

**Estudio de las ventajas técnicas en la implementación de la tecnología BBU Huawei vs la
tecnología system module Nokia**

Jairo Rafael Meza Caicedo

Asesor

Mauricio Ochoa

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD
Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI
Especialización en Redes de Nueva Generación

2023

Resumen

La presente monografía se logró a través del ejercicio laboral en la ciudad de Cali, al realizar una comparativa entre dos marcas de tecnologías que proveen servicios de telecomunicaciones. Al visitar los sitios donde se encuentran instalados estos equipos y al realizar el acompañamiento en la parte técnica, se fue conociendo de estas tecnologías y descubriendo que actualmente en Colombia hay varias empresas que proveen estos servicios, pero para el ejercicio de la presente investigación se seleccionaron dos marcas de equipos con características similares que son la tecnología **BBU** Unidad de banda base del proveedor **Huawei** y el **System Module Nokia**; es así como se logró evidenciar que el equipo Nokia no es escalable y actualizable, a la hora de hacer migración a la **nueva generación 5G**, ya que solamente emiten señal **4G, LTE o 2G**; mientras que la tecnología la marca Huawei cuenta con la ventaja de que sus equipos si son actualizables a las **nueva generación (5G)** generando beneficios en ahorro de costos en cuadrillas de personal, viáticos y tiempo.

Palabras clave: BBU, Huawei, System Module Nokia, nueva generación 5G, 4G, LTE o 2G

Abstract

This monograph was achieved through the work exercise in the city of Cali, to make a comparison between two brands of technologies that provide telecommunications services. By visiting the sites where these equipment's are installed and by performing the accompaniment in the technical part, it was learned about these technologies and discovered that currently in Colombia there are several companies that provide these services, but for the exercise of this research were selected two brands of equipment with similar characteristics which are the **BBU** technology Baseband Unit supplier *Huawei* and the *System Module Nokia*; This is how it became evident that the Nokia equipment is not scalable and upgradeable, when migrating to the new **5G generation**, since they only emit **4G, LTE or 2G** signal, while the Huawei brand technology has the advantage that their equipment is upgradeable to the new generation (**5G**) *generating* benefits in cost savings in personnel, travel expenses and time.

Keywords: BBU, Huawei, System Module Nokia, nueva generación 5G, 4G, LTE o 2G

Tabla de Contenido

Introducción	8
Justificación	11
Planteamiento del Problema	13
Objetivos	14
Objetivo General	14
Objetivos Específicos	14
Marco Teórico.....	15
Marco Conceptual.....	20
Marco Histórico	23
Evolución e Historia de Internet (1969-2020)	26
Antecedentes o Estado Actual	28
Marco Legal	37
Propuesta Respecto al uso de estas Tecnologías para las Diversas Aplicaciones en la Región	42
Referencias.....	48
Apéndices.....	52

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Desarrollo Cronológico de Arpanet</i>	23
Figura 2 <i>Primera Conexión entre los Ordenadores Stanford y UCLA</i>	24
Figura 3 <i>Primer Correo y Virus</i>	25
Figura 4 <i>Unidad de Banda Base BBU. Esquema de Interconexión BBU-RFU</i>	29
Figura 5 <i>Radio Base LTE con Tecnología Huawei</i>	30
Figura 6 <i>Deployment Scenarios</i>	32
Figura 7 <i>Radio Base Tecnología Nokia Cali</i>	33
Figura 8 <i>RF Nokia Interno</i>	34

Lista de Apéndices

Apéndice A <i>Glosario</i>	52
---	----

Lista de Tabla

Tabla A <i>Comparativo entre BBU Huawei y System Module Nokia</i>	35
--	----

Introducción

Desde sus inicios el ser humano ha tenido la necesidad de comunicarse entre sí, de graficar sus pensamientos e ideas, una forma de comunicación que todos conocemos son las pinturas rupestres que consistían en pintar con la tinta que procedía de diferentes flores y vegetales y plasmarlas en piedras. Esta necesidad de comunicación no ha cambiado, al contrario, ha evolucionado volviéndose no solo más rápida sino despertando competencia entre quien mejor y más rápido lo haga.

Las telecomunicaciones son esenciales para la sociedad moderna y la economía global, ya que este sector promueve el crecimiento económico y el desarrollo de una sociedad. Las redes 4G y 5G son importantes avances en este campo porque ofrecen velocidades más rápidas, menor latencia y la capacidad de habilitar una amplia gama de nuevas aplicaciones y servicios que transformarán aún más la forma en que vivimos y trabajamos, facilitando y/o simplificando tareas o actividades de nuestro quehacer diario, como, por ejemplo, las transacciones bancarias a través de un APP, videoconferencias, compras online entre otras.

Es así como en la presente investigación se realizará una comparativa entre dos tecnologías que proveen servicios de telecomunicaciones, la tecnología BBU *Unidad de banda base* del proveedor Huawei y el System Module Nokia. A lo largo del desarrollo de la presente investigación se podrá evidenciar las diferencias entre estas dos tecnologías.

La trayectoria de Nokia en las telecomunicaciones ha sido diversa y ha evolucionado con los avances tecnológicos y los cambios en el mercado. Desde sus inicios como fabricante de papel hasta su rol actual en la infraestructura de telecomunicaciones, Nokia ha dejado una huella significativa en la industria de las comunicaciones a nivel mundial.

Huawei es una empresa china líder en tecnología de la información y las comunicaciones (TIC) que se ha destacado en varias áreas de las telecomunicaciones. Huawei ha demostrado que es la compañía líder en el despliegue del 5G, y su tecnología es la más avanzada en el campo de las redes móviles de quinta generación.

Para contextualizar es importante hablar de otras marcas como es el caso de ZTE, empresa multinacional china de sistemas y equipos de telecomunicaciones conocida por fabricar una amplia gama de equipos de telecomunicaciones, incluidas unidades de banda base.

La empresa ZTE al igual que otros fabricantes de equipos de telecomunicaciones, ofrece una gama de productos BBU que se adaptan a diferentes arquitecturas y tecnologías de red, como 4G LTE y 5G. La elección de BBU depende de los requisitos específicos de un operador de red móvil y de la tecnología que esté implementando.

Ericsson, es una empresa importante dedicada a proveer equipos y soluciones de telecomunicaciones, ofrece sus propias unidades de banda base como parte de su cartera de sistemas de radio, incluido el sistema de radio Ericsson.

La BBU *Unidad de banda base* es un componente crítico en la estación base de una red celular, que se utiliza para proporcionar cobertura inalámbrica a dispositivos móviles. La BBU es responsable de procesar y manejar los datos y señales digitales que se transmiten entre los dispositivos móviles y la red central del proveedor de telecomunicaciones.

Las funciones y características clave de una BBU incluye:

Procesamiento de señales digitales (DSP), como modulación y demodulación, corrección de errores y codificación/decodificación de canales.

Asignación de recursos: gestiona la asignación de recursos de radio (como franjas horarias y bandas de frecuencia) a diferentes dispositivos móviles para garantizar una comunicación eficiente.

Gestión de interferencias: las BBU ayudan a gestionar la interferencia de otras estaciones base para optimizar el rendimiento de la red y reducir las llamadas perdidas o los problemas de transmisión de datos.

Gestión del Tráfico: Se encargan del enrutamiento y priorización del tráfico de voz y datos dentro de la red.

Expansión de capacidad: las BBU se pueden actualizar o ampliar para aumentar la capacidad y cobertura de la red celular.

Sincronización: Garantizan que todas las estaciones base dentro de una red estén sincronizadas para evitar interferencias en la señal y mantener la integridad de la comunicación.

Gestión remota: muchas BBU modernas admiten gestión y configuración remotas, lo que facilita a los operadores de red monitorear y mantener las estaciones base.

La elección de BBU depende de los requisitos específicos de un operador de red móvil y de la tecnología que esté implementando.

