procesos de funcionamiento en las empresas (ITU, 2012), por esta razón la Comisión de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de las Naciones Unidas mediante su informe “El acceso de banda ancha a Internet como medio de lograr una sociedad digital inclusiva” véase en (ONU, 2011), sugiere a todas las naciones miembros de la ONU (Organización de las Naciones Unidas) aumentar los esfuerzos de que todas las personas y comunidades tengan acceso a banda ancha. Sin embargo, la falta de accesibilidad a banda ancha en zonas rurales se debe a que los Proveedores de Servicios de Internet ISP, tienen que desplegar su infraestructura en lugares donde probablemente no retornaran su inversión, por esto, es importante planificar un óptimo despliegue o actualización de la red. En la actualidad, se encuentran toneladas de software para la planeación de redes, sin embargo, estas están enfocadas al planeamiento de redes de banda ancha de telefonía móvil (S-t Hilarie, 2008) y redes inalámbricas locales WLAN (Bosio, 2008), mientras que para la planificación de redes BWA en zonas rurales estos enfoques son limitados por la comunidad de investigación.

Nuestro enfoque está basado en las necesidades de guiar WISP en áreas rurales que se enfrentan con el único reto de extender su rendimiento con inversiones estrechas en un ambiente de ganancias limitadas. La clave para tales organizaciones es identificar la estrategia de despliegue más económica para planear su red mientras se toma en consideración su cobertura. Por esto, en el presente anteproyecto, se propone el diseño de un algoritmo de optimización, que permita identificar el camino de solución de menor costo, seguido del desarrollo de un software que permita mostrar visualmente las posibles acciones a seguir, para finalmente, implementar el presente software en la Red Libre de Bosachoque, en donde se evaluará los resultados.

### Beneficios institucionales

El desarrollo del proyecto permitirá al programa de ingeniería electrónica de la Universidad de Cundinamarca a contar con una herramienta que permita el desarrollo económico de la comunidad rural del municipio (vereda de Bosachoque) y demás lugares donde esta herramienta se pueda implementar, además que



permitirá mejorar el servicio como WISP, que presta la Universidad en la Red Libre de Bosachoque. También permitirá el fortalecimiento del semillero de investigación Kinestasis, fomentando el desarrollo de herramientas tecnológicas al servicio de la sociedad.

### Beneficios Tecnológicos

Se dará a conocer una nueva perspectiva a las WISP en la planificación de redes BWA en zonas rurales, incentivando la conectividad y accesibilidad a la banda ancha, además de que tendrá accesibilidad a la herramienta, puesto que se tiene previsto el desarrollo de un software libre, el cual podrá ser propenso a actualizaciones o mejoras por parte de la comunidad tecnológica, además de que fomentará la posibilidad de generar otras herramientas de software para la solución de problemas de optimización y planeación de redes.

### Beneficio social

La herramienta permitirá sugerir las mejores decisiones al momento de planear una red o mejorar la cobertura de Internet de banda ancha, llevando consigo un desarrollo económico, puesto que la comunidad podrá tener a su disponibilidad un sin fin de herramientas que permitan generar un desarrollo económico en el entorno, además de fortalecer el sector rural y disminuir la brecha digital que existe en los países en desarrollo.

## 7. Marco teórico

---

### Red libre comunitaria

Una red libre comunitaria, es una red troncal, dividida en subconjunto de redes construidas y gestionadas de manera colectiva por la comunidad, la cual se involucra en la red de forma activa y participativa. Estas redes se caracterizan principalmente por ser abiertas, libres y neutrales.

- son abiertas por que todo el mundo tiene el derecho a conocer la forma en que se construyen.
- son libres ya que el acceso a esta red está impulsado por un principio de no discriminación, por lo que son de acceso universal.
- son neutrales porque cualquier solución técnica disponible se puede emplear para ampliar la red, y porque la red se puede utilizar para transmitir datos de cualquier tipo por cualquier participante, incluyendo también fines comerciales(guifi.net).

### Python

Python es un lenguaje de programación interpretado cuya filosofía hace hincapié en una sintaxis que favorezca un código legible.

Se trata de un lenguaje de programación multiparadigma, ya que soporta orientación a objetos, programación imperativa y, en menor medida, programación funcional. Es un lenguaje interpretado, usa tipado dinámico y es multiplataforma.

Es administrado por la Python Software Foundation. Posee una licencia de código abierto, denominada Python Software Foundation License, que es compatible con la Licencia pública general de GNU a partir de la versión 2.1.1, e incompatible en ciertas versiones anteriores.

### Django

Django es un framework web de Python de alto nivel que fomenta el desarrollo rápido y el diseño limpio y pragmático. Creado por desarrolladores experimentados, se encarga de gran parte de la molestia del desarrollo web, por lo que puede centrarse en escribir su aplicación sin necesidad de reinventar la rueda. Es gratis y de código abierto.

