



unitec[®]
LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES*

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO FASE I

**ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE LA TECNOLOGIA 5G EN
HONDURAS**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

PRESENTADO POR:

20711234 MARCO ANTONIO MONTES HERNANDEZ

ASESOR: ING. ANA REYES

CAMPUS SAN PEDRO SULA

ABRIL 2020

RESUMEN EJECUTIVO (ESPAÑOL).

En el presente informe está enfocado en el estudio de la tecnología 5G, su impacto y cambios que generará al momento de implementarse en el país, de tal forma que los usuarios se informen de lo que ofrecerá dicha tecnología en mediano y largo plazo, así como sus beneficios de enorme valor para la industria y consumidores finales, igualmente de la percepción de ser potencialmente más a rápida, con proporciones de 30 a 1 mayor en capacidad con las tecnologías actualmente implementadas (2G, 3G y 4G) y con velocidades de transferencia de datos de alto rendimiento superiores a los 30Mbps y bajas latencias de 1 a 2 milisegundos, lo que permite la descarga masiva de datos en segundos. La tecnología 5G ofrece aplicaciones de uso económico y social de alto valor, lo que conlleva a crear una sociedad totalmente conectada, en el que los servicios móviles jugarán un rol vital en la sociedad moderna. Es por esto último que se crea un cimiento para el desarrollo del presente estudio de lo que es la tecnología 5G para Honduras, relacionada a la capacidad operativa, la accesibilidad y el desarrollo en la infraestructura actual, a través de la metodología elegida podremos visualizar lo que depara a futuro, analizando los comportamientos y obtener los resultados para la toma de decisiones acertadas y efectivas para los cambios que se puedan presentar.

El presente informe está distribuido de la siguiente manera:

Capítulo I: Introducción de la investigación del tema y parte de lo que expondrá el estudio.

Capítulo II: en esta sección se define y plantea el problema, se realizan las preguntas de investigación, objetivo general y específicos que se trataran de desarrollar.

Capítulo III: involucra lo que es el contenido teórico (Marco Teórico) que es un resumen de la información principal del problema a resolver.

Capítulo IV: se basa en la metodología implementada para la recolección de la información.

Capítulo V: en esta sección se define lo más importante del informe, aquí se expresan los resultados y el análisis correspondiente a dicho estudio.

Capítulo VI: Se plantean las conclusiones basadas en los objetivos planteados.

RESUMEN EJECUTIVO (INGLES).

This report focuses on the study of 5G technology, its impact and changes that will be generated when it is implemented in the country, so that users are informed of what this technology will offer in the medium and long term, as well as its benefits of enormous value for the industry and final consumers, also of the perception of being potentially faster, with proportions of 30 to 1 greater in capacity with the technologies currently implemented (2G, 3G and 4G) and with transfer speeds of High performance data exceeding 30Mbps and low latencies of 1 to 2 milliseconds, allowing massive data download in seconds. 5G technology offers high-value economic and social applications, which leads to the creation of a fully connected society, in which mobile services will play a vital role in modern society. It is for this last reason that a foundation is created for the development of the present study of what 5G technology is for Honduras, related to operational capacity, accessibility and development in the current infrastructure, through the chosen methodology we can visualize what that it holds for the future, analyzing the behaviors and obtaining the results for making the right and effective decisions for the changes that may occur.

This report is distributed as follows:

Chapter I: Introduction of the investigation of the subject and part of what the study will expose.

Chapter II: in this section the problem is defined and posed, the research questions, general objective and specific questions that are to be developed are asked.

Chapter III: involves what is the theoretical content (Theoretical Framework) which is a summary of the main information of the problem to be solved.

Chapter IV: is based on the methodology implemented for the collection of information.

Chapter V: in this section the most important part of the report is defined, here the results and the analysis corresponding to said study are expressed.

Chapter VI: The conclusions based on the stated objectives are presented.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Autorización.....	I
Hoja de Firmas.....	II
Resumen Ejecutivo (español).....	III
Resumen Ejecutivo (Ingles).....	IV
Índice de contenido.....	V
Índice de ilustraciones.....	VIII
Lista de Siglas.....	IX
I. Introducción.....	1
II. Planteamiento del Problema.....	3
2.1. Antecedentes del problema.....	3
2.2. Definición y enunciado del problema.....	4
2.3. Justificación.....	5
2.4. Preguntas de investigación.....	5
2.5. OBJETIVOS.....	5
2.5.1. Objetivos generales.....	5
2.5.2. Objetivos específicos.....	5
III. Marco Teórico.....	6
3.1. red inalámbrica.....	6
3.2. Tipos de Redes inalámbricas.....	7
3.2.1. WPAN ('Wireless Personal Area Network').....	7
3.3. Redes 5G.....	9
3.3.1. ¿Qué es (y qué no es) la tecnología 5G, y cuál es la diferencia entre 4G/LTE y 5G?.....	9
3.3.2. ¿Cuáles son los casos de uso reales de la tecnología 5G?.....	11
3.3.3. Redes virtuales (5G Slicing) adaptadas a cada caso de uso.....	12
3.3.4. Internet táctil.....	12
3.3.5. ¿Cuándo va a llegar la tecnología 5G? ¿Dónde se encuentra en términos de normalización y cuánto tiempo va a tomar?.....	13
3.3.6. ¿Cuán rápida será la adopción de la tecnología 5G?.....	14
3.3.7. ¿Cuáles son las implicaciones de la red 5G para los operadores móviles?.....	15
3.3.8. ¿La tecnología 5G será segura?.....	16
3.4. Radio 5G.....	16
3.5. El papel de la UIT.....	20
3.6. Repercusiones socioeconómicas de la 5G.....	20

3.7.	Brecha Digital.....	22
3.8.	Redes de acceso radioeléctrico	23
3.9.	redes básicas.....	25
3.10.	Enlaces de conexión al núcleo de red	26
3.11.	Enlaces de conexión frontal.....	27
3.12.	Espectro para la 5G	29
3.13.	Viabilidad técnica de las IMT en las frecuencias comprendidas entre 24 y 86 GHz, según el UIT-R. 29	
3.13.1.	La perspectiva de un operador – El enfoque espectral multicapa de Huawei.....	30
3.13.2.	Desafíos vinculados a la implantación de las células pequeñas	31
3.14.	Enlaces de conexión al núcleo de red por fibra	33
3.15.	Espectro	33
IV.	metodología	35
4.1.	enfoque	35
4.2.	Variables de investigación	35
4.2.1.	Variables Dependientes.....	35
4.2.2.	Variables Independientes.....	35
4.3.	técnicas e Instrumentos Aplicados	36
4.4.	Metodología de Estudio	36
4.5.	Cronograma de actividades.....	37
V.	Resultados y Análisis.....	38
5.1.	adversidades que enfrenta el plan de acción para el desarrollo de la tecnología 5G en Honduras.....	38
5.2.	Esquema del plan de acción para el desarrollo de la tecnología 5G en Honduras	39
5.2.1.	investigación	39
5.2.2.	Promoción.....	44
5.2.3.	Planificación	45
5.3.	RESULTADOS DE LOS BENEFICIOS BASADOS EN ESQUEMA DEL PLAN DE ACCIÓN PARA EL DESARROLLO DE LA TECNOLOGÍA 5G EN HONDURAS.....	46
5.3.1.	Diversidad de productos y servicios	46
5.3.2.	Crecimiento de las redes actuales.....	47
5.3.3.	Mejoras en el estilo de vida	47
5.3.4.	Aumento en el PIB del país.	47
5.3.5.	Mejora en la competitividad del país en relación con otros.....	48
5.3.6.	Mejoras tecnológicas para las ciudades concurridas	49
		VI

5.4.	Estudio de Población.....	49
VI.	Conclusiones.....	57
VII.	Recomendaciones.....	58
6.1.	A la comisión nacional de telecomunicaciones (CONATEL)	58
13.2.	A la universidad.....	58
	Bibliografía.....	59

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Tipos de Redes inalámbricas.....	7
Ilustración 2. Bluetooth Logo	8
Ilustración 3. HomeRF (Home Radio Frequency)	8
Ilustración 4. Zigbee	9
Ilustración 5. Infrarrojo.....	9
Ilustración 6. Velocidad en la evolución de servicios	10
Ilustración 7. Requisitos de especificación 5G	11
Ilustración 8. Esquema de varios casos de uso vs. sus necesidades de velocidad y de tiempo de respuesta rápida (latencia)	12
Ilustración 9. "mejor conexión según tipo de tráfico".....	13
Ilustración 10. Pronóstico de cobertura de la red LTE como % de la población por región	14
Ilustración 11. IoT (Internet de las cosas)	15
Ilustración 12. Ejemplo de conexión IoT.....	16
Ilustración 13. Estado actual de las Releases 14, 15, 16 y 17 sobre LTE-A Pro y 5G	18
Ilustración 14. Especificaciones de la Nueva Radio por requisitos RF, de Banda Base y pruebas	18
Ilustración 15. Nuevos escenarios de uso del 5G.....	19
Ilustración 16. Cronograma y proceso detallados para las IMT-2020 del UIT-R.....	20
Ilustración 17. Redes de macrocélulas frente a redes de células pequeñas	24
Ilustración 18. Ejemplo de sistema de antena de células pequeñas y distribuidor situado en la vía pública	24
Ilustración 19. Nuevas bandas de espectro objeto de estudio de cara a la CMR-19	29
Ilustración 20. Fuentes del retraso tecnológico	38
Ilustración 21. Esquema General de Plan de acción.....	39
Ilustración 22. Actividades de la etapa de investigación.....	39
Ilustración 23. Detalle De La Cobertura A Nivel Departamental	42
Ilustración 24. Cobertura Red 2G, 3G y 4G a nivel nacional	43
Ilustración 25. Actividades recomendadas para la promoción de la tecnología 5G	44
Ilustración 26. Actividades recomendadas para la planificación de la tecnología 5G	45
Ilustración 27. Producto Interno Bruto Trimestral por Actividad Económica, valores constantes (Millones de Lempiras).	48
Ilustración 28. Indicadores de densidad poblacional según INE 2020	51
Ilustración 29. Cobertura red 4G LTE y 4G + operador Tigo en San Pedro Sula.....	51
Ilustración 30. Cobertura red 4G LTE y 4G + operador Claro en San Pedro Sula	52
Ilustración 31. Cobertura red 4G LTE y 4G + operador Tigo en Tegucigalpa	52
Ilustración 32. Cobertura red 4G LTE y 4G + operador Claro en Tegucigalpa.....	53
Ilustración 33. Cobertura red 4G LTE y 4G + operador Tigo en El Progreso	54
Ilustración 34. Cobertura red 4G LTE y 4G + operador Claro en El Progreso	54
Ilustración 35. Cobertura red 4G LTE y 4G + operador Tigo en Juticalpa	55
Ilustración 36. Cobertura red 4G LTE y 4G + operador Claro en Juticalpa	55
Ilustración 37. Cobertura red 4G LTE y 4G + operador Tigo en Comayagua	56
Ilustración 38. Cobertura red 4G LTE y 4G + operador Claro en Comayagua	56

