

Evolución de la telefonía PSTN a red NGN

Lina María Muñoz Hidalgo

Asesor:

Hector Julian Parra Mogollon

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

2025

Nombre Director de Trabajo de Grado

Jurado

Jurado

Agradecimientos

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la realización de este proyecto. En primer lugar, agradezco a Carlos Herrera mi esposo, por su apoyo, paciencia y colaboración durante todo el proceso. En segundo lugar, al tutor Mauricio Ochoa que con su experiencia y dedicación fueron fundamentales para alcanzar los objetivos planteados.

Gracias a todos por ser parte de este logro.

Resumen

La facilidad de alcance que se tiene en la actualidad a la tecnología ha hecho que en su mayoría los seres humanos vivamos el día a día utilizando dispositivos y aplicaciones para nuestras labores diarias ya sea de ocio, sociales o de empleo. Dicha tecnología ha ido evolucionando y permitiendo la posibilidad de tener lo que se le solicita de forma instantánea; pero no siempre ha sido así por lo que esta evolución trae ventajas, pero va dejando atrás tecnología “obsoleta” que a medida que va pasando el tiempo se han encontrado que esa tecnología que ya no se usa suele ser la base para nuevas haciendo reciclaje de lo ya conocido. En las redes NGN se basa en aquello que ya existe planteando soluciones e integrando varias tecnologías para sacar provecho de los beneficios de cada una. La comparativa de estas tecnologías como por ejemplo la evolución de la telefonía lleva a tener resultados estables, con menos infraestructura física y más seguridad y escalabilidad dentro de una red.

Palabras clave: Telefonía, NGN, evolución, PSTN, comunicación

Abstract

The ease of access to technology has led most people to use devices and applications in their daily lives, whether for leisure, socializing, or work. This technology has evolved, allowing instant access to what they need; however, this has not always been the case. This evolution brings advantages, but it is leaving obsolete technology behind. Over time, it has been discovered that this no longer used technology often serves as the basis for new technologies, recycling what is already known. NGN networks build on existing technologies, proposing solutions and integrating various technologies to take advantage of the benefits of each. Comparing these technologies, like the evolution of telephony, leads to stable results, with less physical infrastructure and greater security and scalability within a network.

Keywords: Telephony, NGN, evolution, PSTN, communication

Tabla de Contenido

Introducción.....	9
Justificación	10
Objetivos.....	11
Objetivo General.....	11
Objetivos Específicos	11
Marco Conceptual y Teórico	12
Antecedentes Históricos	16
Arquitectura	18
Bases Teóricas	20
Investigaciones o Antecedentes del Estudio	22
Indicadores.....	23
Variables, Definición Operacional e Indicadores	24
Redes NGN.....	33
Concentrador NGN.....	33
Comparativa de Modelo OSI.....	34
La Telefonía y las Redes NGN.....	37
Conclusiones.....	38
Recomendaciones	46
Referencias Bibliográficas.....	49

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>PSTN vs IP</i>	35
Tabla 2 <i>Modelo de Capas para Redes NGN</i>	36
Tabla 3 <i>Ventajas y Desventajas de las NGN en la Telefonía</i>	37
Tabla 4 <i>Contexto Histórico y Tecnológico</i>	39
Tabla 5 <i>Transición y Disrupción: Emergencia de NGN</i>	40
Tabla 6 <i>Características Clave de NGN y su Raíz en PSTN</i>	40
Tabla 7 <i>Síntesis Analítica: Conexión Directa PSTN–NGN</i>	41
Tabla 8 <i>Redes PSTN y Redes NGN en Colombia</i>	42
Tabla 9 <i>Recomendaciones Para Trabajos Futuros: Redes NGN en Colombia</i>	48

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Arquitectura Red VoIP</i>	18
Figura 2 <i>Boletín Trimestral de las TIC</i>	29
Figura 3 <i>Capa de Acceso</i>	31
Figura 4 <i>Equipos Implementación</i>	32
Figura 5 <i>PSTN Vs NGN</i>	34

Introducción

El crecimiento exponencial que ha tenido las comunicaciones ha llevado a que siempre estén en constante cambio, dejando así en evidencia que las tecnologías tradicionales no cuentan con escalabilidad haciendo el proceso engorroso entre ellas la telefonía. En las empresas debían dedicar grandes espacios y recursos para poder tener en sus instalaciones la arquitectura por lo que contar con telefonía dentro de la compañía para las comunicaciones internas y externas no era muy económico además de ser tedioso el implementar toda una infraestructura por cada línea. Para los usuarios finales antes no podían ni imaginar tener en sus viviendas dicha tecnología por lo costoso que era, pero al pasar el tiempo se empezó a implementar la telefonía a hogares, lo que llevo a tener la posibilidad de contar también con internet, pero fue un problema ya que se entrelazaban las tecnologías haciendo que no fuera posible utilizarlas al mismo tiempo, creando interferencias y mal servicio. Las fallas presentadas en la actualidad para el tema de la telefonía son la escalabilidad y la obtención de integrarse con otras tecnologías para brindar al usuario final soluciones a sus necesidades sin tener que depender de varios dispositivos físicos o cableado extra para poder obtener comunicación.

Definición del problema general y específicos: Aunque la telefonía fija ha evolucionado y de una forma u otra aún esta presenta en nuestro día a día, sigue mejorando, pero ya no dependiendo de líneas directas lo que era engorroso, sino que depende de internet y por ende ingresa a la necesidad de tener seguridad para la protección de datos y paquetes, depender del internet y ancho de banda, duplicidad en la llamada o seguridad.

Justificación

Comprender y obtener el conocimiento sobre las bases para una red NGN donde la telefonía prima y soluciona inconvenientes desde antes hasta la actualidad permitiendo que la comunicación sea fluida y a las necesidades de una empresa o cliente final.

Objetivos

Objetivo General

Dar a conocer la evolución que ha tenido la red telefónica llevándola a ser parte de las redes NGN para soluciones empresariales y cotidianas.

Objetivos Específicos

Conocer los inicios de la telefonía

Entender su evolución a NGN

Concluir sobre sus ventajas y desventajas.

Marco Conceptual y Teórico

Las empresas habituales como bancos, centro de atención telefónica o que tengan gran volumen de empleados conectados a teléfonos fijos para su comunicación actualmente, se encuentran en una encrucijada en temas de telefonía tradicional la cual se está tornando dificultosa por lo costosa de su mantenimiento y la escalabilidad con el crecimiento de dichas empresas. (López, 2009, pp. 17–59).

Cada día se están implementando mejoras en las redes de datos e internet pero se ha visto la necesidad de integrar el tema de la telefonía para dejar de ser tradicional a una que se vuelva completamente digital donde el contacto sea más fácil y ligero, el mantenimiento sea posible y no costoso, donde su escalabilidad no dependa de la capacidad física sino lógica teniendo la posibilidad de multiplicar los dispositivos virtuales y con software multitareas para no crear congestión en las líneas, lo que conlleva no solo a una simple llamada sino la posibilidad de transferencia, encuestas, IVR, interacción con el cliente en llamada, lo que también permite tener mayor seguridad y efectividad. Con la información sobre la evolución de la telefonía analógica fija a la telefonía VoIP es lo que también abre paso a la evolución de telefonía móvil en el cubrimiento de las necesidades que van surgiendo con el paso del tiempo, esta transacción conocida como ISDN red digital de servicios integrados ofrece la posibilidad de anexar la telefonía a la red IP permitiendo el servicio VoIP/SIP. (Hilt & Noel, 2011).

Actualmente contactarnos de forma rápida y múltiple con personas que físicamente no se encuentran cerca, lo damos por hecho al utilizar un celular que día a día es muy habitual; pero esto no fue así desde el principio ya que inicialmente la idea solo era comunicar de forma directa una persona con otra de forma simple lo que se conoce como telefonía analógica ya que se contaba con un par de cobre dedicado para cada línea creada, lo que era un boom en su tiempo se fue volviendo engorroso ya que al aumentar los clientes se intentaba que la red telefónica no se saliera de control,

allí se crean los abonados que permite tomar un sector de la ubicación de la red telefónica haciendo el filtro para entregar los pares de cobre a la central. Esto permitió que el sistema RTB migrara a RTC (Red Telefónica Conmutada) empezara a evolucionar ya que inicialmente su uso era solo para voz, pero por medio de este último inicia la digitalización basada también en la conmutación de circuitos el sistema RDSI haciendo la posibilidad de transmisión de datos donde se evidencian servicios de fax e internet. Antes del sistema RDSI apareciera en los años 80, para los años 60 las centrales análogas empiezan la migración de su tecnología a digital lo que permite una mejora notoria ya que se obtiene el manejo de llamadas de forma simultánea y la posibilidad de brindar en un mismo hogar varios teléfonos con la ayuda de una roseta o PTR a lo que se conoce como puertos FXS que permite tener los servicios de módems para internet y los teléfonos con faxes. Los puertos FXS contaban con una interfaz FXO lo que permitía el cierre de la llamada es decir colgar dejando libre la línea para otros usos. Volviendo a los años 80 donde los sistemas de servicios integrados RDSI permite iniciar las comunicaciones telefónicas a futuro como la VoIP, pero esa evolución se vio opacada por el surgimiento de la tecnología ADSL la cual se consumió los servicios integrados de una red RDSI lo que permitió una mayor velocidad de transmisión de datos a bajo costo y la utilización de servicios de voz e internet al mismo tiempo a mayor velocidad que las redes anteriores. (Bellamy, 2000, pp. 7–32; Malas & Morton, 2011).