Justificación

Las telecomunicaciones móviles son importantes y fundamentales en la sociedad, la economía y la vida cotidiana de las personas en todo el mundo; permite la comunicación inalámbrica entre dispositivos móviles, como teléfonos celulares, tabletas y computadoras portátiles a través de una red de telecomunicaciones; es así, que los usuarios desde diferentes ubicaciones pueden realizar llamadas telefónicas, enviar mensajes de texto, navegar por internet y utilizar una variedad de aplicaciones y servicios en sus dispositivos. Estas redes están diseñadas para permitir la comunicación de voz y datos de manera inalámbrica, a través de estándares de telecomunicaciones como el 4G (cuarta generación) y el 5G (quinta generación), que representan avances en velocidad, capacidad y funcionalidad de las redes móviles, revolucionando la forma en que las personas se comunican y acceden a la información en todo el mundo, convirtiéndose en una parte fundamental de la vida cotidiana.

Por otro lado, es importante mencionar el internet de las cosas (IoT), que es una tecnología que permite conectar objetos cotidianos al internet para que envíen y reciban datos, como, por ejemplo, lámparas, automóviles y electrodomésticos; es decir en términos simples el IoT puede hacer que las cosas que usamos todos los días sean más inteligentes y se puedan comunicar a través de internet.

El internet de las cosas (IoT) y las telecomunicaciones 5G están estrechamente relacionados y se complementan mutuamente en cuanto a la conectividad de alta velocidad, mayor ancho de banda, latencia baja, mayor capacidad de dispositivos y eficiencia energética; transformando y facilitando la forma en que interactuamos con el mundo digital.

Actualmente en Colombia las telecomunicaciones móviles vienen creciendo significativamente y en constante evolución y algunos operadores de telecomunicaciones

trabajan bajo la tecnología System module Nokia, ZTE y Ericsson; sin embargo, el uso de estos equipos ha evidenciado la existencia de algunas limitaciones en materia de cobertura, así como un elevado costo en mantenimiento y no permite actualización cuando se requiere hacer migración a nuevas tecnologías.

Este estudio pretende hacer un comparativo desde el punto de vista técnico de la tecnología System module NOKIA frente a la BBU Huawei, con el fin de identificar las ventajas en términos de cobertura ofrecidos para acceder a puntos específicos donde no se puede instalar una torre de telecomunicaciones; así como el contar con equipos que sean susceptibles de mejoras tecnológicas ágiles y prácticas como lo requiere la implementación de 5G.

Adicionalmente con el desarrollo del estudio se busca identificar las características y aspectos más relevantes del BBU Huawei y System module Nokia en relación con la facilidad de la instalación de los equipos, la actualización de estos, y su mantenimiento. Sin embargo, la solución BBU de Huawei promete ser más escalable, de mayor rendimiento y de fácil instalación con parámetros que presenta beneficios frente el aspecto técnico en comparación a otras marcas, dado que en algunas ocasiones implica el reemplazo total del hardware.

De acuerdo con lo anterior, el presente estudio es importante, porque contribuye en la toma de decisiones estratégicas respecto a la tecnología que se utilizará en la transición al 5G y sus posibles implicaciones en cuanto a la eficiencia de implementación, costos y presupuestos, calidad y confiabilidad y competitividad en el mercado.

Planteamiento del Problema

¿Cuáles son las ventajas técnicas en la implementación de la tecnología BBU Huawei Vs System module Nokia?

Actualmente en Colombia, algunos operadores de telecomunicaciones utilizan los equipos BBU de Huawei y System module Nokia, sin embargo, con esta última marca se ha observado una cobertura de servicio inestable en recintos cerrados o lugares donde están prohibidas las instalaciones de torres de telecomunicaciones, lo que se traduce en la pérdida de señal de telefonía celular al ingresar en parqueaderos de los centros comerciales, en aeropuertos, en túneles, etc.

Una de las desventajas del System Module Nokia de los equipos instalados en algunos operadores en Colombia, es que no son escalables ni actualizables, por lo que se hace necesario cambiar todo el sistema a una nueva tecnología, que para el caso de esta investigación es la tecnología BBU de Huawei, la cual se caracteriza por ser actualizable y escalable, permitiendo el avance hacia la nueva tecnología de quinta generación de manera mucho más rápida.

Objetivos

Objetivo General

Analizar las ventajas técnicas en la implementación de la tecnología BBU Huawei Vs System module Nokia.

Objetivos Específicos

Realizar un estudio bibliográfico con el fin de identificar las características y aspectos técnicos más relevantes de la tecnología BBU Huawei y System module Nokia en la ciudad de Cali.

Establecer el análisis comparativo entre las tecnologías BBU Huawei y System module Nokia resaltando las ventajas de cada una de ellas en el contexto de la ciudad de Cali

Desarrollar una propuesta respecto al uso de estas tecnologías para las diversas aplicaciones en la región.

Marco Teórico

A medida que se desarrolla el cerebro, este se vuelve adicto a recibir cada vez mayor información (Lane, 2009). Esta necesidad ha motivado que los diferentes grupos de investigación conciban el término *everything, everywhere and always connected* o *Todo, en todos los lugares y siempre conectado*, y que refleja el deseo del ser humano para tener siempre y en cualquier lugar cualquier información que quiera. Tal perspectiva fue definida para la informática por (Weiser, 1991), quien en los años 90 vislumbraba una computación que esté en todos lados, embebida en el ambiente y a la vez portátil. A esto se le conoce como *computación ubicua* (Satyanarayanan, 2001), una computación invisible pero que está alrededor de la persona, y que es móvil, es decir se transporta con uno a donde sea.

El profesor (kaku, 2011) explica que para que haya desarrollo en diferentes áreas para el año 2100 es necesario el desarrollo en las telecomunicaciones. Esto también lo mencionan otros personajes con visiones futuristas, los cuales hablan de que se debe apuntar a una total interconexión entre los seres humanos como se puede evidenciar con la nueva tecnología de 5G.

Según (Tamayo, 2014) estamos en la quinta generación 5G y con ello se propone interconectar de forma inalámbrica donde se conecta todo en absoluto con las máquinas, lo que se denomina o comúnmente es llamado como el internet de las cosas (IoT). Lo que hay que tener en cuenta es el consumo de energía como lo menciona. (Dans, 2020) quien dice que el consumo de energía en una célula pequeña perteneciente a 5G es perceptiblemente mínima que, en una celda convencional, también se refiere al tamaño de las antenas entre más grandes mayor es el consumo de energía. Además, 5G permite el uso del sleep mode, conocido como ultra-lean design, permitiendo poner las estaciones base en un «modo de suspensión» cuando no hay usuarios activos, lo que también incide en un consumo.

La llegada de 5G tiene un impacto doble: primero para la industria de las telecomunicaciones, por otro lado, el uso de las ondas mucho más pequeñas que las usadas en las redes de las anteriores generaciones 1, 2, 3 y 4G que para su transmisión implica distancias mucho más cortas, es decir, que las estas estaciones deban estar a una distancia de aproximadamente 250 metros, para que se pueda garantizar su cobertura, lo que requiere de pequeñas estaciones en

tejados, postes telefónicos, árboles y farolas, para su correcta cobertura, incrementando el consumo de energía.

Por el rápido crecimiento de la capacidad de demanda, se espera que el ancho de banda de la red alcance 1 Gbps. Para esto se necesita que se combinen seis cargadoras para generar un ancho de banda de 120 MHz. Teniendo en cuenta la interrupción del espectro, el ancho de banda ocupado (OBW) deberá alcanzar los 600 MHz o más. (Hwawei, 2016)

Es un hecho que con la llegada de la generación 5G todos los sectores evolucionarán y apresurarán su desarrollo, esto se aceleró aún más con la pandemia de COVID-19.

El desarrollo de 3 y 4 Generación también ha evolucionado, es así como la tercera generación se ha centrado en los avances en la capa física de la interfaz de radio lo que ha dado lugar a mayores capacidades, la 4G ha proporcionado una nueva arquitectura de red central basada en IP, así como esquemas de transmisión de radio más eficientes. Hay que tener en cuenta que las redes de 5G tienen como objetivo aumentar las capacidades existentes de las redes 4G (LTE) simultáneamente en los dominios principales y de acceso mediante nuevas técnicas, pero también impulsando la digitalización, la automatización y la interdependencia en diversos, dominios verticales, industrias y aspectos de la vida (Papidas, 2022).