LISTA DE SIGLAS

3GPP (3rd Generation Partnership Project) Proyecto de Asociación de Tercera Generación

6LoWPAN (IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks), estándar basado en IPv6 para Redes de Área Personal y Baja Potencia

A

AA Antena Activa

ADR (Adaptive Data Rate) Velocidad de Datos Adaptativa

AI (Air Interface) Interfaz Aire

B

BI (Business Intelligence) Inteligencia digital aplicada a los negocios

BW (Bandwidth) Ancho de banda

C

CA (Carrier Aggregation) Agregación de portadoras

CAGR (Compound Annual Growth Rate) Tasa Compuesta de Crecimiento Anual

CC (Component Carrier), en el contexto de CA se refiere a cada portadora añadida

CoMP (Coordinated MultiPoint) sistema de coordinación de múltiples puntos

CP (Cyclic Prefix) Prefijo Cíclico

CPGW (Control Plane Gateway) Enrutador al plano de control

CSI (Channel Status Information) Indicador del Estado del Canal

CSS (Chirp Spread Spectrum) técnica de espectro ensanchado

D

DAS (Distributed Antenna System) Sistema de Antenas Distribuidas

DBPSK (Differential Binary Phase Shift Keying) Codificación de Cambio de Fase Binaria Diferencial

DC (Dual Connectivity) Conectividad dual

DL (downlink) Enlace descendente

E

E2E (end to end) comunicaciones extremo a extremo

ECC (Envelope Correlation Coefficient), coeficiente de correlación para analizar el patrón de radiación de las antenas

EHF (Extra High Frequency) rango de Frecuencias "Extra" Altas

eMBB (Extreme Mobile BroadBand) Banda Ancha Móvil Extrema eNB o eNodeB, es la estación base de LTE

EPC (Evolved Packet Core), es el núcleo de la red LTE

F

FD MIMO (Full Dimension MIMO), ver MIMO

FDD (Frequency DivisiónDuplexing) División de Duplexación por Frecuencia

FDL_high límite superior del rango de frecuencias en DL

FDL_low límite inferior del rango de frecuencias en DL

FR (Frequency Range) Rango de Frecuencia

FSPL (Free Space Path Loss) Pérdidas del Enlace en Espacio Libre

FUL_high límite superior del rango de frecuencias en UL

FUL_low límite inferior del rango de frecuencias en UL

FWA (Fixed Wireless Access) Acceso Fijo Radio

G

GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying) Codificación de Cambio de Frecuencia Gaussiana

gNB o gNodeB, es la estación base de 5G Gr Ganancia de la antena receptora

Gt Ganancia de la antena transmisora

H

HetNet Red Heterogénea

HPUE (High Power User Equipment) Equipo de Usuario de Alta Potencia

I

IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos

IETF (Internet Engineering Task Force) Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet, es una organización internacional abierta de normalización

IMT 2020 (International Mobile Telecommunications) Proyecto de estandarización del 5G dirigido por la ITT

IoT (Internet of Things) Internet de las Cosas

IP (Internet Protocol) Protocolo Internet

ISM (Industrial, Scientific and Medical) bandas sin licencia

K

KPI (Key Performance Indicator) Indicador clave de rendimiento

L

LAA (Licensed Assisted Access), combinación de espectro licenciado y no licenciado por medio de agregación de portadoras

LoRaWAN (Long Range WAN) estándar de protocolo abierto LPWA desarrollado por LoRa Alliance, ver WAN

LPWAN (Low Power Wide Area Network) Red de área amplia y baja potencia

LTB (Listen Before Talk) Protocolo de escucha antes de emitir

LTCC (Low Temperature Cofired Ceramic) Cerámica de Cocción a Baja Temperatura

LTE (Long Term Evolution), cuarto estándar de comunicaciones móviles

O

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) Multiplexación por División Ortogonal de Frecuencia

P

PA (Power Amplifier) Amplificador de Potencia $P_{\text{máx}}$ Potencia máxima de salida

Pout Potencia de salida

Q

QAL (Quad Antenna Linear) Antena Quad Lineal

R

RB (Resource Block) Unidad más pequeña de recursos que se puede asignar a un usuario

RET Remote Electrical Tilt) ajuste remoto de la inclinación del haz de radiación de la antena

RRH (Remote Radio Head), conocido como cabeza radio remota Rx Receptor

S

SBA (Service Based Architecture), Arquitectura basada en Servicio

SCS (Subcarrier Spacing) Espaciamiento entre subportadoras

SDL (Supplemental Downlink) Enlace Descendente Suplementario

SFI (Slot Format Indicator) Indicador de formato de ranura

SFN (System Frame Number), índice de la trama del sistema o contadora de 0 a 1023 (10 bits).

SHF (Super High Frequency) rango de Frecuencias “Super” Altas

T

TDD (Time División Duplexing) División de Duplexación por Tiempo

TMA (Tower Mounted Amplifier) Amplificadores montados en torre

TSG (Technical Specification Groups) Grupos de especificaciones técnicas

TTI (Transmission Time Interval) Intervalo de Tiempo de Transmisión

Tx Transmisor

U

UE (User Equipment) Equipo de usuario, se refiere a los terminales de usuario

UHF (Ultra High Frequency) rango de Frecuencias “Ultra” Altas

UL (uplink) Enlace ascendente

uMTC (Ultra-reliable MTC) Comunicaciones tipo máquina ultra confiables

UPGW (User Plane Gateway) Enrutador al plano de usuario

URLLC (Ultra Reliable Low Latency Communications) Comunicaciones de baja latencia ultra confiables

V

V2X (Vehicle to anything) Comunicaciones de vehículos con cualquier dispositivo.

W

WAN (Wide Area Network) Red de Área Amplia

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la tecnología que se aplica a las telecomunicaciones va avanzando y creciendo en grandes dimensiones, abarcando distintos sectores y mercados a su paso. Cuando se genera una nueva tecnología en los países, las primeras en adoptar este cambio son las empresas dedicadas a las telecomunicaciones, en especial las empresas en el rubro de la telefonía celular. las operadoras enfocan el mejoramiento de sus servicios y ampliación de cobertura con la intención de aumentar su cartera de clientes, proveyendo a estos últimos con la mayor cantidad de beneficios que la tecnología adquirida pueda brindar.

Se espera que la quinta generación de tecnologías móviles - 5G - conecte personas, cosas, datos, aplicaciones, sistemas de transporte y ciudades en entornos de comunicación en red inteligentes. Debería transportar una gran cantidad de datos mucho más rápido, conectar de manera confiable una cantidad extremadamente grande de dispositivos y procesar volúmenes muy altos de datos con un retraso mínimo.

Aunque la implementación y el alcance del uso de 5G presentan desafíos, estas nuevas funcionalidades y nuevos servicios necesitan una nueva forma de implementar servicios móviles avanzados, así como nuevos enfoques para hacer que las tecnologías 5G trabajen juntas en entornos industriales mediante comunicaciones de máquina a máquina, Internet de Cosas (IoT) o con vehículos conectados.

La UIT desempeña un papel de liderazgo en la gestión del espectro radioeléctrico y el desarrollo de estándares aplicables a nivel mundial para IMT-2020. La UIT está trabajando para proporcionar regulaciones internacionales estables, espectro suficiente y estándares adecuados para IMT-2020 y la red central para permitir implementaciones exitosas de 5G a nivel regional e internacional. En la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de la UIT de 2019 (CMR-19), las partes interesadas mundiales establecieron un consenso para identificar espectro adicional para las IMT-2020.

5G tiene la intención de acelerar el logro de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), desde energía limpia y asequible hasta cero hambre.

CONATEL como entidad reguladora de las telecomunicaciones en Honduras, ha establecido reglas para la distribución de radio frecuencias del espectro electromagnético para implementación de nuevas tecnologías.

En el capítulo II se detalla el planteamiento del problema elegido para este estudio, se determinan cuales son los precedentes del tema seleccionado y como este se ha venido desarrollando a lo largo del tiempo, la definición del problema expone de manera resumida cual es la falla presentada en el tema desarrollado posteriormente, también se incluye la justificación que indica el motivo de desarrollo del presente estudio, preguntas de investigación las cuales se irán desarrollando en conjunto con los objetivos expuestos de manera general y específica.

En el capítulo III se incluye el marco teórico, el cual incluye de manera general los términos y contenido general para la comprensión del tema a tratar y que sirve como base para el desarrollo del capítulo IV y V.

En el capítulo IV se expone la metodología a desarrollar, las variables de investigación seleccionadas, la técnica e instrumentos aplicadas para su desarrollo, así como la metodología de estudio la cual se ejecuta para plantear los resultados de manera posterior.

En el capítulo V se exponen los resultados en base al análisis realizado, esta sección expone la interpretación de toda la información obtenida de distintas fuentes y con distintos métodos de obtención, aquí se plantea la interpretación técnica y lógica de toda la investigación desarrollada.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el planteamiento del problema se establece una breve estructura de la investigación llevada a cabo para brindar una introducción y antecedentes. También se detallan objetivos, preguntas de investigación y la justificación del problema a estudiar.