Actualmente la red ADSL es muy común y ha sido empleada por muchos años donde han permitió la exploración de esta para el escalamiento a otros servicios ya que si se cuenta con una conexión estable y velocidad razonable se puede contar con el servicio de VoIP donde dos o más personas se pueden unir a una misma llamada con los elementos de software y hardware ya existentes, la posibilidad de comunicación con personas de diferentes zonas geográficas sin un costo muy alto, se ofrece más que servicio de voz también video y texto por medio de páginas web y aplicativos; esto a su vez va generando la necesidad de administración de los servicios esto toma la

tradicional forma de llamar por medio de un teléfono y se añade los servicios de VoIP por lo que la tradicional conexión de telefonía con un puerto RJ11 se une a los servicios de internet que se conectan por el puerto RJ45 y se emplean servicios de Gateways que permiten la interconexión entre dispositivos adicional de adaptadores analógicos para la comunicación de Voz IP convirtiendo la señal digital por IP a una señal analógica o viceversa, así mismo el uso de puertos y sistemas anteriores FXO y FXS con adaptadores lo que permite la utilización de la infraestructura ya existe para el uso de las nuevas redes. Ya con las pruebas realizadas y estudiando la escalabilidad de los servicios la VoIP revoluciona con la implementación y reutilizando la infraestructura ya existente, sino que también la inicialización de servicios de control, autenticación y manejo de datos con la creación de protocolos como SIP que ejerce el control en las interfaces de comunicación de los gateways para seguridad de la información en su travesía por la red.

(Matango, 2016). Otra de las evoluciones que se presentan de forma notable es los cambios de la telefonía móvil ya que aunque no presentaba cables desde un principio si se contaba con una base de corta distancia es decir los teléfonos inalámbricos los que evolucionaron a los teléfonos móviles los cuales siendo más pequeños se centraban en la comunicación de voz, a la medida que la tecnología análoga de los teléfonos fijos iban evolucionando a la telefonía VoIP los teléfonos móviles; también fueron revolucionando el mercado ofreciendo servicios de voz y datos con la posibilidad de reproducción de música, video y cámaras integradas a estos se les conocía como dispositivos GSMI que sería los servicios 2G que fueron remplazados rápidamente por los dispositivos UMTS que ofrecían servicios 3G ya que la infraestructura para esta red 3G permitía servicios de forma múltiple y mayor cobertura geográfica. Estos servicios también fueron migrando a tecnologías dentro de la cobertura del internet ya que se va uniendo con los servicios VoIP. El asunto aquí es que para las redes 3G se empezaron a presentar problemas en el momento de recibir o realizar llamadas ya que cuando se recibe un mensaje de texto este no llegaba porque

la red estaba ocupada, adicional al estar en auge se necesitaba mayor cobertura. Todos estos problemas se fueron resueltos con la llegada de la red 4G donde la red VoLTE mejora la calidad de la voz reduciendo el ruido de fondo, abriendo la cobertura en voz y datos, facilitando el uso simultaneo de estar en una llamada y estar utilizando los datos móviles. Estas características han permitido la evolución de muchos servicios los cuales se pueden usar todos desde un teléfono celular permitiendo tener todo a la mano como lo conocemos actualmente y es tanto el auge que los proveedores de servicios tanto móviles como fijos buscan mejoras en simplificar y unificar protocolos, interfaces, servicios; para complementar tanto en la tecnología fija como móvil no se descartan las tecnologías anteriores sino que a raíz de ellas se realizan mejoras por ejemplo en la telefonía fija se utiliza la infraestructura física y en la telefonía móvil se cuenta con redes anteriores a VoLTE(4G) como lo es la redes 3G y 2G para el cubrimiento de zonas aledañas o rurales. Al final todo evoluciona a raíz de las necesidades que se van presentando en la actualidad en la que se vive. (Pérez & Gómez, 2019)

Antecedentes Históricos

Desde siempre el ser humano ha intentado comunicarse con otros a pesar de no estar cerca comenzando con señales de humo, cartas, entre otros dispositivos que intentan transmitir un mensaje; pero no es hasta el año 1794 donde el ingeniero francés Claude Chappe creo el telégrafo óptico, el cual utilizaba torres con brazos móviles que servían para la transmisión de mensajes a través de señales visuales dando como resultado un sistema visual. (Conceptos de la Historia, s.f.).

Luego en 1774 el fisico suizo Georges-Louis Le, desarrollo el telégrafo eléctrico el cual utilizaba cables para cada una de las letras del alfabeto, esto permitía la transmisión de mensajes a corta distancia. (Wikipedia, 2025).

Dando continuidad con las creaciones y descubrimientos en 1812, El científico y diplomático ruso Pavel Schilling implemento un telégrafo electroquímico, este permitía utilizar señales eléctricas para la transmisión de mensajes por medio de cables.

Ya para el año 1837 el pintor y científico estadounidense Samuel Morse, implemento un código de puntos y rayas para representar con ellas las letras y números, creando así un sistema de telegrafía eléctrica que fue conocido como el código Morse, sistema que permitió transmitir mensajes a larga distancia por medio de cables eléctricos. (Cuevas, 2017).

No solo fueron los ya mencionados los que intentaron por años establecer comunicaciones a larga distancia que fueran entendibles, fueron muchos que con sus pequeños aportes inspiraron a los que han sido reconocidos como parte de la historia de la telefonía que hoy al final ya conocemos. Continuando con la historia, entre los años 1850 a 1862 cuando el italiano Antonio Meucci creo varios modelos y prototipos de dispositivos que utilizaba el bucle vibratorio que fue descubierto en La Habana – Cuba y que luego fue reemplazado por anillos resonante de cilindros de estaño, fue posible entonces la comunicación por medio de telégrafo. En 1876 el escocés Alexander Graham Bell patenta la investigación del teléfono como suya en Estados Unidos

indicando que lo inventado era... «el método y el aparato para transmitir los sonidos vocales u otros sonidos telegráficamente ... causando ondulaciones eléctricas similares en forma a las vibraciones del aire que acompaña a dicho sonido vocal u otro sonido.» En 1877 Alexander crea Bell Telephone Company iniciando la comunicación de larga distancia comenzando en 8km realizando una llamada entre la oficina de telégrafos Mount Pleasant hasta Brantford. Todo iba bien hasta que el negocio creció y al tener líneas conectadas entre sí de forma directa se volvió engorroso ya que cada vez habían más empresas, entidades y hogares que comenzaron a utilizar estos dispositivos para su comunicación, esto lleva a que el último modelo de dispositivo elaborado por Bell Telephone Company "el teléfono mural el Gower-Bell", presentado en 1884 evoluciones a utilizar las centralitas manuales reduciendo así el cableado directo y elaborando un tablero de interconexión operado de forma manual. (Nobbot, s.f.) Ya para los años 80 se empezó la globalización donde otros inventores comenzaron a realizar modificaciones a los dispositivos existentes llevando al teléfono de disco en 1893 donde Almon Brown Strowger desarrollo el sistema de conmutación de forma automática, dejando atrás las centralitas manuales, aprovechando que para el siglo XX empezaran a introducir el computador se valió de él, dando inicio a las centrales digitales y al tradicional teléfono de disco en 1956, el auge fue tan inmenso que comienza una era de comunicación donde ya no era solo la comunicación entre pueblos y países cercanos, sino también comunicación oceánica abriendo puertas a una nueva evolución de la telefonía y a su paso a nuevos servicios. (Museo Postal y Telegráfico, 2024).

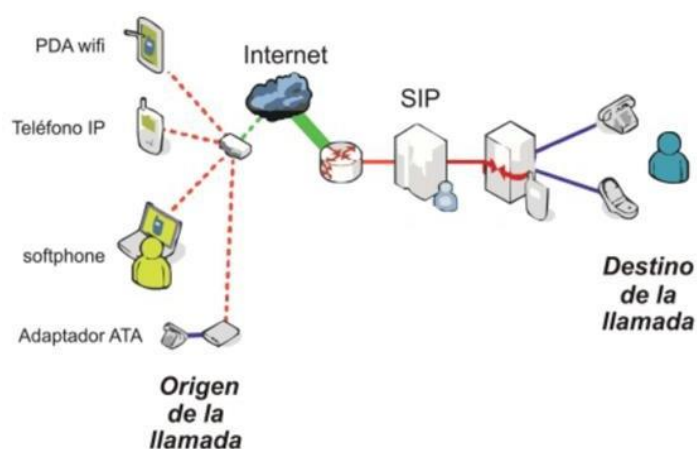
Para finales del siglo XIX la evolución de la telefonía se empieza a desarrollarse la red PSTN donde con su estructura dio soluciones de telefonía basadas únicamente en recibir y realizar llamadas, acortando la comunicación y dando solución a el embotellamiento que había en la arquitectura, por esta razón la red PSTN no se ha eliminado en la actualidad es más se necesita como base para la evolución de redes por lo que para realizar una red NGN se basa sobre una red

PSTN. (Bellamy, 2000) Esto dio pie a la evolución de la telefonía tradicional basándose en las tecnologías como en el protocolo TCP/IP en el cual no solo permite la conexión de voz en una llamada sino varios servicios que depende de las necesidades del cliente o empresa. Como base se debe tener en cuenta lo siguiente (López, 2009):

Arquitectura

Figura 1

Arquitectura Red VoIP



Nota. Arquitectura VoIP. ServerVoIP. Tomado de: Matango, F. ServerVoIP. 2016.

<http://www.servervoip.com/blog/tag/arquitectura-voip/>

Tomando como base la anterior arquitectura se puede dar inicio solución de VoIP empezando con el origen y finalización de la llamada003A:

PDA WiFi Asistente digital personal el cual cuenta con memoria ROM para el almacenamiento de aplicaciones y configuraciones de los equipos.

Teléfono IP anteriormente los teléfonos utilizaban la conexión por RJ11 en la actualidad cuando pasan a ser IP la conexión se realiza por RJ45, la interfaz física es multimedia al tener pantalla, botones para diferente servicios y extensiones. Los teléfonos gama baja se

evidencia como teléfonos tradicionales con pocos servicios, gama media es con interfaz de usuario y la gama alta la pantalla multimedia es para interactiva con el usuario.