La sociedad ha tenido que equiparse con tecnologías que posibiliten a las personas desplazarse digitalmente de manera más veloz (History Channel, 2021)

El objetivo principal de las antenas camufladas es maximizar el uso de espacios con el menor impacto visual posible, evitando la negación de la sociedad y manteniendo la conformidad con la arquitectura existente.

Las soluciones ocultas son una particularidad de QMC, que se refiere a la instalación de antenas ocultas en áreas con cobertura móvil deficiente, especialmente debido a restricciones legales, como regulaciones ambientales y municipales.

Al integrarse con el entorno y asegurarse de que la estética del lugar no se vea afectada, las antenas camufladas engalanan el entorno y reducen la negación de los usuarios a las soluciones de conectividad. Además, las antenas camufladas son una excelente solución para organizar espacios en comunidades, especialmente en lo que respecta a la construcción de nuevas infraestructuras de telecomunicaciones (Telecom, 2021).

La RRU- Remote Radio Unit (Unidad de Radio Remota) es un hardware en telecomunicaciones, encargado de hacer todo el trabajo de radiofrecuencia en una radio base, dependiendo el modelo y la tecnología 3G y LTE, será su frecuencia ancha de canal y potencia de transmisión en watts.

La periodicidad, el espacio de canal y la fuerza de transmisión se envían a través de un cable coaxial hacia la antena de telecomunicaciones. Este cable está conectado a la unidad de banda base a través de tarjetas con diferentes modos de operación. La conexión entre ellos se realiza mediante fibra óptica monomodo, que se conecta a una interfaz llamada expés. Esta interfaz transmite todos los datos, tal como la unidad del canal y los medios de radio, en dirección a la RRU (unidad de radio remota), para que los usuarios se conecten a la red.

El cable eléctrico se conecta a un módulo de energía externa OPM200 Huawei. Este módulo de energía externa se utiliza en sitios Blade. Convierte el suministro externo de entrada en una alimentación de corriente continua de -57V y suministra energía al módulo de transmisión RRU o BBU. Este módulo de energía se utiliza en lugares donde no hay disponibilidad de fuente de alimentación de corriente continua, pero la alimentación de corriente alterna se obtiene fácilmente (Co, Huawei Technologies, 2019)

El equipo RRU5309 es una unidad de radio remota para exteriores alimentada por un módulo de energía, es la parte RF de una estación de base distribuidora, se instala cerca de la antena el RRU5309 el cual realiza modulación, demodulación procesamiento de datos y combinación y división de señales de banda base y señales de RF. Con la tecnología de radio definida por software (SDR), el RRU5309 puede funcionar en modo dual LM a través de la configuración del software. (Huawei, 2018)

El RRU5309 adopta un diseño de doble transmisor y receptor, lo que mejora aún más la potencia de salida y la capacidad portadora, proporciona la función de cancelación de intermodulación pasiva (PIM) que reduce la interferencia PIM en escenarios de gran ancho de banda (Huawei, 2018).

Debemos entender el método de posicionamiento de las respectivas terminales, donde el método se aplica a una unidad de banda base (BBU) a un sistema Nodo B distribuido interior, el método consiste en: recibir una señal de posicionamiento de enlace ascendente reenviada por múltiples unidades de radio remotas (RRU), en el que la señal de posicionamiento de enlace ascendente es enviada por una persona que ha de posicionarse a las múltiples RRU; seleccionar las múltiples RRU, al menos dos RRU como RRU objetivo de acuerdo con la señal de posicionamiento de enlace ascendente y una distancia física, en el que la selección comprende:

obtener por separado, de acuerdo con la señal de posicionamiento de enlace ascendente, una intensidad de señal de la señal de posicionamiento de enlace ascendente recibida por cada una de las múltiples RRU; y seleccionar al menos dos RRU como las RRU objetivo en respuesta a la determinación de que la distancia física entre al menos dos de las RRU es mayor que un primer valor preestablecido y una intensidad de señal de la señal de posicionamiento de enlace ascendente recibida por cada una de las al menos dos RRU es mayor que un segundo valor preestablecido; y obtener respectivamente los ángulos de llegada de la señal correspondientes a las RRU objetivo, y determinar una ubicación del terminal que ha de posicionarse de acuerdo con los ángulos de llegada de la señal, las ubicaciones de las RRU objetivo y un algoritmo preestablecido (Huawei, Huawei, Technologies Co Ltd, 2022). Lo antes mencionado no es igual para todas las zonas geográficas puesto que la emisión de la señal se ve afectada por el sistema topográfico de la ubicación de las RRU, es decir no es lo mismo en una ciudad como Cali que está ubicada en un valle a una ciudad como Popayán que está ubicada dentro de un terreno montañoso.

Marco Conceptual

No cabe duda de que el internet a través de las redes de datos ha perfeccionado el estilo de vida del hombre. Con el servicio de la nube desde el año 2012 este se popularizó y surgieron una serie de aplicaciones y usos para esta tecnología, creciendo el número de usuarios. Esto llevo a un incremento del consumo de videos, audios y textos reclamando a la vez un alto requerimiento de banda ancha para el acceso a información (Engobo, 2019).

De acuerdo con (Hernández, 2012). En 2008, la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones) estableció los requisitos para la cuarta generación de estándares de Telecomunicaciones móviles: los sistemas IMT-Advanced o simplemente 4G.

La evolución basada en fibra óptica se ha vuelto indispensable para las redes de banda ancha, esto debido a que los requisitos de ancho de banda y latencia han incrementado su uso.

Las funciones de la BBU se pueden ubicar separadas o juntas gracias a la virtualización de la memoria RAN, esta división funcional le da flexibilidad a la arquitectura y es ideal para optimizar los casos de uso estratégicos en las redes de fronthaul 5G de manera simultánea” (Red, 2022). Es de destacar que las RRU tienen una relación estrecha con las redes de fronthaul 5G amplificando más la potencia.

En los últimos años se ha visto un crecimiento acelerado en las tecnologías 3G y 4G, abriéndose paso la tecnología 5G o quinta generación. (Tamayo, 2014)

Las medidas actuales de mejora de QoS en la academia se concentran en los algoritmos fundamentales dentro de la capa física y de control de acceso al medio (MAC); Sin embargo, pocas veces se abordan las características del tráfico de los escenarios extraídos de los datos. (Su, 2022).

Sin lugar a duda las redes de comunicación de quinta generación (5G) bien implementadas brindan una gran cantidad de servicios. Según (Su, 2022), la tecnología 5G considerablemente realizada, puede generar una solución a una infinidad de servicios de red para diferentes consumidores, estos a su vez son generados por las aplicaciones de comunicación móvil tradicionales y los segmentos de mercado.

La virtualización de funciones de red (NFV), es una técnica prometedora en las comunicaciones futuras, un gran desafío que busca tener mayor rendimiento en infraestructura de las comunicaciones, los autores también mencionan que, en los últimos años, el corte de red, respaldado por una red definida por software (SDN) y la virtualización de funciones de red (NFV), es una técnica prometedora en las comunicaciones futuras así como al extraer los recursos de la red de comunicación en diferentes niveles, la segmentación eficiente de la red va a proporcionar servicios personalizados.

Por otra parte, incorporando a los algoritmos de aprendizaje automático, el corte de red puede aumentar significativamente el rendimiento de las redes celulares en diferentes escenarios y aplicaciones.

El acelerado incremento de la tecnología de la red celular puede hacer que olvidemos que hace apenas unos cuantos años, las comunicaciones eran algo muy distinto a lo que podemos observar a la fecha de hoy (History Channel, 2021).

LTE o Long Term Evolution, es un estándar de comunicaciones móviles desarrollado por la 3GPP, la asociación que desarrolló y mantiene el siguiente paso en la evolución hacia las Redes de Cuarta Generación o 4G.

Las principales ventajas de la conectividad 4G LTE (siglas de Fourth Generation Long-Term Evolution) es mejor velocidad de carga y descarga, llegando hasta 150 Mbps (10 veces más la velocidad de 3G) en dispositivos móviles (portafolio, 2019).