De acuerdo con (Paz, 2014, pág. 76), "el planteamiento del problema significa reducirlo a sus aspectos y relaciones fundamentales a fin de poder iniciar su estudio intensivo; pero la reducción no significa de modo alguno simplificar el estudio científico de la realidad social"

Cuando se implementan, las redes 5G deberían ofrecer más velocidad y capacidad para soportar comunicaciones masivas de máquina a máquina y proporcionar un servicio de baja latencia (retraso) y alta confiabilidad para aplicaciones de tiempo crítico. Según las pruebas realizadas hasta la fecha, las redes 5G están comenzando a demostrar un alto rendimiento en diferentes escenarios, tales como áreas urbanas densas y zonas calientes de interior.

Con estos ambiciosos objetivos, las redes 5G enfrentan desafíos considerables. La mayor capacidad y las velocidades de datos prometidas por 5G requieren más espectro y tecnologías mucho más espectralmente eficientes, más allá de lo que se usa actualmente en los sistemas 3G y 4G.

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

En la década de los 70's y 80's nació lo que se conoce la primera generación (1G) de telefonía celular, esta se caracterizó por ser analógica y solo permitía realizar la comunicación de voz, además que los dispositivos eran de un gran tamaño y alto costo, los estándares utilizando en esta primera generación son AMPS, TACS y NMT.

En la década de los 90's aparece la segunda generación (2G), este cambió el proceso de transmisión analógica a digital, además utilizo el estándar GSM, que le permitía a los consumidores el uso de los servicios SMS, Fax y buzón de Voz, en esta generación se vio una considerable reducción en el tamaño de los dispositivos y en el costo de los mismos.

En la década del 00's aparece la tercera generación (3G) a esta se integran una mejora en la transmisión de Voz y datos mediante protocolo UMTS, a esto se le suman conexiones a

internet a través de USB, y sale al mercado consumidor el formato de tarjetas SIM, surge el nacimiento de los sistemas operativos Android y IOS y se crea el protocolo de transmisión de datos HSPA.

En la década del 2010 aparece la cuarta generación (4G) la cual entre sus características se enfocan en la alta velocidad de datos, calidad, seguridad, capacidad y servicios de bajo costo para multimedia, datos y voz, con ella nace el nuevo protocolo de transmisión de datos LTE, la cual permite la realización de video llamadas de alta calidad, juegos en línea con baja latencia y reproducción de video en HD.

En la actualidad la demanda de los consumidores está dando forma al desarrollo de los servicios de banda ancha móvil. Los aumentos anticipados en el tráfico, estimados entre 10 y 100 veces en el período 2020-2030, y el crecimiento de la cantidad de dispositivos y servicios, así como la demanda de una mejor asequibilidad y experiencia del usuario requerirán soluciones innovadoras.

Se proyecta que la cantidad de dispositivos conectados en Internet alcanzará los 50 mil millones en cualquier momento desde 2025 en adelante, es de ahí donde surge la necesidad de crear una nueva generación de las telecomunicaciones, actualmente conocida como 5G o IoT (Internet de las cosas).

2.2. DEFINICIÓN Y ENUNCIADO DEL PROBLEMA

Actualmente la tecnología de las telecomunicaciones avanza a pasos agigantados a nivel mundial, lo que hace que la humanidad sea influenciada por este despliegue tecnológico que se avecina para este año 2020 y posteriores.

Para el momento en que la Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), inicie negociaciones sobre la implementación de la tecnología 5G con los operadores locales, carecerá de los criterios básicos, necesarios de un plan de acción para implementar dicho proceso, lo cual podría generar retrasos en la puesta en marcha de este proyecto en territorio Hondureño y obstaculizar el desarrollo de las telecomunicaciones para el país.

2.3. JUSTIFICACIÓN.

El motivo que incentiva a realizar este estudio es que Honduras se presenta como estado miembro de la UIT, esto último le obliga a cumplir con las metas y normas propuestas por la UIT para la adquisición de esta tecnología y así aumentar la capacidad de los servicios los cuales podrían generar una mejora substancial en lo que es el producto interno bruto (PIB) del país.

Por ultimo y no menos importante evitar que esto genere una brecha digital lo cual nos lleve a un desfase competitivo con otras naciones de la región.

2.4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.

A continuación, se establecen las preguntas que se van a analizar y responder sobre el tema a estudiar.

“Las preguntas sirven para orientar hacia las respuestas que se buscan con la instigación” (Roberto Sampieri, 2010, pág. 37)

¿Qué condiciones regulatorias presenta CONATEL, para las operadoras nacionales que deseen implementar la quinta generación de tecnologías móviles?

¿Qué segmento de la población será la más beneficiada al implementar la tecnología 5G?

¿Cuáles son las ventajas de la implementación de la tecnología 5G en Honduras?

2.5. OBJETIVOS.

A través de los objetivos se define claramente los puntos que se necesitan alcanzar con este proyecto de investigación. De igual manera, son los objetivos, la guía necesaria para el desarrollo de esta investigación.

2.5.1. OBJETIVOS GENERALES.

- Definir lineamientos para la implementación de tecnología 5G en el servicio de telefonía móvil por parte del ente regulador.

2.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Analizar las condiciones reguladas que establece CONATEL para la implementación de nuevas tecnologías en HONDURAS.
- Investigar que parte de la población hondureña será la más beneficiada al implementar la tecnología 5G.
- Analizar las ventajas de la implementación de la tecnología 5G en Honduras.

III. MARCO TEÓRICO

En esta sección de la investigación, se muestra la parte fundamental de cualquier investigación porque a través de la teoría da el contenido del análisis o las propuestas a desarrollar.

El marco teórico nos amplía la descripción del problema e integra la teoría con la investigación y sus relaciones mutuas; en una palabra, es la teoría del problema, y tiene como fin ayudarnos a precisar y a organizar los elementos contenidos en la descripción del problema, de tal forma que puedan ser manejados y convertidos en acciones concretas. (Paz, 2014, pág. 112)

3.1. RED INALÁMBRICA.

como su nombre lo indica, una red en la que dos o más terminales (ordenadores portátiles, agendas electrónicas, etc.) se pueden comunicar sin la necesidad de una conexión por cable. Gracias a las redes inalámbricas, un usuario puede mantenerse conectado cuando se desplaza dentro de una determinada área geográfica. Por esta razón, a veces se utiliza el término movilidad cuando se trata este tema.

Las redes inalámbricas se basan en un enlace que utiliza ondas electromagnéticas (radio e infrarrojo) en lugar de cableado estándar. Hay muchas tecnologías diferentes que se diferencian por la frecuencia de transmisión que utilizan, y el alcance y la velocidad de sus transmisiones.

Las redes inalámbricas permiten que los dispositivos remotos se conecten sin dificultad, ya se encuentren a unos metros de distancia como a varios kilómetros. Asimismo, la instalación de estas redes no requiere de ningún cambio significativo en la infraestructura existente como pasa con las redes cableadas. Tampoco hay necesidad de agujerear las paredes para pasar

cables ni de instalar porta cables o conectores. Esto ha hecho que el uso de esta tecnología se extienda con rapidez.

Por el otro lado, existen algunas cuestiones relacionadas con la regulación legal del espectro electromagnético. Las ondas electromagnéticas se transmiten a través de muchos dispositivos (de uso militar, científico y de aficionados), pero son propensos a las interferencias. Por esta razón, todos los países necesitan regulaciones que definan los rangos de frecuencia y la potencia de transmisión que se permite a cada categoría de uso.

Además, las ondas hertzianas no se confinan fácilmente a una superficie geográfica restringida. Por este motivo, un hacker puede, con facilidad, escuchar una red si los datos que se transmiten no están codificados. Por lo tanto, se deben tomar medidas para garantizar la privacidad de los datos que se transmiten a través de redes inalámbricas. (Villagómez, s.f.)

3.2. TIPOS DE REDES INALÁMBRICAS.

Por lo general, las redes inalámbricas se clasifican en varias categorías, de acuerdo con el área geográfica desde la que el usuario se conecta a la red (denominada área de cobertura):

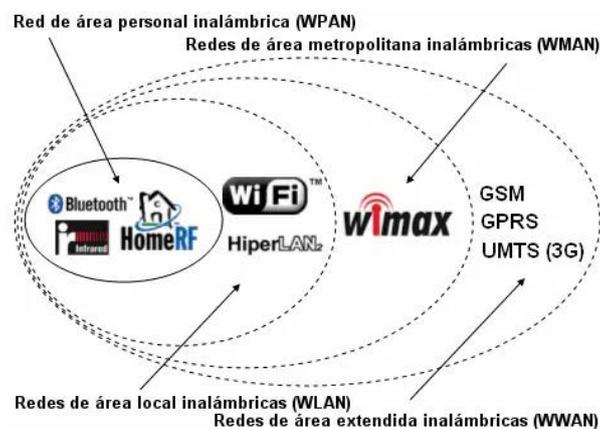


Ilustración 1. Tipos de Redes inalámbricas.

Fuente: (Villagómez, s.f.)

3.2.1. WPAN ('WIRELESS PERSONAL AREA NETWORK')

incluye redes inalámbricas de corto alcance que abarcan un área de algunas decenas de metros. Este tipo de red se usa generalmente para conectar dispositivos periféricos, como impresoras, teléfonos móviles, electrodomésticos o asistentes personales digitales (PDA) a un

ordenador sin utilizar cables. También se pueden conectar de forma inalámbrica dos ordenadores cercanos, Existen varios tipos de tecnología WPAN. La principal es:

a) Bluetooth

Lanzada por Ericsson en 1994. Ofrece una velocidad máxima de 1 Mbps con un alcance máximo de unos treinta metros. La tecnología bluetooth, también conocida como IEEE 802.15.1, tiene la ventaja de tener un bajo consumo de energía, algo que resulta ideal para usarla en periféricos de pequeño tamaño. (Villagómez, s.f.)