Softphone Software que permite la administración y control de las llamadas, su plataforma multiusuario permite a una gran cantidad de usuarios la conexión. Por lo que en general los utilizan en centros de llamadas.

Adaptador ATA en esta parte de Gateway y adaptadores analógicos son los que permiten la comunicación entre las líneas análogas y las líneas de voz IP.

Luego se continua con la conexión a internet por medio de enrutadores o Access point, teniendo en cuenta los protocolos necesarios:

CAS: Señalización asociada al canal sobre protocolos de señalización G.732, E&My.

CCS: Señalización de canal común con protocolos de señalización SS7.

SIP: Protocolo de inicio de sesión con peticiones como: INVITE, ACK, CANCEL, OPTIONS, RESGISTER.

(Hilt & Noel, 2011; Malas & Morton, 2011)

Bases Teóricas

La telefonía en la Red de Nueva Generación (NGN) se basa en la convergencia de servicios de voz y datos sobre una infraestructura de red IP (Protocolo de Internet). En su mayoría las bases teóricas se basan en protocolo IP donde La NGN utiliza el Protocolo de Internet para el transporte de voz y datos, permitiendo la convergencia de servicios en una única red. (Bellamy, 2000). En la arquitectura de Servicios para centrarse en la prestación de servicios en lugar de la tecnología de red. Esto implica una arquitectura flexible que puede admitir una amplia gama de servicios, desde voz hasta multimedia. (García, 2017). Para calidad de Servicio (QoS) es crucial garantizar una experiencia de llamada similar a la de la telefonía tradicional. Se implementan mecanismos para priorizar y gestionar el tráfico de voz en la red IP. (Montazerolghaem & Moghaddam, 2018). Para esto se conoce lo que son los controles de Sesiones, donde los protocolos de control de sesiones, como SIP (Protocolo de Inicio de Sesión), son esenciales para establecer, modificar y terminar sesiones de comunicación en la NGN. (Hilt & Noel, 2011; Malas & Morton, 2011). También muy presente es contar con la posibilidad de tener mayor movilidad esto en general es lo que la NGN permite a los usuarios, facilitando servicios de telefonía en entornos inalámbricos y la transición fluida entre diferentes dispositivos sin perder seguridad dado que la infraestructura es basada en IP, la seguridad es una consideración crítica. Se implementan medidas de seguridad para proteger la privacidad y la integridad de las comunicaciones, permitiendo así la comunicación entre usuarios de diferentes proveedores y servicios.

Hasta ahora se ha hablado de la telefonía fija, pero en esta evolución también tiene su propio espacio la telefonía móvil la cual se venía abriendo paso en el siglo XX en la década de los años 40 durante la Segunda Guerra Mundial, donde se desarrollaron los sistemas de comunicación inalámbrica para uso militar, como el Motorola Handie Talkie H12-16. (Ruiz, s.f.).

Ya para el año de 1973, el ingeniero de Motorola Martin Cooper, realizó la primera llamada

desde un teléfono móvil, el DynaTAC 8000X, el cual permitía 30 minutos de conversación tras 10 horas de carga.

Luego en los años 80 se introdujo las redes de primera generación (1G) con tecnología analógica, permitiendo llamadas de voz en áreas limitadas. Para los noventa la segunda generación (2G) trajo la digitalización, lo que hacía que las llamadas tuvieran una mejor calidad y añadiendo el servicio de mensajes de texto (SMS). (Gómez, 2023; Nobbot, s.f.)

Par los 2000s, se presenta la tercera generación (3G) donde el acceso a Internet móvil y aplicaciones multimedia fueron posibles por las velocidades de datos.

Ya para el siglo XXI se contó con la la cuarta generación (4G) que ofreció velocidades aún mayores, haciendo posible añadir más servicios entre ellos el streaming y aplicaciones avanzadas.

En esta evolución de generaciones no llega aún a su fin ya que aquí en esta parte es donde ya se alcanza a la telefonía fija donde para la telefonía móvil se habla de tecnologías 5G donde las velocidades donde se incluyen en redes NGN ya que tanto la telefonía fija como la móvil empiezan a converger para añadir más servicios y crear un sistema de comunicación sin restricciones pero partiendo de la calidad y seguridad; retomando las tecnologías olvidadas se da paso a proyectos donde se da solución de comunicaciones en zonas rurales o apartadas dando ayuda a las comunidades en sus tareas diarias para mejora de su calidad de vida. (Ortiz Giraldo & Suárez Guerrero, s.f.; Arenas Amado et al., 2022).

Investigaciones o Antecedentes del Estudio

La telefonía no surge con las redes NGN, sino que da sus inicios como una evolución de las tecnologías de comunicación tradicionales para hacer frente a las crecientes demandas de servicios más avanzados y eficientes. Haciendo la transición de TDM a IP donde la telefonía se basaba principalmente en redes de conmutación de circuitos, como la tecnología TDM (Multiplexación por División de Tiempo). (Bellamy, 2000). La NGN marcó la transición hacia redes basadas en IP, que permiten una mayor flexibilidad y eficiencia en el transporte de voz y datos, esto llevo a la convergencia de servicios dando soluciones a servicios de voz, datos y multimedia. Integra estos servicios en una única infraestructura de red, simplificando la administración y mejorando la eficiencia a base de desarrollo de tecnologías IP. Este avance de las tecnologías IP, como IPv6, junto con la expansión de la capacidad de banda ancha, proporcionó la base necesaria para la implementación efectiva de la NGN estandarizando por medio de organizaciones como es el Foro de la NGN (NGN Forum) y el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) los cuales jugaron un papel crucial en el establecimiento de estándares para la NGN. (López, 2009; García, 2017). Ya lo que es el protocolo como SIP (Protocolo de Inicio de Sesión) y H.323 se adoptaron para el control de llamadas, generando una creciente demanda de acceso inalámbrico que influyeron en el desarrollo de la NGN para soportar servicios móviles y la movilidad de usuarios evolucionando las redes de Transporte en cuanto a las arquitecturas basadas en paquetes que son más eficientes y flexibles, presentando estándares abiertos para fomentar la interoperabilidad entre diferentes proveedores y facilitar la implementación global de esta tecnología. (Malas & Morton, 2011; Hilt & Noel, 2011; Montazerolghaem & Moghaddam, 2018).

Indicadores

Convergencia de Servicios se basa en la idea de converger servicios de voz, datos y multimedia en una única infraestructura de red. Este supuesto busca simplificar la provisión de servicios y mejorar la eficiencia operativa. (López, 2009).

Infraestructura IP un supuesto fundamental es la adopción generalizada de la tecnología IP para el transporte de voz y datos. Esto implica la migración desde redes de conmutación de circuitos hacia una infraestructura más flexible y escalable basada en paquetes. (Bellamy, 2000).

Calidad de Servicio (QoS) se asume que es posible garantizar niveles aceptables de calidad de servicio para aplicaciones de voz sobre IP. Esto implica la implementación de mecanismos que priorizan el tráfico de voz y aseguran una experiencia de usuario similar a la telefonía tradicional. (Montazerolghaem & Moghaddam, 2018).

Interoperabilidad este supuesto implica el uso de estándares abiertos para garantizar la compatibilidad y la comunicación efectiva entre diversos componentes de la red. (García, 2017).

Movilidad dado el aumento de la movilidad de los usuarios, se supone que la NGN puede proporcionar servicios de telefonía de manera fluida en entornos inalámbricos y facilitar la transición de servicios entre diferentes dispositivos. (Pérez & Gómez, 2019).

Seguridad en IP se supone que es posible garantizar la seguridad de las comunicaciones en entornos basados en IP. Esto incluye la protección contra amenazas como interceptación de llamadas, fraude y acceso no autorizado. (Hilt & Noel, 2011).

Flexibilidad en la Implementación de Servicios se construye sobre la premisa de que la arquitectura de servicios es independiente de la tecnología subyacente, permitiendo la implementación eficiente y rápida de nuevos servicios sin cambiar la infraestructura básica. (López, 2009).

Variables, Definición Operacional e Indicadores

Para evaluar el rendimiento, la calidad de servicio y la eficiencia de la red se debe tener en cuenta ciertas variables como:

Retardo de Transmisión (Latencia) Indica el tiempo que tardan los datos en viajar desde el origen hasta el destino. Un retardo bajo es esencial para una comunicación en tiempo real, como la voz. (Malas & Morton, 2011).

Jitter Mide la variabilidad en el retardo de transmisión. Un jitter alto puede causar problemas en la calidad de las llamadas VoIP al provocar irregularidades en la transmisión.

Pérdida de Paquetes Indica la proporción de paquetes de datos perdidos durante la transmisión. Una pérdida baja es crucial para mantener la calidad de las comunicaciones.

Ancho de Banda Utilizado Representa la cantidad de datos transmitidos por unidad de tiempo. Monitorear el uso del ancho de banda es esencial para asegurar un rendimiento óptimo. (Montazerolghaem & Moghaddam, 2018).

Calidad de Servicio (QoS) Engloba varios indicadores, como retardo, jitter y pérdida de paquetes, que impactan directamente en la calidad de las comunicaciones. (Montazerolghaem & Moghaddam, 2018).

Disponibilidad de la Red Indica el tiempo durante el cual la red está operativa y disponible para los usuarios. Una alta disponibilidad es esencial para servicios ininterrumpidos. (Hilt & Noel, 2011).

Eficiencia del Sistema de Señalización Evalúa la efectividad de los protocolos de señalización, como SIP, en el establecimiento y gestión de sesiones de comunicación. (Hilt & Noel, 2011).