## Qgis

QGIS (anteriormente llamado también Quantum GIS) es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de código libre para plataformas GNU/Linux, Unix, Mac OS, Microsoft Windows y Android. Era uno de los primeros ocho proyectos de la Fundación OSGeo y en 2008 oficialmente graduó de la fase de incubación. Permite manejar formatos raster y vectoriales a través de las bibliotecas GDAL y OGR, así como bases de datos. Algunas de sus características son:

- Soporte para la extensión espacial de PostgreSQL, PostGIS.
- Manejo de archivos vectoriales Shapefile, ArcInfo coverages, Mapinfo, GRASS GIS, DXF, DWG, etc.
- Soporte para un importante número de tipos de archivos raster (GRASS GIS, Geo TIFF, TIFF, JPG, etc.)

Una de sus mayores ventajas es la posibilidad de usar Quantum GIS como GUI del SIG GRASS, utilizando toda la potencia de análisis de este último en un entorno de trabajo más amigable. QGIS está desarrollado en C++, usando la biblioteca Qt para su Interfaz gráfica de usuario.

## Grafo

Un grafo en el ámbito de las ciencias de la computación es un tipo abstracto de datos (TAD), que consiste en un conjunto de nodos (también llamados vértices) y un conjunto de arcos (aristas) que establecen relaciones entre los nodos. El concepto de grafo TAD descende directamente del concepto matemático de grafo.

## Heurística

Se denomina heurística a la capacidad de un sistema para realizar de forma inmediata innovaciones positivas para sus fines. La capacidad heurística es un rasgo característico de los humanos, desde cuyo punto de vista puede describirse como el arte y la ciencia del descubrimiento y de la invención o de resolver problemas mediante la creatividad y el pensamiento lateral o pensamiento divergente.

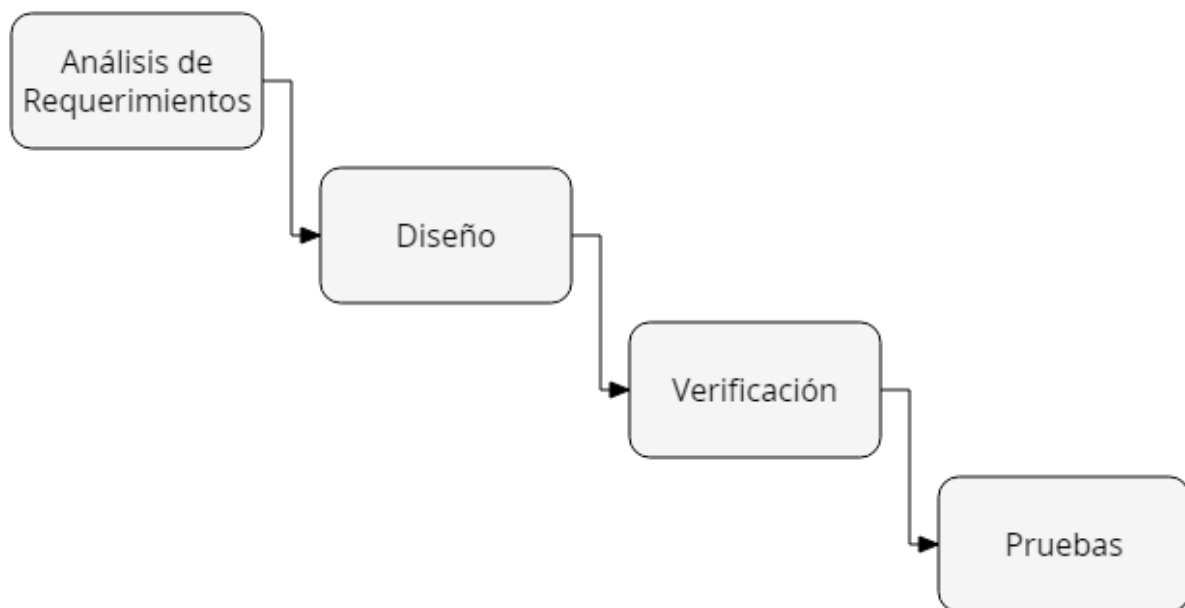
Una heurística es un algoritmo que abandona uno o ambos objetivos; por ejemplo, normalmente encuentran buenas soluciones, aunque no hay pruebas de que la solución no pueda ser arbitrariamente errónea en algunos casos; o se ejecuta

razonablemente rápido, aunque no existe tampoco prueba de que siempre será así. Las heurísticas generalmente son usadas cuando no existe una solución óptima bajo las restricciones dadas (tiempo, espacio, etc.), o cuando no existe del todo

## 8. Diseño metodológico

---

Para el desarrollo del algoritmo que permitirá la creación de una herramienta de planeación incremental de redes inalámbricas, se plantea la metodología tipo cascada que permite hacer un fácil seguimiento del desarrollo del proyecto, realizando una distribución de tareas y delimitando sus fases. A continuación, se describirá cada una de las fases de esta metodología.