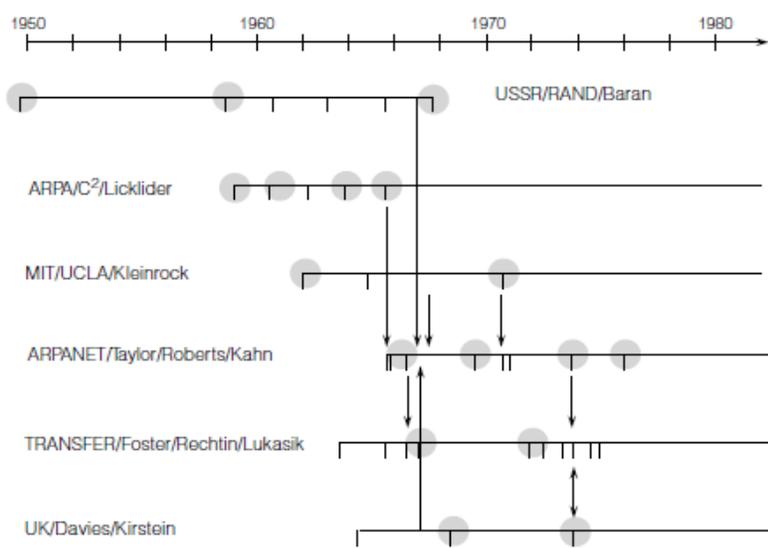
Marco Histórico

Según (Miller, 1998), la innovación es un proceso de aprendizaje resultado de la búsqueda a una problemática entre miembros de diversas colectividades.

Es así como surge el proyecto ARPANET (advanced research projects agency network) o Red de Agencias de Proyectos de Investigación Avanzada, ver figura 1. Como resultado de la unión de diferentes entidades, redes de personas (amigos de Estados Unidos y adversarios extranjeros) brindaron asistencia y presión para tener éxito, lo que dio origen al internet. Pero surge una pregunta y es ¿por qué se construyó? El propósito real del proyecto ARPA es por motivos de seguridad nacional, de ahí su origen en las fuerzas militares, que buscaba tener el control militar contra las amenazas nucleares, explorar nuevas tecnologías informáticas y tomar mejores decisiones tácticas militares. (Lukasik, 2011) Aunque no era el propósito se reconoció que esta necesidad de construir redes de comunicación también abarcaba a otros sectores no relacionados con la defensa.

Figura 1

Desarrollo Cronológico de Arpanet



Fuente. (Lukasik, 2011) *Los puntos destacan cuándo intervinieron los individuos y las organizaciones.*

Inicialmente Estados Unidos tomo dos medidas. En 1948, la Fuerza Aérea ya había estudiado la necesidad de un Red de radar de alerta temprana de defensa aérea; además tenía una red de 85 estaciones de capacidad limitada en marcha.

En la figura 2 se realiza la primera conexión entre los ordenadores Stanford y UCLA. Nace ARPANET. Departamento de Defensa de los Estados Unidos para poder establecer un nexo de comunicación entre los distintos Organismos Gubernamentales de la nación.

Figura 2

Primera Conexión entre los Ordenadores Stanford y UCLA



Fuente. (kjazminni, 2023)

En la figura 3 se puede evidenciar que Ray Tomlinson envió el primer correo de la historia. A esa fecha ya había 23 computadoras conectadas a ARPANET. Así mismo también aparece el primer virus denominado creeper. (kjazminni, 2023)

Figura 3

Primer Correo y Virus



Fuente. (kjazminni, 2023)

Evolución e Historia de Internet (1969-2020)

- 1969: Conexión y ARPANET.
- 1971: Primer correo y virus
- 1976: Se desarrolla Ethernet, los primeros cables coaxiales que permitirían transportar la información más rápida.
- 1978: Nace el SPAM. Se envió un mensaje no solicitado a más de 600 usuarios conectados a ARPANET.
- 1979: Nace la red de comunicación móvil de Primera generación (1G)
- 1983: Se introducen los protocolos TCP/IP de forma obligatoria a todos los ordenadores conectados a ARPANET.
- 1991: Primer página web
- 1994: Se crea y lanza el buscador Lycos, además, también se funda Yahoo.
- 1995: la tecnología 2G fue creada por sus fundadores Ludger Gausling y Christian Grotholt.
- 1995: Microsoft lanza Internet Explorer. Netscape desarrolla los SSL que permitirían transacciones de capital seguras.
- 1998: Nace Google! Y revoluciona la búsqueda de información.
- 1999: Lanzamiento de Bluetooth al mercado.
- 2000: Lanzamiento tecnología 3G
- 2001: lanzamiento de Wikipedia.
- 2003: Se lanza al mercado Safari, Myspace, LinkedIn, Skype, Wordpress, iTunes Store.
- 2004: Se lanza Gmail, Facebook y Vimeo

- 2005: Lanzamiento de YouTube.
- 2008: Se lanza Chrome de Google. Nace Groupon, la primera web de compra colectiva.
- 2012: El uso de la nube se popularizó y surgieron una serie de aplicaciones y usos para esta tecnología, crecieron la cantidad de usuarios de la nube.
- 2013: Se comienza a pagar y hacer transacciones bancarias online.
- 2018: Aparece la tecnología de red móvil 5G, esta permite la conexión a internet en dispositivos móviles con una rápida velocidad de respuesta, es utilizada para fines de entretenimiento y es una puerta para un mayor uso de internet de las cosas y la realidad aumentada, entre otros.

Como se puede evidenciar el avance en las telecomunicaciones implica que se preste un servicio cada vez más rápido, puesto que la demanda es cada vez mayor y más exigente.

Antecedentes o Estado Actual

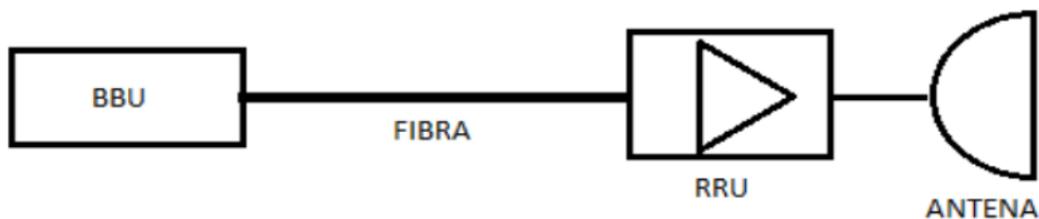
Antes de hablar de la unidad de banda base (BBU) es necesario hablar de los antecedentes, centrándose en la primera red de comunicación computarizada, la cual fue creada por parte de la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada (ARPA) de Estados Unidos a finales de los años 1960: el proyecto se denominó ARPANET (advanced research projects agency network) o Red de Agencias de Proyectos de Investigación Avanzada. Este proyecto contó con la participación de distintas comunidades de científicos, empresas de I+D (Innovación + Desarrollo) así como empresas de telecomunicaciones bajo el título de un establecimiento público: la Oficina de Tecnología de Procesamiento de la Información (IPTO). Office of Information Processing Technology.

La unidad de banda base BBU es un módulo de redes de telecomunicaciones el cual es utilizado para procesar señales de banda base y de la transmisión. Esta expresión hace referencia a la frecuencia original de una transmisión antes de la modulación. La red de acceso de radio (RAN) tradicional consta de una BBU conectada a una o más unidades de radio remotas (RRU) ubicadas cerca de antenas (Millán, 2017). La BBU es un dispositivo el cual permite implementar diferentes tarjetas, a través de las cuales se accede a funciones como: monitoreo, sincronización, control, fuente de poder y transmisión (Reyes, 2019).

En la figura 4 se observa un esquema de interconexión BBU-RFU de Huawei.

Figura 4

Unidad de Banda Base BBU. Esquema de Interconexión BBU-RFU



Fuente. (Millán, 2017)

En la figura 5 podemos ver la vista exterior e instalada de una solución Huawei donde se puede ver que está compuesta únicamente por unidades BBU y RRU, requiere solo una pequeña cantidad de repuestos y permite reducir costos de mantenimiento, en la parte izquierda se observa la antena que permite dar cobertura a una zona específica u objetivo de radiofrecuencia al que se quiere llegar.