Número de Usuarios Concurrentes Representa la cantidad de usuarios que pueden realizar llamadas simultáneas sin degradación significativa en la calidad del servicio. (García, 2017)

Porcentaje de Conexiones Exitosas Indica la proporción de intentos de llamadas que se completan exitosamente. Un alto porcentaje es indicativo de una red robusta. (García, 2017)

Seguridad de la Red Variables como el número de intentos de acceso no autorizado, la detección de intrusiones y la efectividad de las medidas de seguridad. (Hilt & Noel, 2011).

Satisfacción del Usuario Puede medirse mediante encuestas o análisis de retroalimentación para evaluar la percepción y la experiencia de los usuarios con los servicios de telefonía NGN. (Ortiz Giraldo & Suárez Guerrero, s.f.; Arenas Amado et al., 2022).

Capacidad de Escalabilidad Evalúa la capacidad de la red para manejar un aumento en el número de usuarios y la carga de tráfico sin degradación significativa. (García, 2017).

Actualidad

Retomando en la evolución de las redes PSTN podemos evidenciar que la telefonía se volvió un servicio integrado a las redes IP como por ejemplo lo presenta Edwin Iván Jimenez Maestre en la presentación del trabajo "Comuniquémonos con las nuevas redes" para su diplomado en profundización de redes de nueva generación, en el presente año. Donde da a conocer la configuración de servicios multimedia en redes NGN basándose en su calidad, seguridad y fácil implementación. Toma entonces herramientas configurables para servicios VoIP como lo son un servidor ElastiX o Asterisk teniendo en cuenta los parámetros correspondientes en la interfaz web, desplegando son contenido en el encabezado de enlace y transporte segmentando la red para asociar diferentes extensiones haciendo posible la comunicación entre los diferentes departamentos de una empresa, incluso sino se encuentran en la misma ciudad. Esto sería útil para telefonía dentro de una empresa o entidad donde mermaría el espacio físico de servidores, equipos y dispositivos; pero esta implementación a su vez requiere mayor ancho de banda siendo esta estable para la comunicación y fallaría en la calidad de entrega del mensaje por lo que se necesitaría capacidades mínimas para sostener la simetría en el tiempo que dure la llamada o servicio.

Para esta parte conocida como virtualización (NFV) solo se depende del software eliminando la dependencia al hardware teniendo redes definidas por software (SDN) permitiendo que las comunicaciones inteligentes se basen en implementación de redes 5G facilitando la conectividad entre dispositivos IoT y servicios inteligentes en tiempo real permitiendo el uso de varios servicios a la vez.

Todas estas características, protocolos, sistemas nos dan una combinación entre tecnología pasada y actual en la cual convergen para dar soluciones en este caso a comunidades presentadas en los siguientes proyectos dando garantías de comunicaciones en audio dando prioridad la telefonía:

“Análisis del proceso de Implementación de redes 4G en Colombia dentro del plan de transición a nuevas tecnologías” (Pardo Figueroa & Obando Fernández, 2021)

Se puede encontrar en su análisis la implementación de las tecnologías utilizadas para redes 4G siendo la base para las redes NGN en la telefonía móvil, partiendo de la comunicación de entre dos o más dispositivos finales por medio de ondas electromagnéticas, circuitos electrónicos, antenas, entre otros elementos necesarios para la establecer dicha comunicación. Teniendo en cuenta que tipo de dispositivos y tecnologías se va a utilizar, se debe establecer la zona geográfica, allí se realiza un planteamiento de que elementos se necesitan para establecer la comunicación entre ellas cuantas torres, cuantas antenas por torre siendo receptora y/o transmisoras, como se va a establecer el sistema eléctrico para los diferentes dispositivos creando estaciones bases y de transmisión. Se da continuidad con el conocimiento de ancho de banda (Hz) a utilizar ya que no todas las tecnologías utilizan la misma cantidad de espectro radioeléctrico y así encontrar la tasa de bits(bps) para saber qué velocidad se va a establecer, es decir a mayor ancho de banda mayor es la velocidad. Para la aplicación de redes 4G se encuentra los protocolos más comunes IP, FTP, TCP, UDP y HTTP los cuales brindan enrutamiento, seguridad, transmisión tanto en el origen como en el destino para que la comunicación sea clara y rápida ya que se “habla” el mismo idioma por decir así. Ejemplo para la primera generación (1G) se contaba con velocidades de 1kbps a 2,4 kbps, protocolos dependiendo el país AMPS (América), NMT, TACS, C-450, JTACS. Para la segunda generación (2G) en la documentación indican el protocolo GSM con velocidad básica de 9.6 kbps como el principal, pero también se encontraron protocolos como GPRS velocidad entre 56 – 114 kbps, EDGE velocidad entre 120 – 200 kbps y CDMA velocidad entre 14.4 – 64 kbps variando el uso y su implementación en las tecnologías de la época permitiendo no solo transmisión de voz (voz digital, conferencias, grabación de mensajes) sino también servicio SMS. Para la tercera generación (3G) se encuentra desafíos de seguridad y calidad para la

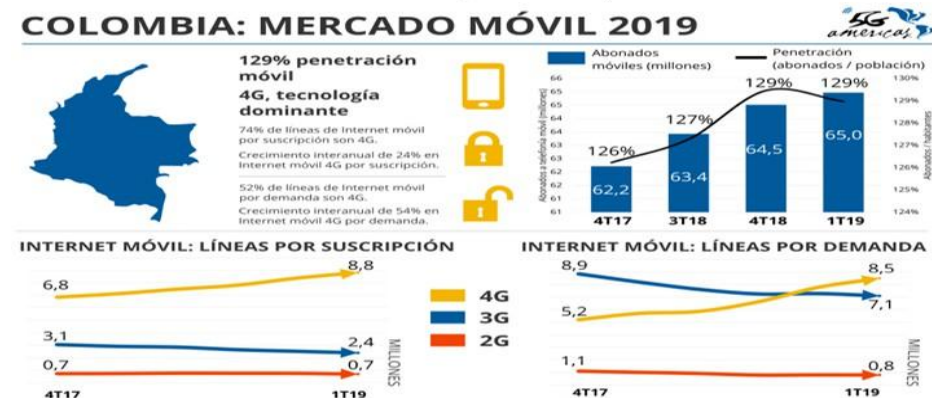
implementación de más servicios, ya que allí la transacción de voz y datos permite el bajo costo y estabilización de servicios mermando caídas en las llamadas y teniendo mejor escalabilidad ya que para la época aumenta la cantidad de usuarios utilizando el servicio tanto voz como datos creando una red como multiplexación de señales por un mismo medio de transmisión. Allí se implementa protocolos como UMTS con velocidad promedio de 384 kbps, HSPA con velocidades de hasta 5.76 Mbps, CDMA 2000 implementando velocidades tanto de subida 1.8 Mbps como de bajada 3.1 Mbps. Iniciando las video llamadas, transmisión multimedia e internet móvil.

Para la cuarta generación (4G) al apagar las redes 2G y 3G se presenta como solución el protocolo IP red basada en conmutación de paquetes dando anchos de banda desde 4 hasta los 20 MHz introduciendo la voz mediante el protocolo IMS y la utilización de antenas MIMO tanto para la transmisión como la recepción de señales mejorando la comunicación en zonas lejanas y no solo en zona urbana. Según el MinTIC, *“en el caso de la modalidad por demanda, las cifras del MinTIC indican que la tecnología 4G alcanzó en el primer trimestre del año 2020 8,5 millones de líneas, para una participación del 52%. Los indicadores del mismo periodo del año anterior (4T18) muestran que para ese momento se tenían 5,2 millones de líneas de 32 Internet móvil 4G que representaban una participación del 38% aproximadamente”*

Figura 2

Boletín Trimestral de las TIC

Boletín trimestral de las TIC(1T-2020).



Nota. Análisis del proceso de Implementación de redes 4G en Colombia dentro del plan de transición a nuevas tecnologías. Tomado de: Pardo Figueroa, H. M., & Obando Fernandez, J. A. (2021)

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/42461/hmpardof.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

“Red Comunitaria Bosachoque-Libre Ingeniería Al Servicio De La Brecha Digital Rural, Universidad De Cundinamarca Sede Fusagasugá” (Arenas Amado, Vásquez Gómez, Pulido Córdoba & Gordillo Ochoa, 2022)

La discriminación actual en cuanto a las nuevas tecnologías que se brindan a la población está presente en las cabeceras municipales donde por su condición geográfica se es complejo y no rentable la implementación de redes físicas, cableadas a zonas alejadas. Por esto se basan en la vereda Bosa choque donde la comunidad ya venía presentando curiosidad por la tecnología y allí de forma casera se implementaba antenas caseras para la conexión a la señal emitida en la terraza del edificio del bloque F de la facultad de ingeniería, de la universidad de Cundinamarca, sede

Fusagasugá donde anteriormente se presentaron proyecto para la conexión de dicha comunidad con las redes de telecomunicaciones y así sacar provecho a la red comunitaria en sus tareas diarias y mejoras en la alfabetización de sus ciudadanos.