### **8.1 Generar el estado del arte de los algoritmos utilizados en la planeación de redes inalámbricas en zonas rurales que permitan identificar y determinar los requerimientos del algoritmo que sugieran la mejor estrategia de expansión de una red**

Esta fase hace parte del primer ítem de la metodología en cascada (análisis de requerimientos) en la que se indagará las herramientas de planeación de redes inalámbricas existentes con el propósito de recopilar información para analizar y seleccionar la que más se adapte a la planeación de redes inalámbricas de banda ancha en zonas rurales, en esta fase se realizan las siguientes actividades:

- Recolectar información de planeación incremental en redes inalámbricas.

- Analizar la información recopilada redes inalámbricas enfocada a zonas rurales.
- Determinar la información que cumpla con los requerimientos necesarios para diseñar el algoritmo.
- Documentar el estado del arte.

## **8.2 Diseñar un algoritmo que permita identificar la mejor estrategia de expansión de la red inalámbrica en zonas rurales**

Partiendo del análisis e información recolectada se determinan los parámetros necesarios para continuar con la etapa de diseño del algoritmo para planear el crecimiento de una red inalámbrica en zonas rurales.

- Definir los datos de entrada y salida del algoritmo
- Proponer el conjunto de operaciones secuenciales para la realización del algoritmo
- Determinar los requerimientos necesarios para ejecutar el algoritmo
- Codificación del algoritmo

## **8.3 Evaluar el algoritmo mediante una simulación numérica, comparándolo con Heurística simple.**

Una vez realizado el diseño del algoritmo se procede a verificar el funcionamiento del mismo, esto se logra mediante una simulación numérica, comparándolo con heurística simple y determinar cuál de los dos planificó la mejor estrategia.

- Simulación numérica de la solución propuesta por el algoritmo
- Solución utilizando heurística simple
- Comparación entre los dos métodos, heurística simple vs algoritmo diseñado

#### **8.4 Aplicar el algoritmo diseñado en la red libre de Bosachoque analizando los resultados obtenidos**

Una vez identificado que el algoritmo proporciona una estrategia aceptable de expansión de la red se realizan las pruebas en la red libre de Bosachoque, utilizándolo como herramienta que permita la expansión de esta, logrando obtener resultados que permiten analizar y determinar si el algoritmo es una herramienta eficiente en la planeación de redes inalámbricas.

- Reunir los parámetros de entrada al algoritmo de la red libre de Bosachoque
- Ejecutar el algoritmo con los parámetros de la red
- Obtención y análisis de los resultados de la ejecución final

[illegible]



## 10. Presupuesto del proyecto

### 10.1 Presupuesto Total

Gastos	Fuente De Financiación			Total
	Propios	UDEC		
		Efectivo	Especie	
Recursos humanos	\$ 9.936.000		\$4'800.000	
Insumos y Materiales	\$1.600.000	\$60.000		
TOTAL				\$16.396.000

### 10.2 Insumos y materiales

Nombre	Cantidad	Valor Unidad	Fuente De Financiación		
			Propios	UDEC	
				Efectivo	Especie
Computador	2	\$ 800.000	\$1.600.000		
Transporte	12	\$5.000		\$60.000	
Total estimado			\$1.600.000	\$60.000	
Total					\$1.660.000

### 10.3 Recursos humanos

Nombre	Función	Formación	Horas dedicadas	Valor Unidad	Fuente De Financiación		
					Propios	UDEC	
						Efectivo	Especie
Leonardo Rodríguez	Director	Ing. Electrónico	240	\$20000			\$4'8000.000
Santiago Casallas	Ejecutor	Estudiante	552	\$9000	\$4.968.000		
Sebastian Espinel	Ejecutor	Estudiante	552	\$9000	\$4.968.000		
Total estimado					\$ 9.936.000		\$4'800.000
Total							\$14.736.000