Figura 5*Radio Base LTE con Tecnología Huawei*

Fuente. Autoría Propia

En la figura 6 se observa la vista interna de la radio base LTE de una solución Huawei donde es posible identificar todo el escenario.

De derecha a izquierda la Antena TMA, equipo pasivo que permite dar cobertura a una zona específica u objetivo de radiofrecuencia al que se quiere llegar, esto también depende del tamaño de la antena.

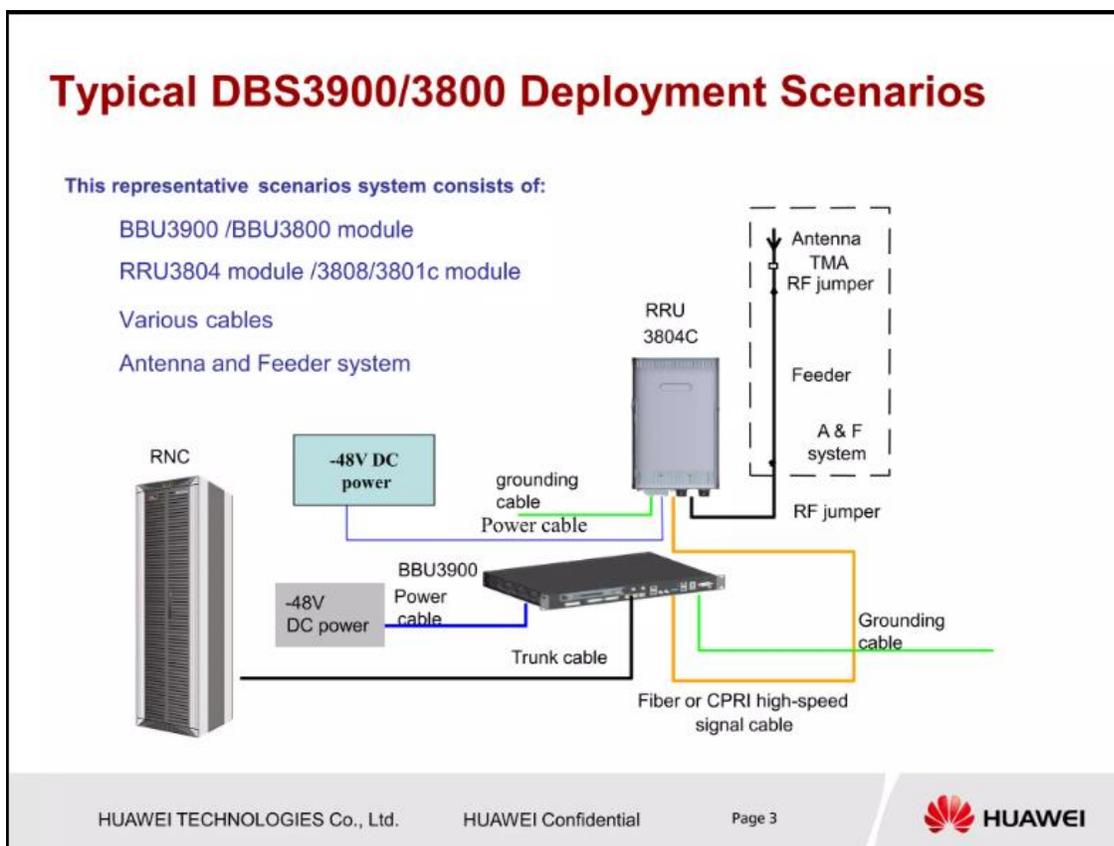
El RF jumper es el cable coaxial que permite la conexión entre la antena y la RRU equipo encargado de generar las radiofrecuencias electromagnéticas para poder guiarlas por medio de la

antena, acoplados por medio de unos conectores a través de cables que dependiendo del tamaño de la antena puede ser de 7/8, 5/8, de media, que para este caso usualmente se utiliza la de 7/8.

Las líneas verdes son los Grounding, que se refiere a los cables de tierra que permiten aterrizar y proteger el equipo en el momento de que ocurra una descarga eléctrica de alto voltaje, para evitar daños ya que estas unidades están expuestas a fenómenos naturales donde se generan con frecuencia descargas eléctricas.

En la RNC se centralizan y controlan todos los servicios. El cable de color amarillo denominado Fiber or CPRI high-speed signal cable, es un elemento de fibra óptica que está conectado entre la RRU con el equipo BBU permitiendo el tráfico de los datos.

Cabe aclarar que la RNC es utilizada para tecnología 3G y para tecnología LTE se utiliza Evolved Packet Core (EPC) que se refiere a una arquitectura de red central que agrega redes de acceso que incluyen LTE (Long Term Evolution).

Figura 6*Deployment Scenarios*

Fuente. (Huawei, Manual RRU, 2014)

En la figura 7 el escenario es para la solución Nokia donde se utiliza el System module y en lugar de utilizar el RRU, se maneja el RF y las bandas de AWS y otro B28.

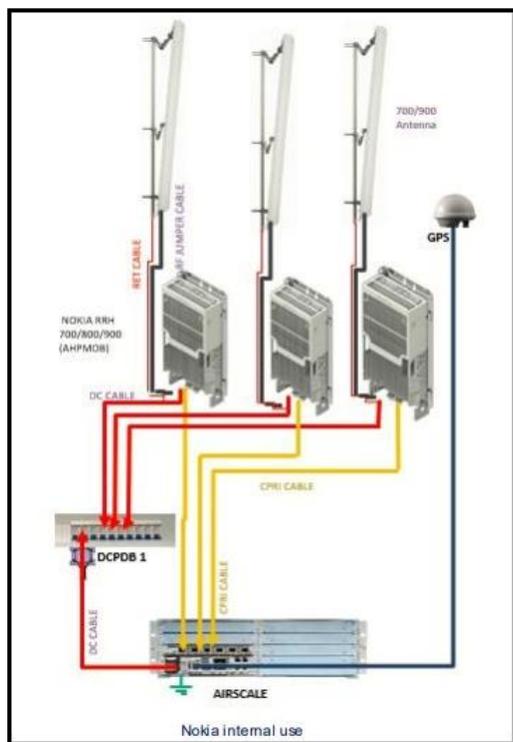
La banda AWS son frecuencias de 700MHz/2600Mhz, la 700 MHz es la más usada por los operadores para el despliegue LTE ya que maneja una mayor cobertura y la de 2600Mhz maneja menor cobertura (ITU, 2017). La banda B28 es el complemento de la banda 4 AWS (1700 y 2100 MHz) de la red 4G.

Figura 7*Radio Base Tecnología Nokia Cali*

Fuente. Autoría Propia

En la figura 8 se muestra una solución RF Nokia interna donde se puede observar el System module y el RF.

El Rf es el que recibe la baja potencia de la señal móvil y modula la señal de radio frecuencia capaz de amplificar la señal de entrada por un factor del orden de algunos miles, para que esta tenga suficiente amplitud para ser útil. (UTM, 2004)

Figura 8*RF Nokia Interno**Fuente.* (Standard, 2021)

A continuación, en la tabla 1 se establece el análisis comparativo desde el punto de vista técnico de la tecnología BBU Huawei frente a la tecnología System Module Nokia, ambas marcas proveedoras de servicios de telecomunicaciones en la ciudad de Cali:

Tabla A*Comparativo entre BBU Huawei y System Module Nokia*

Huawei BBU 5900	System Module FSMF NOKIA
Permiten las actualizaciones del software para la optimización del funcionamiento del equipo de radio frecuencia.	Ya no se tienen actualizaciones vigentes los System Module FsMf
Con la mayor cantidad de celdas por unidad de volumen.	Es una tecnología solo para radio acceso de 4ta generación, o 4G.
El Huawei BBU5900 salvaguarda el retorno de la inversión de los operadores y su capacidad para hacer frente al crecimiento futuro del tráfico.	No es compatible con la 5G
La facilidad de instalación fue otro criterio, y la cartera de RAN 5G de Huawei ya está muy por delante en términos de ingeniería e instalación, incluidos dispositivos livianos y factores de forma compactos.	Equipos generalmente muy sensibles a descargar eléctricas fuera de los rangos.
le permiten implementarse en diferentes escenarios	No escalable (no permite actualizaciones por software y los equipos deben ser reemplazados).
Permite la creación de celdas virtuales con Tecnología 3G, LTE Y 5G.	Licencias con costo elevado
Implementación de estaciones base optimizada y eficaz.	Menor consumo de energía 128 w – 180w
Mayor consumo de energía	El peso de estos equipos es de 22Kg cada Uno
El peso de estos equipos es de 15Kg	