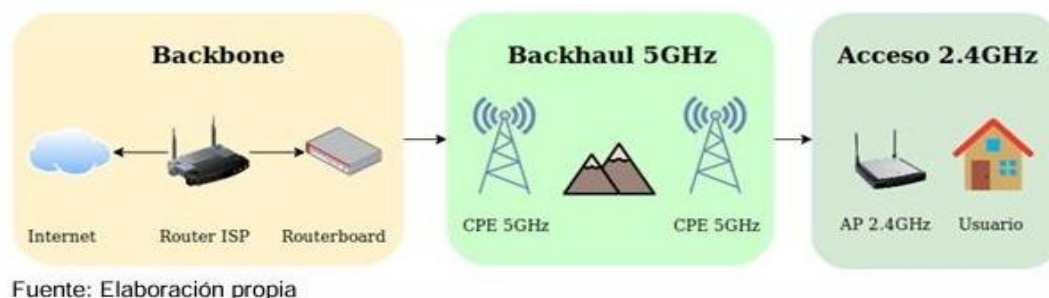
En el mapeo recreativo que realizaron en la comunidad con ayuda de fotos del área, drones, mapa de la zona y plataformas libres se logra dar un bosquejo para el análisis de locación de los nodos así obteniendo el primer diseño de red. Brindaron información útil a la comunidad donde ya existía una pequeña red comunitaria de WiFi pero una mala cobertura de señal de sus teléfonos móviles para realizar llamadas, por lo que al ya tener celulares 4G indican habilitar en la llamada VoWiFi, lo que permite realizar llamadas a corta distancia y mejorando la cobertura de llamadas con sus familiares cercanos y vecinos. Continuando con la mejora implementan La Raspberry Pi tecnología ya existente siendo una microcomputadora de bajo costo, tamaño compacto, con almacenamiento, sistemas operativos, procesador ARM, con salida de audio y video, permite crear servidores caseros donde la comunidad aprovecha sus beneficios de versatilidad a aplicaciones educativas, emisora, páginas web y el alcance a una central telefónica basada en IP. Estas soluciones pueden no ser tomadas en serio ya que no es una red completa prestada por ISP, pero son soluciones al alcance de todos y con bajo presupuesto que da valor al aprendizaje de una comunidad para no quedar atrás de la era tecnológica que cada día se actualiza más y más. “Desarrollo De Una Red Comunitaria En El Municipio De Buenos Aires, Cauca” (Ortiz Giraldo & Suárez Guerrero, s.f.)

Partiendo desde la formulación del problema que plantean ¿Cómo contribuir con la disminución de la brecha digital en Buenos Aires, Cauca considerando las limitaciones socioeconómicas, ¿académicas y de infraestructura que existen en el municipio? Establecen un análisis y diseño donde se estudia las condiciones a nivel geográfico y tecnológico en las que se encuentra actualmente la comunidad. Para el tema geográfico se establece antenas punto a punto

con ubicación estratégica de los nodos teniendo en cuenta la distancia entre ellos, alineación, configuración de equipos (Backbone) y frecuencias que en este caso son bandas WiFi de 2.4 y 5 GHz.

Figura 3

Capa de Acceso



Nota. Capa de Acceso. Tomado de: Ortiz Giraldo, A. D., & Suárez Guerrero, W. F.

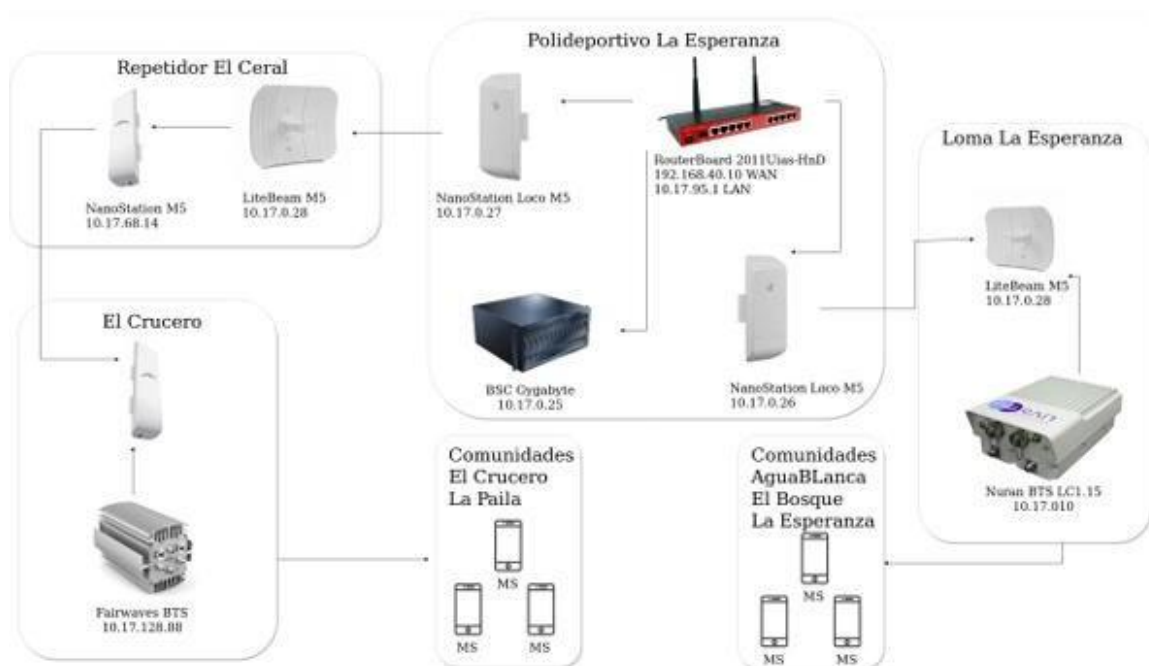
<https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/b39a1622-a0ca-4398-a534-87302d3a159e/content>

Con la conexión principal en la cabecera del municipio se crea el Backbone con la fibra óptica brindada por el ISP y este a su vez al routerboard con una configuración para la creación de hotspots o enlaces inalámbricos punto a punto con Mikrotik RB2011uias; allí se da la continuación del backhaul en una frecuencia de 5GHz para dar calidad a la conexión punto a punto gracias a lo configurado en el routerboard y luego con una frecuencia de 2.4GHz generar alcance al usuario final por medio de su Access point. Para la parte de los nodos realizaron un análisis de perfil de elevación y línea de vista la cual permite llevar una señal limpia siempre y cuando no existan interrupciones teniendo en cuenta la zona de Fresnel donde la primera zona debe de dar una visual limpia contemplando obstrucciones futuras por factores externos. Ya para la segunda y tercera zona solo se podrá ver afectada un 40% dando un 60% para la conectividad con baja calidad.

Ya cubierta la parte de la red de datos que a su vez por medio de aplicativos se puede realizar llamadas por VoIP o VoWiFi por medio de los celulares también se implementan una red local de telefonía celular por medio de BTS realizando llamadas por la tecnología digital GSM en frecuencia de 900 MHZ soportando 14 llamadas de forma simultánea.

Figura 4

Equipos Implementación



Fuente: Elaboración propia mediante Draw.io

Nota. Equipos implementación. Tomado de: Ortiz Giraldo, A. D., & Suárez Guerrero, W. F.

[https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/b39a1622-a0ca-4398-a534-](https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/b39a1622-a0ca-4398-a534-87302d3a159e/content)

[87302d3a159e/content](https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/b39a1622-a0ca-4398-a534-87302d3a159e/content)

La configuración de equipos basados en el protocolo IP se manejó bajo el método IPV4 de forma manual y configuración de interfaces tanto para la red LAN como la red WAN, con su respectivo firewall.

Redes NGN

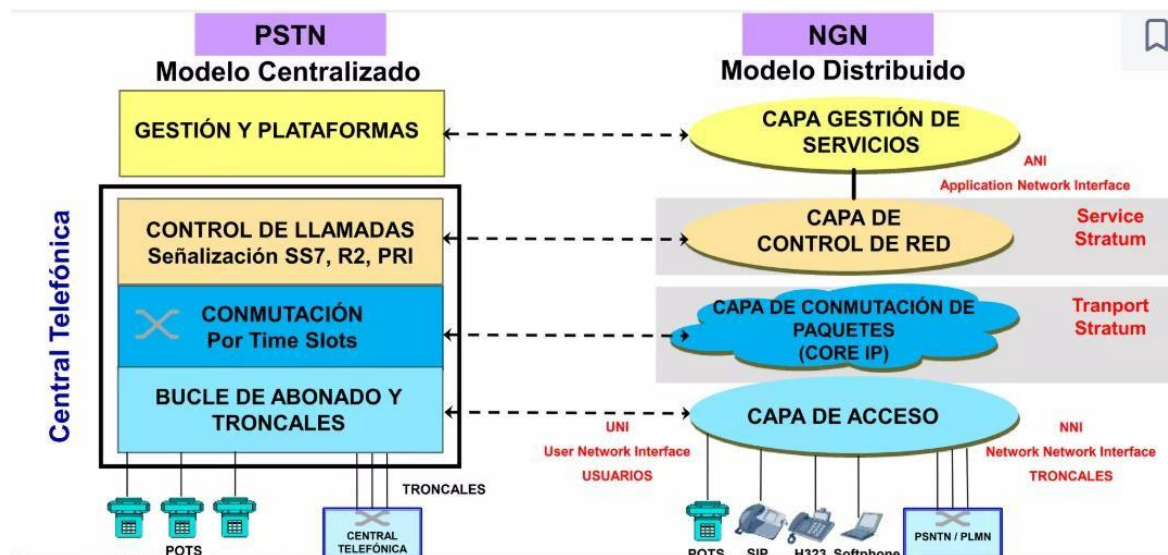
Como se mencionó en los proyectos comunitarios anteriores, siempre se ha tenido la necesidad de interconectar a las comunidades dando soluciones a tareas cotidianas como la alfabetización y conocimientos para la mejora de su propia comunidad, al tener escasos recursos se basan en tecnologías ya existentes o de bajo costo. Allí entra las redes NGN que permiten que con los proyectos ya implementados se puedan actualizar para crear mayor cobertura y estabilidad en las redes existentes o en caso tan que sus mejoras no sean tan costosas. (Ortiz Giraldo & Suárez Guerrero, s.f.; Arenas Amado et al., 2022). Por lo general en las redes comunitarias se presentan enlaces inalámbricos WiFi, LTE o fibra óptica local por lo que se puede utilizar redes NGN basadas en IP como por ejemplo VoIP llamadas telefónicas usando IP lo que permite una reducción de costos, para esto ya tienen en los proyectos la implementación de estaciones BTS y enlaces con proveedores ISP, por lo que solo sería necesario un procesador de servicios y tráfico IP. (Pardo Figueroa & Obando Fernández, 2021; Matango, 2016)

Concentrador NGN

En la capa de acceso y transporte es donde se debe gestionar la eficiencia y calidad de los servicios en este caso para la telefonía se debe tener en cuenta las funciones de concentración de tráfico, conversión de protocolos, la gestión de ancho de banda, supervisión y gestión de soporte para varias tecnologías validando su compatibilidad y asegurando la seguridad para cada una. Algunos ejemplos de concentradores NGN son los Media Gateway (MG), Access Gateway (AG), Broadband remote Access server (BRAS), Aggregation Switch (AS), entre otros que permitan la gestión, conversión de las tecnologías existentes. (Bellamy, 2000; Montazerolghaem & Moghaddam, 2018; D. Malas & Morton, 2011; V. Hilt & Noel, 2011)

Figura 5

PSTN Vs NGN



Nota. PSTN Vs NGN. Tomado de: Guillcan, E. Universidad tecnológica empresarial de Guayaquil UTEG

Comparativa de Modelo OSI

Es cierto que el modelo OSI está diseñado para redes basadas en conmutación de paquetes como lo son las redes IP y no en redes PSTN que es basada en conmutación de circuitos, pero es posible dar a entender un poco su clasificación, aunque se mezclen un poco.