Ilustración 2. Bluetooth Logo

Fuente: (Villagómez, s.f.)

b) HomeRF (Home Radio Frequency)

lanzada en 1998 por HomeRF Working Group (que incluye a los fabricantes Compaq, HP, Intel, Siemens, Motorola y Microsoft, entre otros) ofrece una velocidad máxima de 10 Mbps con un alcance de 50 a 100 metros sin amplificador. A pesar de estar respaldado por Intel, el estándar HomeRF se abandonó en enero de 2003, en gran medida porque los fabricantes de procesadores empezaron a usar la tecnología wifi en placa (por medio de la tecnología Centrino, que incluía un microprocesador y un adaptador wifi en un solo componente).



Ilustración 3. HomeRF (Home Radio Frequency)

Fuente: (Villagómez, s.f.)

c) Zigbee

Conocida como IEEE 802.15.4, también se puede utilizar para conectar dispositivos en forma inalámbrica a un coste muy bajo y con bajo consumo de energía. Resulta particularmente

adecuada porque se integra directamente en pequeños aparatos electrónicos (como electrodomésticos, sistemas estéreos y juguetes). Zigbee funciona en la banda de frecuencia de 2,4 GHz y en 16 canales, y puede alcanzar una velocidad de transferencia de hasta 250 Kbps con un alcance máximo de unos 100 metros.



Ilustración 4. Zigbee

Fuente: (Villagómez, s.f.)

d) Infrarrojos

Se pueden utilizar para crear conexiones inalámbricas en un radio de unos pocos metros, con velocidades que puedan alcanzar unos pocos megabits por segundo. Esta tecnología se usa ampliamente en domótica (controles remotos), pero puede sufrir interferencias debidas a las ondas de luz. La IrDA (Infrared Data Association), creada en 1995, tiene más de 150 miembros.



Ilustración 5. Infrarrojo

Fuente: (Villagómez, s.f.)

3.3. REDES 5G

Las redes de quinta generación (5G) están actualmente en desarrollo y saldrán al mercado a comienzos del 2020. En comparación con la tecnología 4G LTE actual, la 5G tiene como objetivo llegar a alta velocidad (1 Gbps), baja potencia y latencia (1ms o menos), para el IoT masivo, el Internet táctil y la robótica. (Gemalto, 2018)

3.3.1. ¿QUÉ ES (Y QUÉ NO ES) LA TECNOLOGÍA 5G, Y CUÁL ES LA DIFERENCIA ENTRE 4G/LTE Y 5G?

La red inalámbrica de la próxima (quinta) generación va a abordar la evolución más allá del Internet móvil y va a alcanzar el IoT (Internet de las Cosas) masivo para comienzos de 2020. La principal evolución en comparación con 4G y 4.5G (LTE avanzado) de hoy en día es que más allá de las mejoras en la velocidad de los datos, los nuevos casos de uso del IoT y de comunicación crítica van a requerir nuevos tipos de rendimiento mejorado. Por ejemplo, la "baja latencia" es lo que provee interactividad en tiempo real para los servicios que utilizan la nube: esto es clave para el éxito de los vehículos autónomos, por ejemplo. Además, el bajo consumo de energía es el factor que va a permitir que los objetos conectados funcionen por meses o años, sin la necesidad de ayuda humana. (Gemalto, pág. 2)

A diferencia de los servicios del IoT actuales que comprometen el rendimiento para obtener lo mejor de las tecnologías inalámbricas de hoy en día (3G, 4G,WiFi, Bluetooth, Zigbee, etc.), las redes 5G se van a diseñar para brindar el nivel de rendimiento necesario para el IoT masivo. Van a habilitar un mundo conectado percibido como totalmente ubicuo.

En cuanto a la velocidad, la evolución de los servicios de datos desde la red 3.5G es espectacular, como se muestra en el siguiente diagrama:

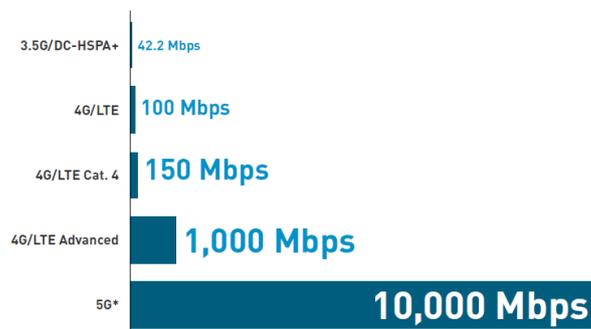


Ilustración 6. Velocidad en la evolución de servicios

Fuente: (Gemalto, 2018)

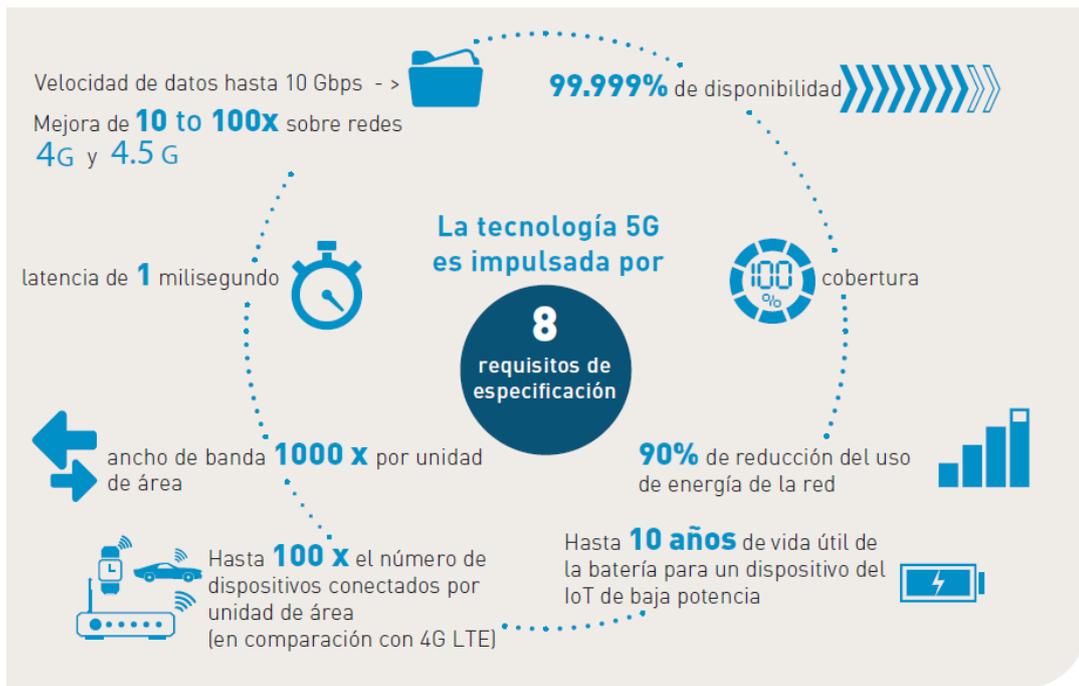


Ilustración 7. Requisitos de especificación 5G

Fuente: (Gemalto, 2018)

3.3.2. ¿CUÁLES SON LOS CASOS DE USO REALES DE LA TECNOLOGÍA 5G?

Cada generación nueva de red inalámbrica trajo aparejados nuevos conjuntos de casos de uso. La tecnología 5G no va a ser la excepción y va a centrarse en el IoT y en las aplicaciones de comunicaciones críticas.

Las redes 5G expanden los servicios inalámbricos de banda ancha más allá del Internet móvil al IoT y a segmentos de comunicaciones críticas.

Las redes 4.5G (LTE advanced) duplican la velocidad de los datos de la tecnología 4G.

Las redes 4G trajeron los servicios all-IP (voz y datos), una experiencia de Internet de banda ancha rápida, con arquitecturas de redes y protocolos unificados.

Las redes 3.5G trajeron una experiencia de Internet móvil verdaderamente ubicua, lo que desencadenó el éxito del ecosistema de las aplicaciones móviles.

Las redes 3G trajeron una mejor experiencia de Internet móvil, pero con un éxito limitado para desencadenar la adopción masiva de los servicios de datos.

Las redes 2.5G trajeron una leve mejora a los servicios de datos con la tecnología Edge.

Las redes 2G trajeron servicios de voz celular digital y servicios de datos básicos (SMS, GPRS), así como servicios de roaming a través de las redes.

Las redes 1G trajeron movilidad a los servicios de voz analógica. (Gemalto, 2018, pág. 3)

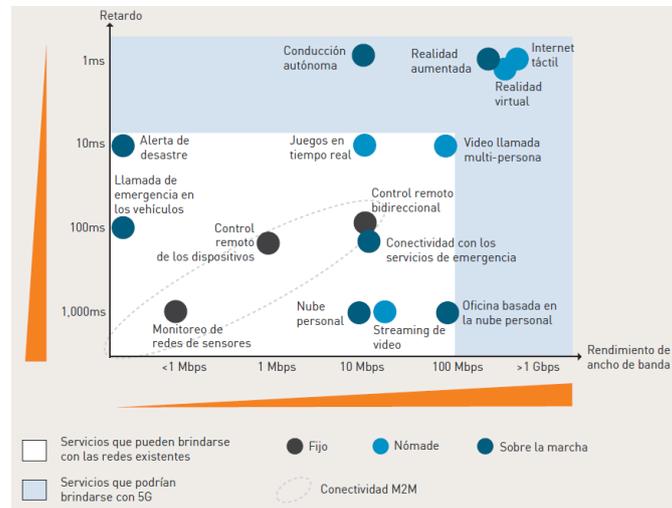


Ilustración 8. Esquema de varios casos de uso vs. sus necesidades de velocidad y de tiempo de respuesta rápida (latencia)

Fuente: (Gemalto, 2018)

3.3.3. REDES VIRTUALES (5G SLICING) ADAPTADAS A CADA CASO DE USO

La tecnología 5G va a ser capaz de soportar todas las necesidades de comunicación entre una red de área local (LAN) de baja potencia, como una red doméstica, y una red de área amplia (WAN), con los ajustes de latencia/velocidad adecuados. La forma en que se hace frente a esta necesidad hoy en día es mediante la agregación de una amplia variedad de redes de comunicación (WiFi, Z-Wave, LoRa, 3G, 4G, etc.). La red 5G está diseñada para permitir configuraciones de redes virtuales simples para alinear mejor los costos de la red con las necesidades de las aplicaciones. Este nuevo enfoque va a permitir que los operadores de la red móvil 5G capturen una cuota más grande del mercado IoT, ya que serán capaces de ofrecer soluciones rentables para aplicaciones de bajo ancho de banda y de baja potencia. (Gemalto, 2018, pág. 4).