La innovación en las redes inalámbricas ha impulsado la implementación de estaciones base nuevas a niveles sin precedentes. La búsqueda de mejorar la cobertura y calidad del servicio ha llevado a diferentes estrategias en el despliegue de la red para optimizar tiempo y costos que

van de la mano con las diferentes tecnologías del mercado actual. Para el caso de la ciudad de Cali, la emulación de unidades de banda base (BBU) permite a los operadores de redes optimizar y acelerar el proceso de implementación de estaciones base sometiendo a pruebas unidades de radio remotas (RRU) durante la fase de instalación. La unidad de banda base BBU es compatible con la tecnología 5G lo que permite mayor facilidad en la migración de los servicios LTE – 5G, permitiendo realizar cambios mínimos en la estructura del nodo para la puesta en marcha, sin embargo los equipos System Module – Nokia no cuentan con esta opción disponible para migrar la tecnología LTE a 5G, lo que significa mayor costo en el despliegue de la red 5G Nokia, adicional estos equipos ya se encuentran obsoletos y se requiere de cambios de otro tipo de controladoras Nokia que permitan la compatibilidad con la tecnología 5G.

Marco Legal

Respecto a la regulación internacional frente al espectro, este va de forma progresiva y rápida, la pandemia aceleró estos procesos de regulación donde en países en vía de desarrollo se tuvieron que incluir en la legislación y ponerse manos a la obra.

La Unión Internacional de las Telecomunicaciones UIT, no solo es la de mayor trayectoria en el mundo, sino que su creación se procuró en virtud del perfeccionamiento tecnológico que se estaba dando a principios del siglo XIX. Con la revolución industrial y la creación de nuevos dispositivos como lo es el telégrafo y su rápida aceptación, surge la necesidad de crear acuerdos, llevando a que los diferentes países se vieran en la necesidad de crear estos acuerdos que regularan el desarrollo tecnológico y de las telecomunicaciones, lo que llevo a la iniciativa por parte de 20 estados europeos para reunirse y desplegar un acuerdo marco para la interconexión internacional (Telecomunicaciones, 2023) . “En esa misma ocasión, el grupo acordó unas normas comunes que se aplicarían a todos los equipos para facilitar la interconexión internacional, estableció también normas de explotación que habrían de respetarse en todos los países y fijó normas internacionales en materia de tarifas y contabilidad. ” (Cortes, 2013)

Para el año de 1932 en Madrid España la organización internacional, decide fusionarse del Convenio Telegráfico Internacional de 1865, así como el de Radiotelegrafía de 1906. Para 1934 se comenzó a conocer la UIT y para el año 1947 se convirtió en organismo especializado de las Naciones Unidas. Para esa época la estructura la Unión Internacional se compone de los siguientes órganos:

Conferencia de Plenipotenciarios Fuente jurídica: artículo 8 de la Constitución de la UIT y artículo 1 del Convenio de la UIT.

Consejo Fuente jurídica: artículo 10 de la Constitución de la UIT y artículo 4 del Convenio de la UIT.

Secretaría General Fuente jurídica: artículo 11 de la Constitución de la UIT y artículo 5 del Convenio de la UIT.

Conferencias de Radiocomunicaciones Mundiales y Regionales Fuente jurídica: artículo 13 de la Constitución de la UIT y artículo 7 y artículo 9 del Convenio de la UIT.

Asambleas de Radiocomunicaciones Fuente jurídica: artículo 13 de la Constitución de la UIT y artículo 8 del Convenio de la UIT.

Junta del Reglamento de Radiocomunicaciones Fuente jurídica: artículo 14 de la Constitución de la UIT y artículo 10 del Convenio de la UIT.

Comisiones de Estudio y Grupo Asesor de Radiocomunicaciones Fuente jurídica: artículo 15 de la Constitución de la UIT y artículos 11 y 11A del Convenio de la UIT.

Oficina de Radiocomunicaciones Fuente jurídica: artículo 16 de la Constitución de la UIT y artículo 12 del Convenio de la UIT.

Asambleas Mundiales de Normalización de las Telecomunicaciones Fuente jurídica: artículo 18 de la Constitución de la UIT y artículo 13 del Convenio de la UIT.

Comisiones de Estudio y Grupo Asesor de Normalización de las Telecomunicaciones Fuente jurídica: artículo 19 de la Constitución de la UIT y artículos 14 y 14A del Convenio de la UIT.

Comisiones de Estudio y Grupo Asesor de Desarrollo de las Telecomunicaciones Fuente jurídica: artículo 23 de la Constitución de la UIT y artículo 17 y 17A del Convenio de la UIT.

Oficina de Normalización de las Telecomunicaciones Fuente jurídica: artículo 20 de la Constitución de la UIT y artículo 15 del Convenio de la UIT. Conferencias Mundiales y Regionales de Desarrollo de las Telecomunicaciones Fuente jurídica: artículo 22 de la Constitución de la UIT y artículo 16 del Convenio de la UIT.

Oficina de Desarrollo de las Telecomunicaciones Fuente jurídica: artículo 24 de la Constitución de la UIT y artículo 18 del Convenio de la UIT. (Cortes, 2013).

El 17 de mayo del año 2023 fue establecido como el día Mundial de las Telecomunicaciones y la Sociedad de la Información. Esta fecha fue establecida por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) en 1969 para celebrar el papel de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en nuestras vidas y en el mundo en general. Se celebra este día con el objetivo de conmemorar la firma del primer Convenio Telegráfico Internacional en 1865, que estableció la UIT. Desde entonces, la UIT ha sido un actor clave en el desarrollo de las TIC en todo el mundo y ha trabajado para conectar a las personas, las comunidades y los países.

El objetivo principal del Día Mundial de las Telecomunicaciones y la Sociedad de la Información es promover la importancia de las TIC en el mundo y su capacidad para mejorar la vida de las personas y transformar las sociedades. El día también tiene como objetivo fomentar la innovación y el desarrollo de nuevas tecnologías, así como promover la inclusión digital y reducir la brecha digital entre los países y las comunidades. El Día Mundial de las Telecomunicaciones y la Sociedad de la Información se celebra en todo el mundo con eventos que van desde exposiciones y conferencias hasta talleres y actividades educativas. Estos eventos tienen como objetivo involucrar a la comunidad y fomentar la comprensión de la importancia de las TIC y su capacidad para mejorar la vida de las personas y transformar las sociedades. En resumen, el Día Mundial de las Telecomunicaciones y la Sociedad de la Información es una fecha importante para celebrar el papel de las TIC en nuestras vidas y en el mundo. A través de la promoción de la innovación y el desarrollo de nuevas tecnologías, podemos mejorar la vida de

las personas y transformar las sociedades. Además, la inclusión digital es esencial para reducir la brecha digital entre los países y las comunidades. (Global, 2023).

Un tema que va de la mano junto con el desarrollo tecnológico es el de la implementación y crecimiento productivos de un país, es así como (Díaz, 2018) mencionan en su investigación que hay un impacto significativo del uso de TIC que está directamente relacionado al crecimiento económico de un país.