Tabla 1*PSTN vs IP*

Capa	PSTN	IP
Física	Cableado de cobre, interfaz eléctrica y mecánica para transmisión de señales análogas.	Cable de cobre, fibra óptica, radiofrecuencia.
Enlace de datos	No aplica en sí, solo hasta el sistema ISDN donde utiliza el canal D para señalización.	Protocolo ARP, Protocolo de resolución de direcciones haciendo la conexión directa y solucionando errores en los datos de las tramas.
Red	Por medio de conmutación de circuitos y las centrales telefónicas se gestiona el enrutamiento y direccionamiento de las llamadas.	Enrutamiento de paquetes por medio de protocolo IPV4, IPV6 e ICMP para errores y diagnóstico.
Transporte	No aplica	Protocolo TCP para el control de transmisión y el protocolo UDP para la velocidad en entrega.
Sesión	Como en los protocolos de señalización SS7 su equivalente en redes PSTN sería la gestión de llamadas, desde el inicio de esta, la estabilidad y liberación de la conexión.	Ejemplos como la Netbios y RPC que son protocolos que gestionan las sesiones entre aplicaciones dando estabilidad en la transmisión de datos.
Presentación	No aplica	Protocolos como SSL/TLS para cifrado y ASCII/Unicode para texto permiten la comunicación entre las aplicaciones y el formato de la red.
Aplicación	Serían los teléfonos de usuarios finales, aunque físicos en la "interfaz" que el usuario conoce.	Protocolos como HTTP, FTP, DNS, SMTP, SNMP entre otros, permite la interacción del usuario con las aplicaciones directamente.

Nota. Comparativa entre redes PSTN vs IP teniendo como base el modelo OSI.

Por otra parte, tenemos que las redes NGN exactamente no se basan en las 7 capas del modelo OSI, sino que realiza algunas fusiones por lo que para esta solo tiene 4 capas.

Tabla 2*Modelo de Capas para Redes NGN*

Capa	Descripción
Transporte	Se encarga de la transferencia de datos entre los dispositivos de la red y subredes en ella utilizando la conmutación de paquetes.
Control	Para establecer la lógica para el control de los servicios es necesario la señalización, por lo que esta capa utiliza la gestión de dicha señalización como lo es por ejemplo el protocolo SIP y así gestionar sesiones de voz, video, mensajería
Servicios	Utiliza el sistema IMS como multimedia IP para dar servicios de plataformas, servidores de contenido, VoIP, IPTV, videoconferencias. Es decir, el servicio que permite llevar la aplicación al usuario final.
Aplicaciones	Son las interfaces gráficas y servicios con los que el usuario final interactúa por medio de navegación web, aplicaciones de video, mensajería, entre otros.

Nota. Modelo OSI de redes NGN

La Telefonía y las Redes NGN

Tabla 3

Ventajas y Desventajas de las NGN en la Telefonía

Ventajas	Desventajas
Reducción de costos operativos ya que la integración de voz, datos y multimedia basados sobre la infraestructura IP, permite unificar las diferentes redes y equipos que tienen alta capacidad de manejo de servicios por lo que los costos operativos y de mantenimiento son menores a si cada red tuviera sus propios equipos.	La migración de tecnologías siempre es engorrosa ya que presentan fallas o interrupciones mientras se realiza este proceso por temas de actualización, implementación de protocolos, lo que puede generar costos adicionales al principio.
QoS (Calidad) al dar prioridad al tráfico de voz esto permite que las llamadas tengan menor inconveniente de latencia y congestión de datos.	La calidad y estabilidad de los servicios dependen del proveedor de internet ya que se pueden presentar congestión y caídas de las llamadas.
Unificación de servicios con una sola infraestructura.	Al tener diferentes proveedores y tecnologías puede presentar inconveniente en la integración de sistemas heredados.
Escalabilidad alta ya que permite añadir servicios o aumentar la capacidad de usuarios, dado que la infraestructura basada en la nube permite el uso de los mismos equipos y elementos ya existentes.	Se debe implementar una seguridad alta y robusta ya que al estar en red y la nube existen ataques cibernéticos que afectan la seguridad de una llamada dejando expuesta la privacidad de los usuarios.
Nuevos servicios y aplicaciones por medio de la nube lo que permite más dinamismo donde el usuario cuenta con interfaces más intuitivas.	Las entidades regulatorias aún cuentan con normatividad de las redes tradicionales por lo que podría ser un obstáculo en la actualización e implementación de una red NGN.
La tecnología VoIP es actualmente para la telefonía parte de las redes NGN dando solución a llamadas nacionales e internacionales sin costos adicionales al servicio de datos, donde también se puede incluir no solo la voz sino también video.	A pesar de lo económico que puede ser la infraestructura para redes NGN, inicialmente puede producir costos altos en la implementación de esta ya que por temas de seguridad y calidad y capacitaciones genera un costo adicional.

Nota. Ventajas y desventajas en la evolución de la telefonía hacer las redes NGN.

Conclusiones

A través de los años las redes de telefonía han evolucionado teniendo cambios relevantes, dando inicios a los sistemas analógicos supliendo la necesidad de comunicación de distancias pequeñas/medianas a lo actual que corresponde a plataforma digitales integradas con varios servicios en las redes de nueva generación (NGN); esto permite realizar una convergencia de servicios ofreciendo una mejor eficiencia, calidad y flexibilidad a la hora de realizar una comunicación bidireccional o múltiple. Esta transformación impulsa el desarrollo no solo en el mundo empresarial sino también en la vida cotidiana donde con sus soluciones innovadoras mejora la conectividad, productividad y comunicación en las labores diarias, dando pie a explorar herramientas y combinaciones que en el futuro pueda ayudar a la implementación de otros servicios o a la mejora de los ya existentes.

Conocer los inicios de la telefonía permite comprender que todo lo creado o inventado surge por la mejor de dar solución a necesidades básicas, primero fue el hecho de la comunicación a distancia en cortos mensajes cifrados, pero con el tiempo se fue anhelando una mejor forma donde no se tenga que tener un conocimiento avanzado para poder comprender lo que dice el mensaje, por lo que la evolución impulso a nuevos avances tecnológicos dando para a la comunicación por voz y transmisión de datos que en sus inicios se utilizaba cableados extensos para formar una comunicación bidireccional; luego se crea una red donde permite añadir más usuarios dando paso a nuevas tecnologías capaces de dar solución a las nuevas necesidades que surgían sentando bases a las formas y fundamentos de comunicación a distancias tanto en la vida profesional como personal.

Entender la evolución de la telefonía permite comprender que para innovar no solo es sobre pensar como implementar algo nuevo, sino mirar cómo surgió y en el camino de la historia es muy posible encontrar elementos, tecnologías, protocolos, sistemas que pueden darnos una vista más

clara y crítica para dar forma a la solución que queremos dar a una necesidad en específico, es allí donde se evidencia la revolución de las comunicaciones y como el camino nos lleva hacia las redes de nueva generación (NGN) reconociendo la integración de las tecnologías digitales y analógicas brindando mayor eficiencia, calidad y sobre todo versatilidad al no dar soluciones a un solo tipo de dispositivos sino una diversidad de entornos conectados para tener alcance a las demandas solicitadas por las personas y entidades supliendo sus necesidades y brindando mejor servicio.

Para entender un poco más se da a conocer 4 tablas donde se identificará etapas, factores, elementos y características que nos ayudaran conociendo un poco más de estos dos tipos de redes:

Tabla 4

Contexto Histórico y Tecnológico

Etapa	Características de PSTN	Implicaciones técnicas	Limitaciones identificadas
1876–1920s (Orígenes)	Comunicación analógico punto a punto	Conmutación manual, circuitos dedicados	No escalabilidad, sin servicios adicionales
1920s–1960s (Automatización)	Conmutación electromecánica automática	Mejora en eficiencia, aún analógica	Voz como único servicio, sin flexibilidad
1960s–1980s (Digitalización parcial)	Introducción de PCM y TDM	Digitalización de voz, multiplexación	Arquitectura rígida, sin servicios convergentes
1990s (Internet y VoIP)	Inicio de servicios por IP	Emergen VoIP y datos como alternativa	Incompatibilidad con red tradicional

Nota. Contexto histórico, característico y tecnológico de las redes PSTN mostrando sus implicaciones técnico y limitaciones.