3.3.4. INTERNET TÁCTIL

Definido como aplicaciones de Internet de súper baja latencia para cumplir el tiempo de respuesta de nivel humano. Por ejemplo, para la nano cirugía, los sistemas de robótica intra corporales van a permitir que los cirujanos lleven a cabo el micro mecanizado en tiempo real. El impacto del Internet táctil también va a revolucionar la industria del juego. También se va a extender a los otros cuatro sentidos humanos más allá del tacto (el oído, la vista, el olfato, el gusto), para permitir nuevas interfaces de usuario de realidad virtual donde las aplicaciones van a cumplir el tiempo de respuesta de los sentidos humanos (Gemalto, 2018, pág. 4).



Ilustración 9. "mejor conexión según tipo de tráfico"

Fuente: (Gemalto, 2018)

3.3.5. ¿CUÁNDO VA A LLEGAR LA TECNOLOGÍA 5G? ¿DÓNDE SE ENCUENTRA EN TÉRMINOS DE NORMALIZACIÓN Y CUÁNTO TIEMPO VA A TOMAR?

- UIT-R puso en marcha "IMT para 2020 y más allá" en 2012, preparando el escenario para la tecnología 5G.
- Japón y Corea comenzaron a trabajar en los requisitos de la tecnología 5G en 2013.
- NTT Docomo realizó las primeras pruebas experimentales de 5G en 2014.
- Samsung, Huawei y Ericsson comenzaron a desarrollar un prototipo en 2013.
- SK Telecom de Corea del Sur planea realizar una demostración de la tecnología 5G en los Juegos Olímpicos de Invierno de Pyeongchang 2018.

- Ericsson y TeliaSonera planifican la disponibilidad del servicio comercial en Estocolmo y Tallin para fines de 2018.
- El objetivo de Japón es lanzar la tecnología 5G en los Juegos Olímpicos de verano de Tokio 2020.
- AT&T va a probar el servicio inalámbrico 5G en Austin, Texas en 2016.
- Fujitsu demostró recientemente tasas de velocidad de 56Gbps.

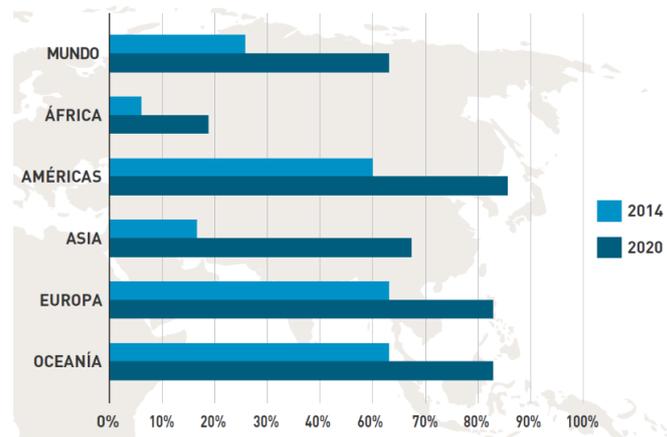


Ilustración 10. Pronóstico de cobertura de la red LTE como % de la población por región

Fuente: (Gemalto, 2018)

3.3.6. ¿CUÁN RÁPIDA SERÁ LA ADOPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA 5G?

La tasa de adopción proyectada para la tecnología 5G difiere drásticamente de todas las redes de nueva generación anteriores (3G, 4G): Si bien las tecnologías anteriores eran impulsadas por el uso de Internet móvil y la disponibilidad de "aplicaciones asesinas" (killer apps), se espera que la tecnología 5G sea impulsada, principalmente, por los nuevos usos del IoT, tales como los vehículos conectados y autónomos.

Dadas las nuevas perspectivas de uso para la conectividad de banda ancha, algunos proveedores de equipos como Ericsson predicen que va a haber más de 150 millones de dispositivos conectados a la red 5G en menos de 12 meses después de su lanzamiento.

Para el uso tradicional del Internet móvil, que combina toda la cobertura de las redes LTE, la GSMa pronostica la siguiente tasa de penetración para 2020.



Ilustración 11. IoT (Internet de las cosas)

Fuente: (Gemalto, 2018)

3.3.7. ¿CUÁLES SON LAS IMPLICACIONES DE LA RED 5G PARA LOS OPERADORES MÓVILES?

La tecnología 5G es una tecnología de banda ancha celular y una red de redes. La experiencia y el conocimiento de los operadores de redes móviles en la construcción y en la operación de redes van a ser clave para el éxito de la tecnología 5G.

Más allá de proporcionar servicios de red, los operadores de redes móviles podrán desarrollar y operar nuevos servicios del IoT.

La implementación de las redes 5G, a la vez que se mantienen operativas las redes 3G y 4G, probablemente den lugar a un nuevo desafío para los operadores de redes móviles con respecto a la capacidad de las frecuencias en el espectro (sobre todo si se produce el enorme volumen previsto en el IoT). Los operadores de redes móviles tendrán que requerir operar un nuevo espectro en el rango de 6 a 300 GHz, que implica inversiones masivas en la infraestructura de la red.

Para alcanzar el objetivo de latencia de 1ms, las redes 5G requieren que la conectividad para la estación base use fibras ópticas.

En cuanto al ahorro de costos, se prevé que las redes 5G sean capaces de soportar las redes virtuales, tales como las redes de baja potencia y bajo rendimiento (LPLT) para un IoT de bajo

costo; a diferencia de lo que ocurre hoy en día, que las redes LORA abordan esa necesidad de manera independiente a la red 4G (Gemalto, 2018).



Ilustración 12. Ejemplo de conexión IoT

3.3.8. ¿LA TECNOLOGÍA 5G SERÁ SEGURA?

Las redes 4G de hoy en día utilizan la aplicación USIM para llevar a cabo una autenticación robusta mutua entre el usuario y su dispositivo conectado y las redes. La entidad que aloja la aplicación USIM puede ser una tarjeta SIM extraíble o un chip UICC integrado. Esta autenticación robusta mutua es crucial para habilitar servicios de confianza. Las soluciones de seguridad de hoy en día son una mezcla de seguridad en la periferia (dispositivo) y seguridad en el núcleo (red). En el futuro, pueden coexistir varios marcos de seguridad y es probable que las redes 5G vuelvan a utilizar las soluciones existentes que hoy en día se utilizan para las redes 4G y para la nube (SE, HSM, certificación, aprovisionamiento OTA y KMS).

El estándar para la autenticación robusta mutua para redes 5G no se ha finalizado aún. La necesidad de seguridad, privacidad y confianza va a ser tan fuerte como la necesidad de 4G, si no más aún, debido al aumento del impacto de los servicios del IoT. Los elementos seguros locales en los dispositivos no solo pueden asegurar el acceso a la red, sino también apoyar los servicios seguros, como la gestión de llamadas de emergencia y las redes virtuales para el IoT. (Gemalto, 2018)

3.4. RADIO 5G

El 3GPP (3rd Generation Partnership Project) reúne un conjunto de organizaciones (ARIB, ATIS, CCSA, ETSI, TSDSI, TTA, TTC) encargadas de definir los estándares de telecomunicaciones. Este proyecto cubre las tecnologías de redes de telecomunicaciones móviles, incluido el 5G. Las especificaciones abarcan todas las áreas del sistema, incluidos el acceso radio, la red de

transporte principal y las capacidades de servicio. También incluye estudios para el acceso no radio a la red central y detalles de interoperabilidad con redes no licenciadas como la Wi-Fi. (3GPP, <https://www.3gpp.org/>, 2020)

Se trabaja en paralelo en versiones o releases que se encargan a grupos de trabajo específicos llamados Technical Specification Groups (TSG). De esta forma la evolución es constante y se abren nuevos frentes de trabajo a la vez (Ilustración 13. Estado actual de las Releases 14, 15, 16 y 17 sobre LTE-A Pro y 5G). Las primeras especificaciones sobre la Nueva Radio (NR) 5G comenzaron con la Versión 14 en marzo de 2016, donde se estudiaron los requerimientos para el 5G. Las Versiones 15,16 y 17 representan las dos fases de trabajo del 3GPP hacia el 5G donde quedarán completamente definidos los requisitos radio del terminal de usuario y de banda base, y el procedimiento para pruebas de funcionalidades y características. La Versión 15 estaba planificada para ser acabada en septiembre de 2018, pero con la finalización de la Versión 14 en junio de 2017, se aceleraron los trabajos del Grupo RAN del 3GPP y se entregó (congeló) el primer TSG en diciembre de 2017 referido al modo Non Stand Alone (NSA). El modo independiente (SA) se completaría en septiembre de 2018, pero también se completó a principios de junio de 2018. A inicios de 2018 se comenzó la Versión 16 que finalizará a finales de 2019, la versión 17 se estará desarrollando en el transcurso de año 2020. (3GPP, <http://www.3gpp.org/>, 2020)