# Bibliografía

- Achury Mejia, B. A. (2018). *Análisis de los Parametros de Calidad del Servicio (QOS) Proporcionados por una Plataforma de Comunicaciones Convergetes Basada en Linux, a través de Radioenlaces Inalámbricos para la Vereda Bosachoque, en el Municipio de Fusagasugá (Cundinamarca)*. Master's thesis, Universidad de Cundinamarca.
- Alvaro Rendon Gallon, P. J. (Ed.). (2011). *Tecnologías de la Información y las Telecomunicaciones para zonas rurales*. MASERATTI: Mejora de la atención sanitaria en entornos rurales mediante aplicaciones de telemedicina sobre tecnologías inalámbricas.
- Amaldi, C. A. (2001). Optimizing base station siting in UMTS networks. *IEEE Vehicular Technology Conference (VTC)*, 4, 2828–2832.
- Amaldi, C. A. (9 de 2003). Planning UMTS base station location: optimization models with power control and algorithms. *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 2, 939-952.
- Amaldi, E., Capone, A., & Malucelli, F. (2008). Radio planning and coverage optimization of 3G cellular networks. *Springer Science*, 14:435-447.
- Bernardi, G. (2012). *Deployment and Operational Aspects of Rural Broadband Wireless Access Networks*. Ph.D. dissertation, University of Edinburgh.
- Bosio, S., & Matteo Cesana, A. C. (2007). Radio Planning of Wireless Local Area Networks. *IEEE/ACM Transactions on Networking*. *IEEE/ACM Transactions on Networking*, 15, 6:1414–1427.
- Bu, T., Chan, M. C., & Ramjee, R. (3 de 2005). Designing wireless radio access networks for third generation cellular networks. *Proceedings IEEE 24th Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies*.
- Comunicaciones, C. d. (2016). *Definición de Banda Ancha para Colombia*. Bogotá: CRC.
- Edwin Fernando Rojas y Laura Poveda, d. I. (2017). Estado de la banda ancha en América Latina y el Caribe. *Publicación de las Naciones Unidas*.
- Flickenger, R. (. (2013). *REDES INALMBRICAS EN LOS PAISES EN : Una guia practica para planificar y construir infraestructuras de telecomunicaciones de bajo costo* (Vol. 4). Hacker Friendly LLC. Obtenido de <http://wndw.net/>

- Florez, S. (2018). Diseño e Implementación de un Sistema de Gestión para la Red Inalámbrica Comunitaria Bosachoque Libre. *Universidad de Cundinamarca*.
- Gordillo, W. (2013). Redes Libres- Enlaces digitales con sentido social. *ENGI. Revista electrónica de la Facultad de Ingeniería, Universidad de Cundinamarca*, 2, 2: 11-13.
- Harmatos, J. (9 de 2002). Planning of UMTS core networks. *IEEE Int. Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications*, 2, 740–744.
- Ishmael, J., Bury, S., Pezaros, D., & Race, N. (7 de 2008). Deploying Rural Community Wireless Mesh Networks. *IEEE Internet Computing*, 12, 8:22-29.
- ITU. (2012). *Impact of Broadband on the Economy*. Gineva: ITU.
- Mahecha Franco, J. (2018). Planeación , Implementación y Pruebas de la infraestructura de Acceso a Internet de la Red libre Comunitaria de la Vereda Bosachoque del Municipio de Fusagasugá. *Universidad de Cundinamarca*.
- ONU. (2011). *El acceso de banda ancha a internet como medio de lograr una sociedad digital inclusiva*. Ginebra: ONU.
- Pedraza, L. F., & Octavio Salcedo P., C. A. (2012). Implementación de red Inalámbrica Comunitaria para Ciudad Bolívar. *Visión Electrónica*, 2, 11:46-47.
- Poveda, R. y. (2017). *Estado de la Banda Ancha en America Latina y el Caribe*. Santiago: CEPAL.
- Raisanen, R. M. (2 de 2005). Comparison and evaluation of multiple objective genetic algorithms for the antenna placement problem. *Mobile Networks and Applications*, 10, 79-88.
- Regulación de Telecomunicaciones, C. (2016). Definición de Banda Ancha para Colombia. *Regulación de Infraestructura*.
- Rendón Gallón, L. G. (2011). *Tecnologías de la Información y las Comunicaciones para zonas rurales. Aplicación a la atención de salud en países en desarrollo*. Madrid : CYTED.
- Rivera, M. J., & Mújica, L. R. (7 de 2015). Solución al problema de construcción de la topología en redes rurales inalámbricas. *IEEE Colombian Conference on Communication and Computing (IEEE COLCOM 2015)*, 1, 1-9.
- Sen, S., & Raman, B. (5 de 2007). Long distance wireless mesh network planning: problem formulation and solution. *ACM Int. conference on World Wide Web (WWW)*, 893–902.
- Social, O. N. (2013). *El acceso de banda ancha a Internet como medio de lograr una sociedad digital inclusiva*. Tech. rep., Naciones Unidas.

St-Hilaire, M. (7 de 2008). Topological planning and design of UMTS mobile networks: a survey. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 9, 11.

Telecomunicaciones (UIT), U. I. (2012). *Impact of broadband on the economy*. Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). Regulatory & market environment.

Tobon Perdomo, B. A. (2018). INFRAESTRUCTURA DE RED FISICA, EN LA VEREDA BOSACHOQUE DEL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ. *Universidad de Cundinamarca*.