Tabla 5*Transición y Disrupción: Emergencia de NGN*

Factor	Transformación clave	Impacto en la red	Relación con evolución PSTN
Separación de capas	Independencia entre servicios y Transporte	Mayor flexibilidad y escalabilidad	Supera la arquitectura monolítica de PSTN
Tecnología IP	Base común para voz, datos, video	Convergencia de servicios	VoIP como catalizador
Softswitch y control por software (Digitalización parcial)	Sustitución de centrales físicas por control lógico	Reducción de costos, aumento en funcionalidad	Migración desde conmutadores PSTN
Acceso agnóstico	Soporte a múltiples tecnologías (fibra, cobre, inalámbrico)	Inclusión y eficiencia operativa	PSTN era solo cobre; NGN es flexible
QoS y gestión de red	Garantía de calidad para servicios Críticos	Mejora de experiencia del usuario	PSTN tenía calidad, pero sin flexibilidad

Nota. Mejoras y cambios que se obtienen al realizar la transición de redes PSTN a redes NGN

Tabla 6*Características clave de NGN y su raíz en PSTN*

Característica NGN	Conexión con legado PSTN	Mejora obtenida
Red multiservicio	PSTN solo voz	Unificación de servicios
Arquitectura modular	PSTN era vertical y cerrada	Escalabilidad y adaptabilidad
Redes All-IP	PSTN digital pero no IP	Simplificación de infraestructuras
Control lógico y Distribuido	PSTN dependía del hardware físico	Automatización y virtualización
Soporte a movilidad	PSTN fijo	Integración con redes móviles (3G/4G/5G)

Nota. Características de redes NGN que tiene su raíz en las redes PSTN mostrando mejoría

Tabla 7*Síntesis Analítica: Conexión directa PSTN–NGN*

Elemento analizado	PSTN	NGN	Conexión directa
Tecnología base	Analógica/Digital (PCM, TDM)	IP (VoIP, IMS)	Evolución de transporte y control
Arquitectura	Vertical, monolítica	Horizontal, modular	Cambio de paradigma arquitectónico
Servicios	Voz fija	Multiservicio (voz, datos, video)	Convergencia funcional
Acceso	Red de cobre fija	Agnóstico: cobre, fibra, inalámbrico	Expansión del acceso
Gestión y control	Centralizado, físico	Distribuido, software	Virtualización de funciones de red (NFV, SDN)

Nota. Elementos con conexión directa entre los dos redes y su mejora.

El análisis del proceso de Implementación de redes 4G en Colombia dentro del plan de transición a nuevas tecnologías, manifiesta que a pesar que las redes NGN ofrecen importantes soluciones y ventajas como la velocidad, la eficiencia en la transmisión de datos, soporte para nuevas aplicaciones digitales e integración de servicios; también cuenta con la dificultad de costos muy altos para la implementación en zonas rurales lo que implica brechas en la cobertura y fallas en una infraestructura adecuada para su gestión y ejecución. Pero a pesar de esto se sigue apostando por la evolución de las redes NGN como solución dando un avance estratégico para el desarrollo del país en cuanto a tecnología e inclusión digital.

La red comunitaria Bosachoque-Libre ingeniería al servicio de la brecha digital rural, Universidad De Cundinamarca Sede Fusagasugá y el desarrollo de una red comunitaria en el municipio de Buenos Aires, Cauca representa el esfuerzo en la reducción de la desigualdad en el acceso a las TIC, brindando soluciones por medio de herramientas tecnológicas básicas ofreciendo acceso a internet para el desarrollo social y educativo. La mejora en la conectividad de comunidades alejadas son una de las tantas ventajas que se obtiene con el valioso análisis y

ejecución que realizan los integrantes del equipo; ventajas como el impulso a la educación digital, la promoción de oportunidades económicas, acceso a la información y servicios en línea son la base de este desarrollo no solo ejecutando tecnologías elementos para la comunicación sino también brindando capacitación sobre su uso y posibles mejoras a futuro que a pesar de ser tecnología ya existente tiene escalabilidad y bases suficientes para pensar más adelante en redes NGN ya que actualmente se cuenta con la desventaja de costos por lo que la limitación en términos de infraestructura y mantenimiento a largo plazo podrían afectar la sostenibilidad del proyecto.

Aun así, sigue siendo muestra clara de innovación con herramientas ya existentes para cubrir la brecha digital con la zona rural. En un contexto país tenemos ejemplo de dos empresas colombianas prestadoras de servicios tecnológicos y su evolución:

Tabla 8

Redes PSTN y redes NGN en Colombia

Empresa	Red PSTN	Red NGN
Claro Colombia antes Telecom Colombia	Principal operador tradicional de la red telefónica pública conmutada en Colombia. Usaban una infraestructura basada en circuitos conmutados para ofrecer servicios de voz fija.	La red PSTN de Telecom Colombia fue modernizada y migrada a una red NGN, usando tecnología IP para ofrecer servicios convergentes de voz, datos y video. Esto permitió pasar de una red basada en conmutación de circuitos a una red basada en conmutación de paquetes.
ETB - Empresa de Telecomunicaciones de Bogotá	Operador clásico de telefonía fija, con infraestructura PSTN que prestaba servicios en Bogotá y otras regiones.	Actualizó su infraestructura PSTN a NGN para mejorar la calidad de sus servicios y ofrecer nuevas tecnologías como Voz sobre IP (VoIP), acceso a internet de alta velocidad y servicios multimedia integrados.

Nota. Empresas relacionadas con la transacción de redes PSTN a redes NGN en Colombia.

Estas son algunas empresas prestadoras de servicios de infraestructura de redes, pero también se cuenta con otras en los diferentes departamentos del país permitiendo así el alcance a todos los pueblos y caseríos como se evidencio en los 3 proyectos mencionados anteriormente. Ya a

nivel mundial se pueden identificar como algunos servicios han evolucionado entre redes PSTN y las redes NGN, estos son algunos ejemplos:

Comunicación

Servicio Telefónico Fijo Tradicional

PSTN Llamadas de voz analógicas conmutadas por circuitos dedicados.

NGN Voz sobre IP (VoIP), que usa redes basadas en paquetes IP para ofrecer llamadas más eficientes, con mejor calidad y funcionalidades adicionales (como video llamadas, integración con aplicaciones).

Servicios de Fax

PSTN Fax tradicional mediante líneas telefónicas analógicas.

NGN Fax sobre IP (FoIP), integrando la transmisión de fax a través de redes IP, facilitando la movilidad y reducción de costos.

Servicios de Acceso a Internet Dial-up

PSTN Acceso a Internet por marcación a través de la red telefónica conmutada.

NGN Acceso a Internet de banda ancha (ADSL, fibra óptica), con tecnología IP que permite velocidades mayores y mejor estabilidad.

Servicios de Mensajería de Voz (Buzón de Voz)

PSTN Buzón de voz basado en centrales telefónicas tradicionales.

NGN Servicios de buzón de voz integrados en plataformas IP, accesibles desde múltiples dispositivos, con integración en aplicaciones móviles y correo electrónico.

Servicios de Conferencia y Videollamadas

PSTN Conferencias de voz mediante sistemas de telefonía fija.

NGN Videoconferencias y comunicaciones unificadas con voz, video y datos, todo integrado en redes IP.

Salud

Tele consulta Médica

PSTN Consultas médicas por teléfono fijo tradicional, donde el paciente hablaba con el doctor por llamada de voz.

NGN Telemedicina avanzada vía VoIP y videollamadas (video consulta), que permiten interacción audiovisual en tiempo real, acceso a historial clínico digital y monitoreo remoto.

Emergencias Médicas

PSTN Llamadas a líneas de emergencia (como 123 en Colombia) a través de teléfonos fijos.

NGN Sistemas integrados de emergencias que combinan voz, datos y ubicación en tiempo real gracias a la red IP, mejorando la coordinación y rapidez en la respuesta.

Monitoreo Remoto de Pacientes

PSTN Uso limitado de llamadas telefónicas para consultas y alertas básicas.

NGN Dispositivos médicos conectados a redes IP que envían datos en tiempo real a profesionales de la salud, permitiendo seguimiento continuo y detección temprana de problemas.

Vida cotidiana

Telefonía Residencial

PSTN Llamadas fijas tradicionales para comunicación en el hogar.

NGN Telefonía IP integrada con servicios multimedia, llamadas en alta definición, llamadas desde dispositivos móviles usando la red doméstica y servicios de mensajería unificada.

Seguridad y Alarmas Domésticas

PSTN Sistemas de alarma conectados a la central de monitoreo vía línea telefónica fija.

NGN Sistemas inteligentes que envían alertas a través de redes IP, con monitoreo en tiempo real, video vigilancia y control remoto desde apps móviles.

Servicios de Internet y Entretenimiento

PSTN Internet dial-up limitado y servicios básicos de voz.

NGN Banda ancha de alta velocidad, streaming de video, juegos en línea, videollamadas familiares y otros servicios multimedia integrados.

Recomendaciones

Mejoramiento de la infraestructura en zona rurales, es conocido en la actualidad la implementación de la red 5G, pero se necesita fortalecer la infraestructura en zonas rurales por fomentando la colaboración pública y privada de entidades, gobierno y proyectos de tecnologías donde se debe incluir a la población en programas de alfabetización digital. También se debe de optimizar el uso del espectro radioeléctrico, monitoreando y evaluando la mejora continua para que sea enfocada en soluciones y progreso de la zona por un bien común y no personal para esto también se debe fomentar la innovación y el desarrollo de aplicaciones locales, promoviendo la inclusión tecnológica en sectores clave y desarrollar políticas de seguridad y privacidad.

Es conocido que actualmente la cantidad de torres de telecomunicaciones no suplen la demanda de la cobertura en las redes por lo que la construcción de dichas torres son necesarias para abarcar mayor distancia en la cobertura de zonas aisladas o en su defecto el explorar la posibilidad de tener infraestructuras compartidas por diferentes proveedores de servicio dando a estas zonas no solo la tecnología antigua sino la posibilidad de fibra óptica, equipos y tecnologías de última generación lo que mejoraría la escalabilidad y calidad del servicio, en esta parte también entraría el gobierno dando incentivos fiscales o subsidios para suplir costos.