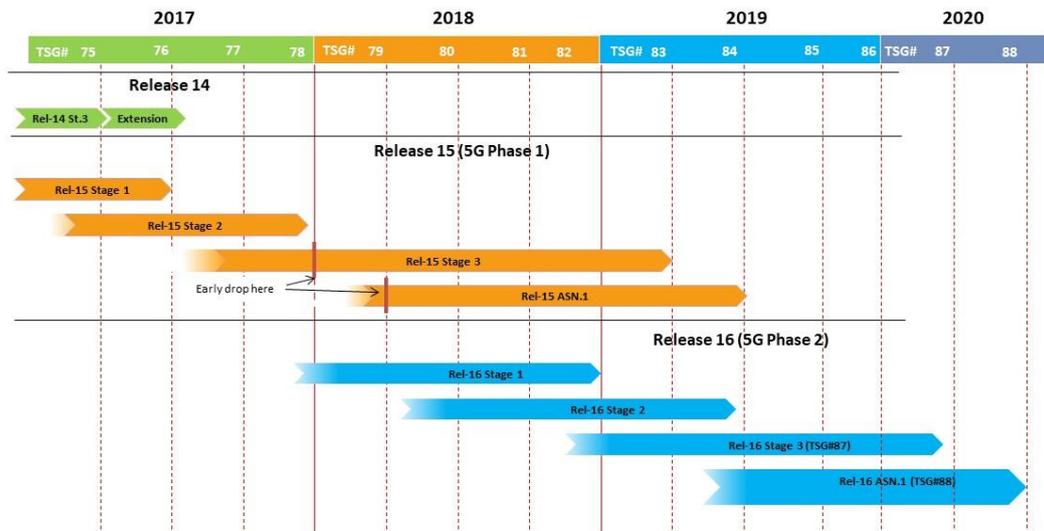


Ilustración 13. Estado actual de las Releases 14, 15, 16 y 17 sobre LTE-A Pro y 5G

Fuente: (3GPP, <https://www.3gpp.org/>, 2020)

Cada Release se compone de tres etapas, la etapa 1 hace una descripción del servicio desde el punto de vista del usuario, la etapa 2 plantea la arquitectura abstracta del sistema, y, por último, la etapa 3 es una implementación concreta de las funcionalidades y protocolos. La ilustración 14. Especificaciones de la Nueva Radio por requisitos RF, de Banda Base y pruebas. muestra algunas de las especificaciones técnicas definidas para el 5G que corresponden con la Serie 38. Todas las especificaciones se pueden descargar de la propia web del 3GPP (3GPP, <https://www.3gpp.org/>, 2020).

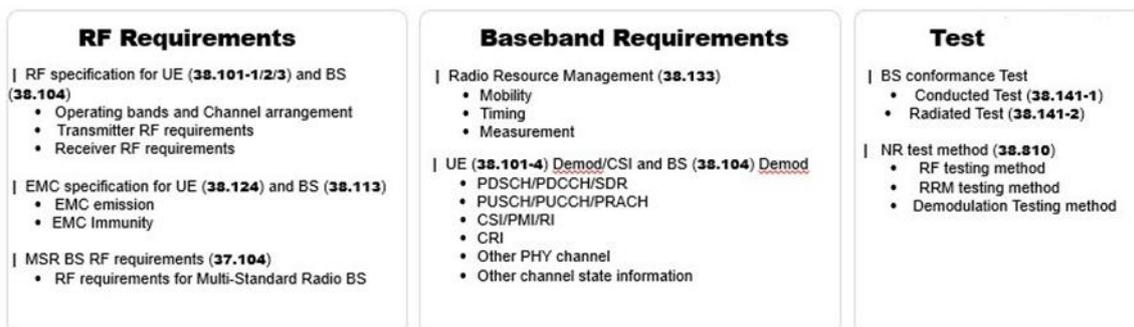


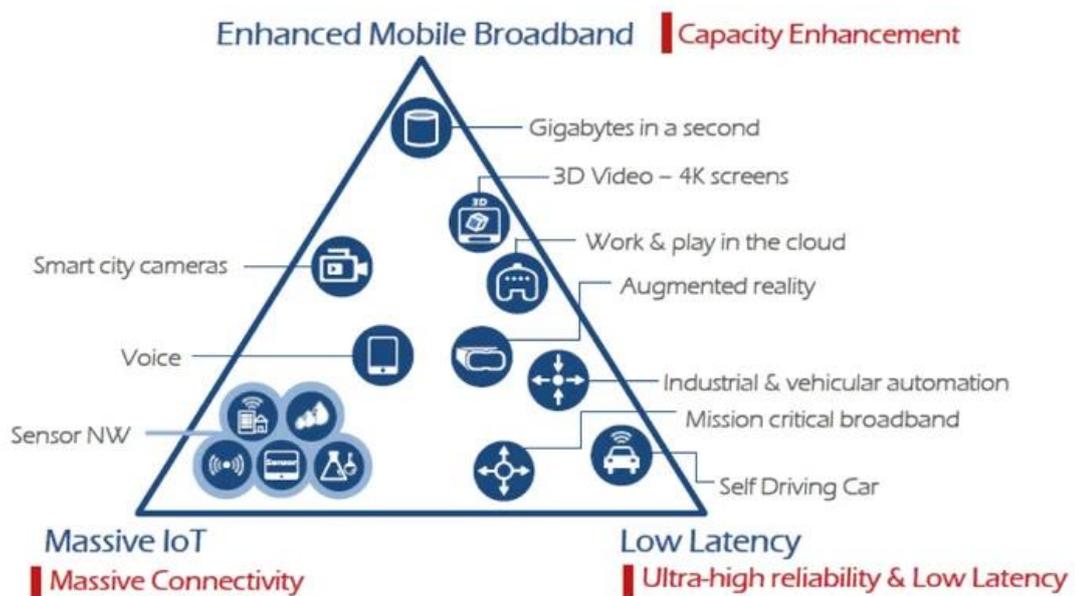
Ilustración 14. Especificaciones de la Nueva Radio por requisitos RF, de Banda Base y pruebas

Fuente: (3GPP, <https://www.3gpp.org/>, 2020)

Uno de los requisitos para el 5G es la posibilidad de soportar un rango amplio de frecuencias y en particular en bandas milimétricas, conocidas como mmWaves. Dado que el acceso radio

para LTE y HSPA no ha sido diseñado para ser optimizado en bandas de frecuencias milimétricas, el 3GPP en las Versiones 15 y 16 introduce una tecnología de acceso NR para el 5G la cual será lo suficientemente flexible para soportar no sólo las bandas menores a 6 GHz sino también frecuencias de hasta 100 GHz.

Los estudios apuntan a desarrollar finalmente una tecnología y una red de acceso NR para satisfacer una amplia gama de casos de uso que son agrupados en tres grupos (Ilustración 15. Nuevos escenarios de uso del 5G.): banda ancha móvil mejorada (eMBB), MTC masivo (mMTC) y comunicaciones de baja latencia ultra confiables (URLLC). Dicha agrupación radica en los requerimientos detectados para cada caso, como pueden ser la capacidad o la latencia. Más adelante en el apartado 1.8 se explican con más detalle.



(Source: ETRI graphic, from ITU-R IMT 2020 requirements)

Ilustración 15. Nuevos escenarios de uso del 5G

Fuente: (Staff, 2017)

Se prevé que para 2020 ya esté completamente definido el 5G, por ello la ITU llama al programa de desarrollo de la NR: IMT-2020 (International Mobile Telecommunications). Al finalizar la lectura de este primer capítulo se entenderá que el 5G no es LTE mejorado, sino

que es la posibilidad de contar con una red versátil que soporte una amplia gama de servicios y un gran número de usuarios.

3.5. EL PAPEL DE LA UIT.

La 5G integra la nueva generación de normas móviles que está definiendo la UIT. Los sistemas, componentes y elementos conexos, que soportan capacidades mejoradas superiores a las ofrecidas por los sistemas IMT-2000 (3G) e IMT-Avanzadas (4G), se denominan IMT-2020 (5G).

Las normas relativas a las telecomunicaciones móviles internacionales de 2020 (IMT-2020):

- sientan las bases para una serie de trabajos de investigación en 5G emprendidos a escala mundial;
- definen el marco y los objetivos generales del proceso de normalización de la 5G; y
- establecen la hoja de ruta por la que se regirá este proceso hasta su conclusión en 2020

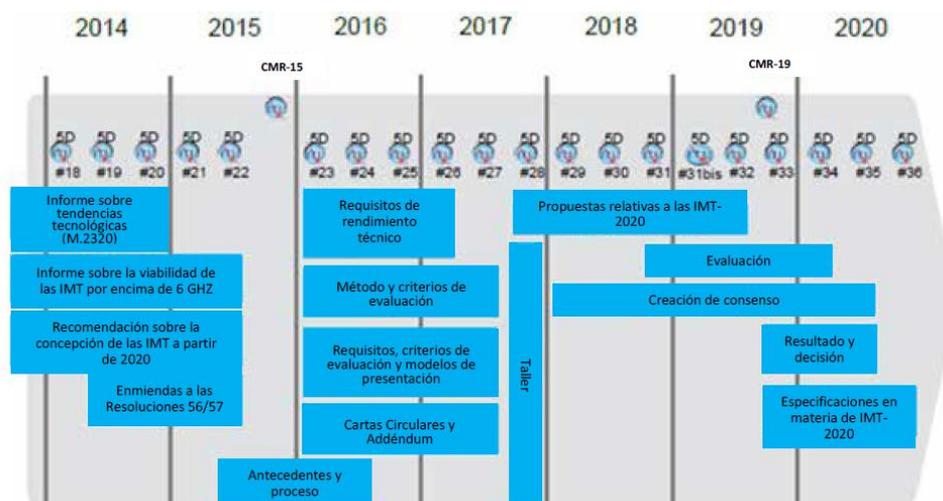


Ilustración 16. Cronograma y proceso detallados para las IMT-2020 del UIT-R

3.6. REPERCUSIONES SOCIOECONÓMICAS DE LA 5G

Existen pocos estudios de terceras partes que ahonden en las repercusiones económicas de las inversiones en 5G. No obstante, es posible recurrir a previsiones de terceros para estimar la incidencia que la 5G podría tener en la producción económica.

La UIT sugiere que los responsables de la formulación de políticas efectúen una evaluación independiente de los beneficios económicos, ya que las estimaciones de terceras partes no cuentan con el respaldo de la organización.