En el marco de la regulación en Colombia en cuanto al espectro electromagnético, la constitución del 91 (Standard, 2021) menciona en el Art. 75, que es un bien público inajenable e imprescriptible el cual le corresponde al Estado la gestión y control del mismo, a su vez debe garantizar la equivalencia de proporciones en el acceso a su uso en los términos que fije la ley, por lo cual en aras de garantizar el pluralismo informativo y la competencia, el Estado intervendrá por mandato de la ley para evitar las prácticas monopolísticas en el uso del espectro electromagnético. Con el propósito de establecer los lineamientos del sector de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), en el año 2009 con la ley 1341 de 2009 (Senado E. , 2023) se creó la Agencia Nacional de Espectro cuyo objeto es el de brindar el soporte técnico para la gestión y la planeación, la vigilancia y control del espectro radioeléctrico, en coordinación con las diferentes autoridades que tengan funciones o actividades relacionadas con el mismo. Por su parte la ley 1978 del 2019 Por la cual se moderniza el sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), tiene por objeto entre otros el de potenciar la vinculación del sector privado en el desarrollo de los proyectos asociados (República, 2019) En cuanto a las condiciones de acceso al espectro radioeléctrico se requiere permiso previo, expreso y otorgado por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, como lo menciona la ley 1978 del año 2019 (República, 2019). Adicionalmente no deben generar

interferencias sobre otros servicios, que sean compatibles con las tendencias internacionales del mercado, así como no deben afectar la seguridad nacional, y que contribuyan al desarrollo sostenible.

Propuesta Respecto al uso de estas Tecnologías para las Diversas Aplicaciones en la Región

Llevar conectividad a los territorios es la gran apuesta del Gobierno Nacional. Que más colombianos, especialmente de las zonas rurales, tengan acceso a Internet para estudiar, trabajar, emprender, nos permitirá cerrar la brecha digital. Nuestra meta es alcanzar las zonas aún no conectadas y mejorar la calidad del servicio dónde ya existe para la productividad de las regiones, a través de tecnologías que se adapten a las condiciones geográficas de cada región (mintic, 2022).

A través del desarrollo de esta investigación y en concordancia con las apuestas del gobierno actual en materia de transición a la tecnología de quinta generación (5G), liderada por el Ministerio de las TIC, en este capítulo se presenta la siguiente la propuesta respecto al uso de la tecnología BBU Huawei para las diversas aplicaciones en la región.

Antecedentes:

El índice de brecha digital (IBD) 2021 realizado en Colombia, muestra una reducción desde el año 2018 hasta el 2021 de aproximadamente 6.6%, es decir que el país ha mejorado las condiciones de acceso a la información y conocimiento de las herramientas digitales; y el Valle del Cauca se encuentra situado dentro del top 5 de los departamentos con menor brecha digital, como se muestra a continuación (MiTic, 2021):

Figura 9

Índice de Brecha Digital (IBD) 2021



Fuente. (MiTic, 2021)

El IBD es impactado por cuatro (4) variables que son: grado de motivación asociados a cada persona, el acceso al material, es decir la infraestructura necesaria para el acceso, el conocimiento y habilidades de las personas para el uso de las herramientas y el aprovechamiento de las herramientas tecnológicas. (MiTic, 2021)

La ciudad de Cali se encuentra en un momento crucial de su desarrollo tecnológico y urbano. Para seguir avanzando hacia una ciudad inteligente y mejorar la calidad de vida de sus habitantes, se propone la implementación de la Unidad de Banda Base (BBU) de Huawei, por los operadores de telecomunicaciones móvil, con el fin de facilitar la transición a la tecnología 5G en toda la ciudad. Esto proporcionará un marco para una amplia variedad de aplicaciones y servicios que impulsarán la eficiencia, la seguridad y la sostenibilidad de la ciudad.

Teniendo en cuenta que la BBU es una parte crucial de las redes 5G, ya que procesa la señal inalámbrica y la distribuye de manera eficiente; se propone fortalecer su implementación en la ciudad a través de:

Despliegue de Estaciones Base 5G: Instalación de estaciones base 5G en toda la ciudad para garantizar una cobertura integral y una alta velocidad de conexión.

Fibra Óptica: Despliegue de una red de fibra óptica de alta velocidad para conectar las estaciones base con la BBU central, garantizando una transmisión de datos rápida y confiable.

Alimentación Energética Eficiente: Implementación de fuentes de energía eficientes y sostenibles para alimentar las estaciones base y las BBU.

Con lo anterior se busca nuevas oportunidades para mejorar la calidad de vida y la gestión de la ciudad, en las siguientes aplicaciones claves:

Salud: Telemedicina de alta definición, seguimiento de pacientes, y cirugía remota para brindar atención médica de calidad y mejorar la salud pública.

Transporte Inteligente: Monitoreo en tiempo real del tráfico, estacionamiento inteligente y vehículos autónomos para reducir la congestión y mejorar la movilidad.

Agricultura de Precisión: Implementar tecnologías de agricultura de precisión, como drones y sensores, para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de la producción de alimentos.

Mercados en línea: Desarrollar plataformas de comercio electrónico para conectar a los agricultores con los consumidores, impulsando la economía local.

Seguridad: Vigilancia de alta definición, reconocimiento facial y detección de anomalías para garantizar la seguridad ciudadana.

Ciberseguridad: Desarrollar capacidades de ciberseguridad para proteger infraestructuras críticas y datos sensibles.

Educación: Aulas virtuales de alta calidad, realidad virtual para la formación y acceso a recursos educativos en línea.

Energía y Sostenibilidad: Redes eléctricas inteligentes, gestión eficiente de residuos y monitoreo ambiental para promover la sostenibilidad. Fomentar la adopción de energías renovables, como la solar y la eólica, para reducir la dependencia de fuentes de energía contaminantes.

Automatización: Promover la automatización industrial y la fabricación avanzada para mejorar la productividad y la competitividad de la región.

Internet de las Cosas (IoT): Implementar IoT para monitorizar y optimizar la producción y la cadena de suministro.

Realidad Virtual y Aumentada: Utilizar RV y RA para promocionar el turismo y preservar el patrimonio cultural.

Entretenimiento: Streaming de alta calidad, juegos en línea y experiencias de realidad aumentada para el disfrute de los ciudadanos.

Para llevar a cabo esta propuesta es importante la colaboración del sector público y privado, como se indica al inicio, se requiere que el gobierno disponga de la regulación y recursos financieros para facilitar la implementación de la tecnología 5G en las diferentes regiones del país; de igual manera otras fuentes de financiamiento pueden ser, inversionistas privados y asociaciones estratégicas con empresas de telecomunicaciones.

Es importante indicar que, para el logro del objetivo de esta propuesta, además de lo expuesto en el párrafo anterior, es necesario formar y preparar a la población en el uso de las herramientas y nuevas tecnologías; es por ello que se deben generar las estrategias para el fortalecimiento de la cultura digital y el desarrollo de habilidades para el manejo de las mismas.

Conclusiones

La elección de los equipos de telecomunicaciones tiene un impacto significativo en la calidad y capacidad de adaptación de los servicios de telefonía celular en Colombia, siendo así, los operadores móviles pueden beneficiarse de la capacidad de actualización y escalabilidad de los equipos de Huawei en comparación con el sistema módulo Nokia.

La tecnología System Module Nokia presenta limitaciones en la migración hacia la tecnología 5G, ya que sus equipos solamente emiten señales 4G, LTE o 2G; esto indica que Nokia se encuentra en desventaja en comparación con Huawei en términos de actualización tecnológica.

En el contexto colombiano, Huawei supera a Nokia en términos de escalabilidad y actualización tecnológica, lo que se traduce en una ventaja competitiva para Huawei y la posibilidad de ahorrar recursos en el proceso de actualización de redes de telecomunicaciones.

La tecnología BBU de Huawei es actualizable y escalable, lo que facilita la transición hacia la tecnología 5G de manera más rápida. Esto implica que Huawei ofrece una solución más flexible y adecuada para la evolución de las redes de telecomunicaciones.

La capacidad de actualización de Huawei no solo permite la adopción de nuevas tecnologías de manera más eficiente, sino que también genera ahorros en costos, como la reducción de personal, viáticos y tiempo necesarios para realizar actualizaciones.

En Colombia se están dando los primeros pasos para la implementación de la tecnología 5G, por lo que los operadores de telecomunicaciones móvil en el país están haciendo modernización de sus equipos y redes para cambiarlos a infraestructura y tecnología Huawei .