Es de conocimiento que Colombia tiene una geografía diferente en cada región por lo que es importante contar con infraestructura que tengan sistemas de redundancia en las redes para asegurar la continuidad de la conectividad aún en momentos de emergencias o inconvenientes con posibles fallos o desastres naturales teniendo alternativas de rutas de tráfico de datos y planes de contingencias. Se evidencia también fallos en la conectividad de energía eléctrica por lo que sería un gran paso estableciendo colaboración con autoridades locales y gubernamentales para la mejora de la infraestructura eléctrica, en caso de no contar con ello poder tener la posibilidad de inversión pública/privada en soluciones de energía alternativa como lo son los paneles solares para

alimentación de estaciones base y torre de difícil acceso.

Como se mencionó anteriormente en Colombia la geografía es diferentes en las regiones donde se podría realizar un estudio de espectro radioeléctrico para cada zona y así encontrar las frecuencias con mayor cobertura y calidad, optimizándolas para evaluar la posibilidad de que se pueda utilizar las tecnologías más actualizadas posibles como 4G y 5G.

El paso también a seguir es incluir a la comunidad en cada fase ya que son conocedores de la zona y a que necesidades solicitan dar solución para mejorar su calidad de vida. Así promoviendo la capacitación en telecomunicaciones los mismos residentes de la zona pueden dar ideas según sus vivencias y cotidianidad. En Colombia no solo existen estos proyectos ya mencionados, existen otros que también son basados en las redes con la finalidad de comunicación por lo que es necesario tener los siguientes puntos:

Fortalecer la infraestructura IP en zonas rurales mediante la reutilización de tecnologías existentes.

Implementar soluciones híbridas que integren tecnologías como VoIP, WiFi, LTE y fibra óptica.

Capacitar a comunidades locales y personal técnico en el uso de plataformas VoIP y control SIP.

Desarrollar políticas públicas que fomenten la inversión en tecnologías NGN para cobertura en regiones remotas.

Promover el uso de redes comunitarias sostenibles mediante soporte institucional y alianzas con ISP.

Priorizar la implementación de concentradores NGN con seguridad y QoS garantizadas.

Adaptar proyectos piloto a las necesidades culturales, geográficas y económicas de cada comunidad.

Tabla 9*Recomendaciones para Trabajos Futuros: Redes NGN en Colombia*

Proyecto / Iniciativa	Ubicación	Tecnología / Enfoque	Objetivo	Recomendación NGN a Futuro
Red Comunitaria Bosachoque - UDEC	Fusagasugá, Cundinamarca	Redes Comunitarias – Enlace WiFi, ISP local	Reducir brecha digital rural	Integrar VoIP sobre WiFi, implementar Gateway y control SIP
Red comunitaria en Buenos Aires	Buenos Aires, Cauca	Estaciones BTS, ISP, enlaces IP	Comunicación comunitaria local	Actualizar con NGN IP, IVR comunitario y monitoreo remoto
Implementación de 4G – Plan TIC	Nacional	Tecnología 4G – IP móvil	Aumentar cobertura 4G	Acompañar con softswitch SIP y migración a NGN
VoIP en centros de salud públicos	Bogotá, Medellín, Cali	Telefonía IP – Asterisk, SIP trunking	Centralizar llamadas, reducir costos	Integrar con arquitectura IMS para NGN
Red ETB NGN	Bogotá	Migración fija a VoIP – MetroEthernet	Modernización telefónica	Ampliar SIP interno, QoS y seguridad
Pilotos rurales TIC – MinTIC	Vaupés, La Guajira, Amazonas	Internet satelital, conectividad básica	Proyectos sociales TIC	Aplicar NGN con routers LTE y media gateways
Laboratorios Académicos	Bogotá, Sogamoso, Fusagasugá	Asterisk, FreePBX, redes IP	Formación Técnica local	Simular redes NGN, integración móvil y replicación

Nota. Recomendaciones basadas en los proyectos indicados.

Referencias Bibliográficas

- Arenas Amado, Á. P., Vásquez Gómez, E. P., Pulido Córdoba, M. C., & Gordillo Ochoa, w. d. (2022). red comunitaria Bosachoque-libre ingeniería al servicio de la brecha digital rural, universidad de Cundinamarca sede Fusagasugá.
<https://repositorioctei.ucundinamarca.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1001&context=ingenieria>
- Bellamy, J. C. (2000). Digital Telephony (Wiley Series in Telecommunications and Signal Processing). Wiley-Interscience. (pp. 7-32).
https://emdaduits.files.wordpress.com/2011/12/digital-telephonythird-edition__john-c-bellamy.pdf
- Claro Colombia. (s.f.). Sitio oficial. Recuperado de <https://www.claro.com.co>
- Colección histórica – tecnología de Telefónica. Historia de las telecomunicaciones. Pag. 9-
https://espacio.fundaciontelefonica.com/wp-content/uploads/descargas/1420478947-historia_de_las_telecomunicaciones_cuadernoprofesores.pdf
- Colección histórica – tecnología de Telefónica. Historia de las telecomunicaciones. Pag. 10-
https://espacio.fundaciontelefonica.com/wp-content/uploads/descargas/1420478947-historia_de_las_telecomunicaciones_cuadernoprofesores.pdf
- Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC). (s.f.). Sitio oficial. Recuperado de <https://www.crcm.gov.co>
- Conceptos de la Historia. (n.d.). El telégrafo: una de las innovaciones tecnológicas de la Revolución Industrial. Conceptos de la Historia. Recuperado de <https://conceptosdelahistoria.com/innovaciones-tecnologicas/revolucion-industrial-innovaciones-tecnologicas/el-telegrafo>
- Cuevas, N. Quién Inventó. 2017. El Telégrafo. Quién Inventó. Recuperado de

<https://quieninvento.co/telegrafo/>

D. Malas, A. Morton, “Basic Telephony SIP End-to-End Performance Metrics”, Request For Comments RFC 6076, AT&T labs, 2011.

ETB. (s.f.). Sitio oficial. Recuperado de <https://www.etb.com.co>

García, J. A. (2017). Redes NGN y su aplicación en servicios de salud. Revista Latinoamericana de Telecomunicaciones, 14(2), 89-101.

Gómez, C. Computer Hoy. 2023. La historia de los teléfonos móviles: del origen a la actualidad. Computer Hoy. Recuperado de <https://computerhoy.20minutos.es/moviles/historia-telefonos-moviles-origen-actualidad-1181484>

López, J. G. (2009). VoIP y Asterisk: Redescubriendo la telefonía. Grupo Editorial RAMA. (pp. 17-59). <http://docshare02.docshare.tips/files/19190/191900054.pdf>

Matango, F. ServerVoIP. 2016. Arquitectura VoIP. ServerVoIP. Recuperado de <http://www.servervoip.com/blog/tag/arquitectura-voip>

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC). (s.f.). Sitio oficial. Recuperado de <https://www.mintic.gov.co>

Montazerolghaem, A., Moghaddam, M.H.Y., “Design, implementation and performance evaluation of a proactive overload control mechanism for networks of SIP servers”, (2018) Telecommunication Systems, 67 (2), pp. 309-322

Museo Garibaldi Maucci, 2019. ¿Quién era Antonio Meucci?
<https://www.garibaldimeuccimuseum.com/es/meucci#:~:text=Antonio%20Meucci%20fue%20un%20prol%C3%ADfico,atribuir%20la%20inveni%C3%B3n%20del%20tel%C3%A9fono.>

Museo Postal y Telegráfico. 2024. Alexander Graham Bell y la patente del teléfono.
<https://museopostalylegrafico.es/alexander-graham-bell-y-la-patente-del->

telefono/#:~:text=Alexander%20Graham%20Bell%20(1847%2D1922,eI%20italiano%20Antonino%20Giuseppe%20Meucci.

Nobbot. (n.d.). La historia de la telefonía. Nobbot. Recuperado de

<https://www.nobbot.com/historia-telefonía/>

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2021). Telehealth. Recuperado de

<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/telehealth>

Ortiz Giraldo, A. D., & Suárez Guerrero, W. F. Desarrollo de una red comunitaria en el Municipio de Buenos Aires, Cauca. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

<https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/b39a1622-a0ca-4398-a534-87302d3a159e/content>

Pardo Figueroa, H. M., & Obando Fernandez, J. A. (2021). Análisis del proceso de Implementación de redes 4G en Colombia dentro del plan de transición a nuevas tecnologías.

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/42461/hmpardof.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pardo Figueroa, H. M., & Obando Fernández, J. A. (2021). Análisis del proceso de implementación de redes 4G en Colombia dentro del plan de transición a nuevas tecnologías.

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD.

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/42461/hmpardof.pdf>

Pérez, M., & Gómez, R. (2019). Transformación de servicios de voz a IP en la vida cotidiana. Revista de Tecnología y Sociedad, 7(1), 34-50

Ros, M. Quién Inventó. 2024. El telégrafo: Historia y su inventor. Quién Inventó. Recuperado de

<https://quieninvento.org/tecnologia/telegrafo/>

Ruiz, F. Culturación. (n.d.). La historia del teléfono móvil: Origen, pasado y presente. Culturación.

Recuperado de <https://culturacion.com/la-historia-del-telefono-movil-origen-pasado-y-presente/>

V. Hilt, E. Noel, “Design Considerations for Session Initiation Protocol (SIP) Overload Control”, Request for Comments RFC 6357, AT&T labs, 2011.

Wikipedia. (2025, abril 27). Telégrafo. Wikipedia. Recuperado de <https://es.wikipedia.org/wiki/Tel%C3%A9grafo>