En un informe se estima que la 5G proveerá 12,3 billones USD a la producción económica mundial de aquí a 2035, siendo la manufactura la responsable del mayor crecimiento en términos de ventas debido a un aumento anticipado del gasto en equipos 5G. A continuación, figura el crecimiento de las ventas en el sector de las TIC, impulsado por un mayor gasto en servicios de comunicaciones. Cabe prever que la inversión en la cadena de valor aporte otros 3,5 billones USD a la producción y respalde 22 millones de puestos de trabajo de aquí a 2035.

La Comisión Europea (CE) calcula que el coste total de la implantación de la 5G en los 28 Estados Miembros ascenderá a 56 000 millones de euros, lo que supondrá unos beneficios de 113.100 millones de euros anuales derivados de la introducción de las capacidades 5G y la creación de 2,3 millones de puestos de trabajo. También se estima que los beneficios dependerán en gran medida de la productividad del sector de la automoción y de los lugares de trabajo en general. Las previsiones apuntan a que la mayor parte de los beneficios se obtendrá en zonas urbanas, mientras que solo el 8% de los beneficios (10 000 millones de euros anuales) corresponderá a zonas rurales.

En otros informes se indica que la inversión en redes 5G reportará notables beneficios económicos y mejoras en términos de productividad. Dichas estimaciones están encaminadas a la cuantificación de los beneficios dimanantes de la 5G, asumiendo unas condiciones de inversión ideales. El beneficio económico que obtendrá realmente cada país dependerá de la estructura del mercado y la disponibilidad de infraestructura digital y económica auxiliar.

Conclusión fundamental: Los responsables de la formulación de políticas pueden considerar la posibilidad de realizar una evaluación económica propia sobre la viabilidad comercial y las repercusiones económicas de las redes 5G.

A pesar de sus posibles beneficios económicos, la industria se mantiene escéptica frente a los argumentos comerciales en favor de la inversión en 5G. Dada la importancia de la inversión requerida, algunos operadores europeos siguen reaccionando con escepticismo ante el revuelo suscitado por la 5G y se cuestionan la viabilidad de sus beneficios económicos. La

Asociación de Infraestructura 5G (5GIA), organismo respaldado por la UE, y un grupo de altos ejecutivos del sector de las telecomunicaciones comparten estas inquietudes y advierten contra los anuncios prematuros de lanzamiento de la 5G.

Muchos de los anuncios relacionados con la 5G algunos de los cuales se destacan en el presente informe no representan comercializaciones a gran escala, sino simples proyectos piloto y experimentos regionales en la materia. Aún queda camino por recorrer antes de poder presentar a los operadores argumentos sólidos en favor de la inversión en esta tecnología, así como de proceder a su comercialización a gran escala.

Conclusión fundamental: Hasta que los argumentos en favor de la inversión en 5G puedan demostrarse, la industria y los responsables de la formulación de políticas pueden considerar la posibilidad de abordar la inversión en 5G con cautela y seguir mejorando la disponibilidad y la calidad de las redes 4G existentes. (ITU, 2018)

3.7. BRECHA DIGITAL

La industria considera que las primeras redes 5G se implantarán en zonas urbanas con una elevada densidad de población y ofrecerán servicios tales como la banda ancha móvil mejorada (eMBB) -su instalación en zonas rurales, donde la demanda tiende a ser menor, constituirá un desafío comercial-, por lo que las zonas rurales pueden quedar rezagadas, dando así lugar a una ampliación de la brecha digital.

Sin embargo, la utilización del espectro de frecuencias por debajo de 1 GHz, en los casos en que esté disponible, puede contrarrestar el problema en las zonas rurales. Esta parte del espectro permite a los operadores móviles cubrir zonas amplias a un coste inferior al inherente a un espectro de frecuencias más elevadas.

Si bien esta parte del espectro no permite alcanzar velocidades binarias y capacidades de red tan elevadas como las bandas de frecuencias más altas, el espectro de frecuencias inferiores a 1 GHz mejorará la cobertura de las redes rurales.

Conclusión fundamental: Las autoridades locales y los organismos reguladores deben ser conscientes del riesgo de ampliación de la brecha digital y respaldar incentivos comerciales y

legislativos que estimulen la inversión en una cobertura inalámbrica asequible a través del espectro de frecuencias inferiores a 1 GHz, siempre que sea posible. (ITU, 2018).

3.8. REDES DE ACCESO RADIOELÉCTRICO

Actualmente, la mayor parte de las instalaciones de redes móviles 4G al aire libre están basadas en macrocélulas. No obstante, a las macrocélulas que cubren extensas zonas geográficas les costará proporcionar la cobertura densa, la baja latencia y el amplio ancho de banda que requieren algunas aplicaciones 5G. (véase la ilustración 17) (ITU, 2018)

A fin de proporcionar la densa cobertura y la alta capacidad de red que requiere la 5G, los operadores inalámbricos están invirtiendo en la densificación de sus redes de acceso radioeléctrico (RAN) 4G -especialmente en zonas urbanas con una elevada densidad de población- mediante la implantación de células pequeñas. Las células pequeñas, si bien prestan servicios a una zona geográfica mucho más reducida que las macrocélulas, aportan una mayor cobertura, capacidad y calidad de servicio de red.

La implantación de células pequeñas permite aumentar la capacidad y la calidad de las redes 4G existentes y, al tiempo, sentar las bases para la instalación de las redes comerciales 5G y los primeros servicios eMBB. Actualmente, algunos operadores inalámbricos utilizan las células pequeñas con objeto de aumentar la capacidad y la cobertura de sus redes 4G, especialmente en entornos urbanos densos.

Las células pequeñas amplían la capacidad de la red sin necesidad de recurrir a espectro adicional, lo que las hace atractivas para los operadores que disponen de una cantidad de espectro limitada o en los lugares donde no abunda el espectro. Además, la industria considera probable que las células pequeñas implantadas en zonas urbanas densas a fin de mejorar la calidad de las redes 4G existentes soporten los requisitos de alta capacidad que se prevé conlleven las redes 5G y los primeros servicios eMBB. (ITU, 2018)

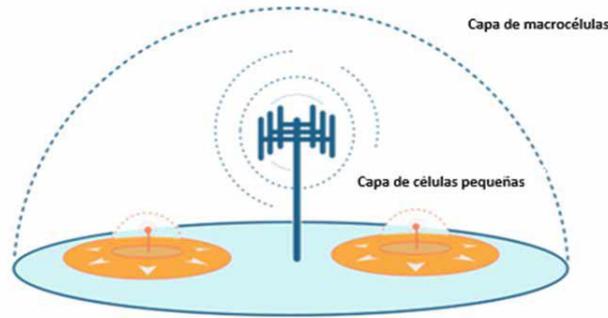


Ilustración 17. Redes de macrocélulas frente a redes de células pequeñas

Dada la densa cobertura que deben proporcionar las células pequeñas, es necesario instalar antenas de células pequeñas en el mobiliario urbano, por ejemplo, en paradas de autobús, farolas, semáforos, etc. Estas suelen ir acompañadas de un distribuidor en la vía pública, en el que se ubica el equipo radioeléctrico del operador y los sistemas de energía y conectividad del emplazamiento. La ilustración 18, ilustra un ejemplo de un sistema de antena instalado en una farola, con su correspondiente distribuidor en la vía pública.



Ilustración 18. Ejemplo de sistema de antena de células pequeñas y distribuidor situado en la vía pública

La tecnología MIMO (entrada múltiple, salida múltiple) masiva puede abarcar cientos e incluso miles de antenas, incrementado así las velocidades de datos y soportando la formación de haces, lo que resulta esencial para una transmisión de potencia eficaz. La tecnología MIMO masiva potencia la eficiencia espectral y, unida a la instalación densa de células pequeñas, ayudará a los operadores a satisfacer el exigente requisito de capacidad de la 5G. (ITU, 2018)

3.9. REDES BÁSICAS

La flexibilidad de extremo a extremo figurará entre las propiedades características de las redes 5G y resultará en gran medida de la introducción del proceso de informatización de la red, en cuyo marco las funciones de los soportes físico y lógico de la red básica estarán separadas. La informatización de la red -a través de la virtualización de las funciones de red (NFV), las redes definidas por software (SDN), la segmentación de las redes y las RAN en la nube (C-RAN)- tiene por objeto aumentar tanto el ritmo de la innovación como la velocidad de transformación de las redes móviles.

- **NFV:** Reemplaza las funciones de red en dispositivos específicos, tales como encaminadores, equilibradores de carga y cortafuegos, con instancias virtualizadas que pueden ejecutarse en soportes físicos disponibles en el mercado, reduciendo así el coste de las modificaciones y actualizaciones de la red.
- **SDN:** Permite la reconfiguración dinámica de los elementos de red en tiempo real y, de esta forma, el control de las redes 5G por conducto de un soporte lógico en lugar de un soporte físico, lo que mejora la resiliencia, la calidad de funcionamiento y la calidad de servicio de la red.
- **Segmentación de la red:** Permite dividir una red física en múltiples redes virtuales (segmentos lógicos) capaces de soportar diferentes RAN o tipos de servicios para ciertos segmentos de clientes, reduciendo en gran medida los costes de construcción de la red gracias a un uso más eficaz de los canales de comunicación.
- **C-RAN:** Esta tecnología se presenta como una opción disruptiva clave y de vital importancia para la concretización de las redes 5G. Se trata de una arquitectura de red radioeléctrica basada en la nube, que utiliza técnicas de virtualización combinadas con unidades de procesamiento centralizadas, que sustituyen a las unidades de procesamiento de señales distribuidas en estaciones base móviles y reducen los costes de instalación de las redes móviles densas basadas en células pequeñas.

Entre las mejoras tecnológicas objeto de examen figuran asimismo técnicas de codificación de señales que refuerzan la eficiencia espectral y proporcionan la calidad de funcionamiento a velocidades elevadas que requiere la 5G. Además, la computación periférica reviste una importancia progresiva para las aplicaciones en tiempo real extremadamente sensibles a la latencia. La computación periférica acerca los datos a los dispositivos de usuario final, suministrando una potencia de computación con una latencia muy baja para aplicaciones exigentes. De esta forma, se acelera la transmisión de datos procesables, se reducen los costes de transporte y se optimizan las rutas de tráfico. (ITU, 2018)

3.10. ENLACES DE CONEXIÓN AL NÚCLEO DE RED

Los enlaces de conexión al núcleo de red conectan las RAN a las redes centrales. Los requisitos en términos de capacidad ultra elevada, rápidas velocidades y baja latencia de la 5G precisan de enlaces de conexión al núcleo de red capaces de satisfacer estas exigentes demandas. Los operadores móviles suelen considerar que la fibra es el material más adecuado para las conexiones al núcleo de red, dada su longevidad, su elevada capacidad, su alta fiabilidad y su habilidad para soportar tráfico de muy alta capacidad.