La propuesta de implementación de la Unidad de Banda Base (BBU) y la tecnología 5G en la ciudad de Cali es una oportunidad única para transformar la ciudad en una metrópolis

inteligente y avanzada. Esto no solo mejorará la calidad de vida de los ciudadanos, sino que también atraerá inversiones, impulsará la economía local y hará de Cali un referente en Colombia y América Latina en términos de innovación tecnológica y sostenibilidad. La colaboración entre el gobierno local y el sector privado será clave para el éxito de esta iniciativa.

Referencias

- Co, Huawei Technologies. (2019). OPM200 User Guide. En Huawei. China: Huawei.
- Cortes, C. R. (2013). *Revista de Derecho Publico*. Obtenido de spacelaw.uniandes.edu.co
- Dans, E. (2020). *El debate sobre 5G y sostenibilidad*. Obtenido de <https://www.enriquedans.com/2020/12/el-debate-sobre-5g-y-sostenibilidad.html>
- Díaz, H. E. (2018). *Uso de TIC y productividad en México: un análisis subsectorial. Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 25, 156-184.
- Engobo, S. (21 de 06 de 2019). *Las nuevas tecnologías de radio para el despliegue de la 5g. principales requerimientos tecnológicos y dificultades de implementación. Universidad Central" Marta Abreu" de Las Villas, Facultad*. Obtenido de <https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/11960>
- Global, C. (18 de 08 de 2023). *Cultura Global*. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=p5M_u5FopAY
- Hernández, L. J. (Octubre de 2012). *Sistema de Supervision y Soporte para Nodos LTE*. Obtenido de https://oa.upm.es/22570/1/PFC_LAURA_JIMENEZ_HERNANDEZ.pdf
- History Channel, L. (12 de 08 de 2021). *latam.historyplay.tv*. Obtenido de <https://latam.historyplay.tv/culturas-y-comidas/4g-historia-de-una-revolucion-celular>
- Huawei. (2014). Obtenido de Manual RRU: www.Huawe.com
- Huawei. (12 de 09 de 2018). Obtenido de <https://actfornet.com/ueditor/php/upload/file/20200526/1590433718630188.pdf>
- Huawei. (2022). *Huawei, Technologies Co Ltd*. Recuperado el 08 de 2023, de <https://login.ezproxy.javeriana.edu.co/login?url=https%3A%2F%2Fwww.proquest.c>

- Huawei. (2023). *Huawei technologies Co*. Obtenido de <https://www.slideshare.net/Serik123/83092299-rru3804overview>
- Huawei. (2016). Five Trends to Small Cell 2020. *MWC*. Obtenido de <https://www-file.huawei.com/-/media/CORPORATE/PDF/News/Five-Trends-To-Small-Cell-2020-en.pdf>
- ITU. (2017). *www.itu.int*. Obtenido de https://www.itu.int/en/ITU-R/terrestrial/broadcast/Americas/Documents/Presentations_Guatemala/COMTELCA%20VHFUHF%20Coordination%20Meeting.pdf
- JIMENES, H. L. (2012). *PFC Sistema de Supervision y Soporte para Nodos LTE*.
- kaku, M. (2011). *Physics of the Future. How Science Will*. Obtenido de <https://www.brautech.co.za/info/FuturePhysics.pdf>
- kjazminni. (25 de 08 de 2023). *Timeoast*. Obtenido de www.timetoast.com/timelines/evolucion-e-historia-del-internet-1969-2020
- Lane, C. (2009). *The Chemistry of Information*.
- Lukasik, S. (03 de 2011). Why the Arpanet Was Built. *in IEEE Annals of the History of Computing*, 33(3), 4-21. doi:10.1109/MAHC.2010.11.
- Millán, E. D. (2017). *biblus.us.es*. Recuperado el 23 de 08 de 2023, de <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/12387/fichero/MemoriaPFC.pdf>
- Miller, W. a. (1998). *FourthGenerationR&D*. New York: Wiley.
- mintic. (2022). *www.mintic.gov.co*. Obtenido de https://mintic.gov.co/portal/715/articles-273593_recurso_1.pdf
- MiTic. (2021). *mintic.gov.co*. Obtenido de <https://colombiatic.mintic.gov.co/679/w3-propertyvalue-461902.html>

- Papidas, A. G. (2022). Self-Organizing Networks for 5G and Beyond. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/fi14030095>
- portafolio. (15 de 01 de 2019). Obtenido de <https://www.portafolio.co/innovacion/la-evolucion-del-internet-movil-en-el-mundo-525245>
- Red, D. L. (2022). *Domine La Red*. Obtenido de <https://www.viavisolutions.com/es-es/fronthaul>
- República, S. d. (2019). *Mintic.gov.co*. Obtenido de https://normograma.mintic.gov.co/mintic/docs/ley_1978_2019.htm
- Reyes, R. S. (2019). *PROYECTO PASANTIAS HUAWEI TECHNOLOGIES DESPLIEGUE DE TECNOLOGIA 2T2R Y 4T4R PARA MEJORAR COBERTURA Y SERVICIO EN LA RED DE TELECOMUNICACIONES*. Bogotá. Recuperado el 23 de 08 de 2023, de repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/23171/1/Carre%C3%B1oReyesRaulSebastian2019.pdf
- Satyanarayanan, M. (Agosto de 2001). *Pervasive Computing: Vision and Challenges*. *IEEE Personal Communications*. 10-17. doi:10.1109/98.943998
- Senado, C. D. (1991). *Constitución 1991*. Obtenido de <http://www.secretariasenado.gov.co/constitucion-politica>
- Senado, E. (11 de 02 de 2023). *FUNCIONPUBLICA.GOV.CO*. Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=36913>
- Standard, N. I. (2021). Obtenido de <https://pdfcoffee.com/qdownload/nokia-ahpmdb-standard-installation-pdf-free.html>
- Su, R. Z. (2022). *Scenario-Based Configuration Refinement for High-Load Cellular Networks: An Operator View*. *Applied Sciences*; Basel, 3, 1483. . doi:doi:<https://doi-org.ezproxy.javeriana.edu.co/10.3390/app12031483>

Tamayo, R. G. (2014). *5G: UNA NUEVA GENERACIÓN PARA UNA NUEVA SOCIEDAD* .

Revista de Divulgación científica de la universidad Alas Peruanas.

doi:doi:<http://dx.doi.org/10.21503/hamu.v1i1.570>

Telecom, Q. (2021). *qmctelecom.co*. Obtenido de <https://qmctelecom.co/soluciones-outdoor/>

Telecomunicaciones, U. I. (18 de 08 de 2023). *ITU*. Obtenido de Unión Internacional de

Telecomunicaciones : <https://www.itu.int/en/history/Pages/ITUFilms.aspx>

UTM. (2004). *RECEPTORES DE RADIO FRECUENCIA. En ELECTRÓNICA APLICADA III*

(pág. 1). UTM. Obtenido de <http://www1.frm.utn.edu.ar/aplicada3/apuntes/unidad8.pdf>

Weiser, M. (1991). *The Computer for the 21st Century*. Obtenido de

<https://ics.uci.edu/~corps/phaseii/Weiser-Computer21stCentury-SciAm.pdf>

Apéndices

Apéndice A

Glosario

ARPANET (*advanced research projects agency network*) o *Red de Agencias de Proyectos de Investigación Avanzada*.

BBU *unidad de banda base*

RF *Radio frecuencia*

LTE (*Long Term Evolution*) *Evolución a largo plazo*

ITU *Unión Internacional de Telecomunicaciones*

RRU *Remote Radio Unit (Unidad de Radio Remota)*

OBW *Ancho de banda ocupado*

CU *Unidad central*

EPC *Evolved Packet Core*

NFV *Virtualización de funciones de red*

LTE *Long Term Evolution,*

UIT *La Unión Internacional de las Telecomunicaciones*

DSP *Procesamiento de señales digitales*

RBS *Estaciones base de radio*

DSDP *Procesamiento de señales digitales*

QMC *Instalación antenas ocultas*

I+D *Innovación Mas desarrollo*

IPTO *Oficina de Tecnología de Procesamiento de la Información*

IoT *Internet de las Cosas*

AWS *Advanced Wireless Services (Servicios inalámbricos avanzados)*