No obstante, las redes de fibra no ofrecen una cobertura ubicua en todas las ciudades en las que ha previsto instalar las primeras redes 5G, situación que se agrava en las zonas suburbanas y rurales. Los costes de construcción de nuevas redes de fibra en estas zonas pueden resultar prohibitivos para los operadores. En ese caso, además de la fibra, debe considerarse un abanico de tecnologías inalámbricas de conexión al núcleo de red, incluidas las microondas punto a multipunto (PMP) y las ondas milimétricas (mmWave). La tecnología PMP se caracteriza por un caudal en sentido descendente de 1Gbit/s y una latencia de menos de 1ms por salto en distancias de entre 2 y 4 km. La tecnología mmWave presenta una latencia significativamente menor y soporta velocidades de caudal más elevadas.

Si bien la tecnología terrenal suscita el mayor interés, los sistemas en plataformas a gran altitud (HAPS) y la tecnología de satélites también desempeñan un papel en el marco de la 5G. Los HAPS y los sistemas de satélites (incluidas las constelaciones no geoestacionarias) pueden ofrecer velocidades de datos muy elevadas (> 100 Mbit/s - 1 Gbit/s), como complemento de

los enlaces inalámbricos fijos o terrenales de conexión al núcleo de red que se hallan fuera de las principales zonas urbanas o suburbanas, y transmitir contenido de vídeo a ubicaciones fijas. Los HAPS y los satélites pueden integrarse con otras redes en lugar de funcionar como redes independientes, a fin de proporcionar servicios 5G, aumentando así la capacidad 5G y solventando algunos de los principales problemas relacionados con el soporte del creciente tráfico multimedios, la cobertura ubicua, las comunicaciones de máquina a máquina y las misiones de telecomunicaciones críticas.

3.11. ENLACES DE CONEXIÓN FRONTAL

Convencionalmente, en una red inalámbrica 4G, los enlaces de conexión frontal se establecen entre la función de radiofrecuencias (RF) y las funciones restantes de las capas 1, 2 y 3 (L1/L2/L3). En la Recomendación UIT-T Y.3100, este tipo de enlace se define como un trayecto de red entre los controladores de radiocomunicaciones centralizados y las unidades de radiocomunicaciones a distancia (RRU) de una función de estación base. Esta arquitectura permite la centralización de todas las funciones de procesamiento de las capas superiores a expensas de los requisitos más estrictos en términos de latencia de conexión frontal y ancho de banda. El aumento en las velocidades de datos que conlleva la 5G hace que no resulte práctico continuar con la implantación de interfaces comunes de radio pública (CPRI) convencionales. La asignación de más funciones de procesamiento a las RRU flexibilizaría los requisitos en términos de latencia y ancho de banda, pero entrañaría una reducción del número de funciones de procesamiento que pueden centralizarse. Por tanto, es fundamental que la nueva arquitectura de división funcional prevea un equilibrio entre las características técnicas y la rentabilidad con respecto al caudal, la latencia y la centralización funcional.

En los siguientes documentos se especifican o describen tecnologías que pueden utilizarse a efectos de la conexión frontal:

- **Suplemento 55 a las Recomendaciones de la Serie G**, sobre tecnologías de radiocomunicaciones por fibra (RoF) y sus aplicaciones.

- **Suplemento 56 a las Recomendaciones de la Serie G**, sobre transporte OTN de señales CPRI, en que se detallan alternativas para el establecimiento de correspondencias y la multiplexación de señales de clientes CPRI en las OTN.
- **Recomendación UIT-T G.987**, sobre redes ópticas pasivas con capacidad de 10 gigabits (XG-PON).
- **Recomendación UIT-T G.9807**, sobre redes ópticas pasivas simétricas con capacidad de 10 Gigabit (XGS-PON).
- **Recomendación UIT-T G.989**, sobre redes ópticas pasivas con capacidad de 40 Gigabits (NGPON2).
- **Proyecto de Recomendación UIT-T G.RoF**, sobre sistemas de radiocomunicaciones por fibra (en fase de elaboración).
- **Proyecto de Suplemento a las Recomendaciones de la Serie G (G.sup.5GP)**, sobre requisitos en términos de conexión frontal inalámbrica 5G en un contexto PON (en fase de elaboración).
- **Recomendación UIT-T G.709(.x)**, sobre redes ópticas de transporte (OTN) por encima de 100Gbit/s.
- **Proyecto de Recomendación UIT-T G.ctn5g**, sobre las características de las redes de transporte que dan soporte a las IMT-2020/5G (en fase de elaboración).
- **Proyecto de Suplemento a las Recomendaciones de la Serie G G.Sup.5gotn**, sobre la aplicación de las OTN al transporte 5G (en fase de elaboración).
- **Recomendación UIT-T G.695**, sobre interfaces ópticas para aplicaciones de multiplexación por división aproximada en longitud de onda.
- **Recomendación UIT-T G.698.4**, sobre aplicaciones DWDM multicanal bidireccionales con interfaces ópticas monocanal independientes del puerto.
- **Recomendación UIT-T G.959.1**, sobre interfaces de capa física de red óptica de transporte.

3.12. ESPECTRO PARA LA 5G

La instalación de redes 5G requerirá un ancho de banda espectral superior al de las redes 4G, dados sus exigentes requisitos en términos de capacidad, lo que agudizará la necesidad de espectro. En consecuencia, la industria está realizando esfuerzos concertados para armonizar el espectro 5G. La UIT-R está coordinando la armonización internacional de espectro adicional para el desarrollo de sistemas móviles 5G. El Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-T) está desempeñando un papel crucial en la elaboración de las normas relativas a las tecnologías y arquitecturas de los elementos alámbricos de los sistemas 5G.

3.13. VIABILIDAD TÉCNICA DE LAS IMT EN LAS FRECUENCIAS COMPRENDIDAS ENTRE 24 Y 86 GHz, SEGÚN EL UIT-R.

El UIT-R está analizando la viabilidad técnica del futuro espectro 5G en las frecuencias comprendidas entre 24 y 86 GHz basándose en otros estudios realizados recientemente (y en fase de elaboración) por numerosos miembros del sector. Las soluciones basadas en la tecnología MIMO y la conformación de haces son cada vez más factibles en frecuencias más elevadas. Las bandas inferiores y superiores a 6 GHz podrían utilizarse de manera complementaria para 2020 y años posteriores. En principio, la UIT adoptará una decisión en cuanto al espectro adicional para las IMT en la gama de frecuencias entre 24 y 86 GHz en la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2019 (CMR-19).

Atribuciones al servicio móvil existentes	Ninguna atribución mundial al servicio móvil
24,25-27,5 GHz	31,8-33,4 GHz
37-40,5 GHz	40,5-42,5 GHz
42,5-43,5 GHz	
45,5-47 GHz	47-47,2 GHz
47,2-50,2 GHz	
50,4 GHz-52,6 GHz	
66-76 GHz	
81-86 GHz	

Ilustración 19. Nuevas bandas de espectro objeto de estudio de cara a la CMR-19

Los casos de uso relativos a la 5G pueden materializarse en una variedad de frecuencias de espectro. Por ejemplo, las frecuencias mmWave (por encima de 24 GHz) podrían resultar adecuadas para aplicaciones de baja latencia y corto alcance (aptas para zonas urbanas densas) y las frecuencias inferiores a 1 GHz para aplicaciones de largo alcance y escaso ancho de banda (idóneas para zonas rurales). Si bien las frecuencias más bajas presentan mejores características de propagación y brindan una mayor cobertura, las frecuencias más altas soportan anchos de banda más amplios debido a la gran cantidad de espectro disponible en las bandas de ondas milimétricas. Huawei, por ejemplo, ha propuesto un enfoque espectral multicapa, que ilustra este planteamiento a la perfección. (ITU, 2018).

3.13.1. LA PERSPECTIVA DE UN OPERADOR – EL ENFOQUE ESPECTRAL MULTICAPA DE HUAWEI.

- **Capa de cobertura:** Explora el espectro por debajo de 2 GHz (por ejemplo, 700 MHz) proporcionando cobertura a zonas extensas y en lo más recóndito de entornos interiores.
- **Capa de capacidad y cobertura:** Se basa en espectro perteneciente a la gama entre 2 y 6 GHz para ofrecer el mejor equilibrio entre capacidad y cobertura.
- **Capa de súper datos:** Se basa en espectro por encima de 6 GHz y mmWave para abordar casos de uso específicos que requieren velocidades de datos extremadamente altas. (Huawei, s.f.)

El desafío para las ANR consistirá en seleccionar bandas de espectro armonizadas a escala mundial para la 5G. A fin de lograr este objetivo, lo mejor será tener en cuenta las decisiones pertinentes de la CMR-19 respecto de las bandas superiores, así como las decisiones de la CMR-07 y la CMR-15 respecto de las bandas inferiores.

Si bien la CE ha señalado que el espectro de 700 MHz desempeña un papel esencial en la provisión de cobertura a zonas extensas e interiores para servicios de 5G, este recurso también podría utilizarse en algunas partes de África para mejorar la cobertura 4G. Cabe prever que, de aquí a 2020, solo el 35% de la población subsahariana goce de cobertura 4G y que numerosas zonas rurales dispongan de poca cobertura móvil 4G o incluso carezcan de ella. Esta última cifra equivale a un 78% del promedio mundial. Por consiguiente, los responsables

de la formulación de políticas de África subsahariana podrían considerar la posibilidad de utilizar el espectro de 700 MHz como solución idónea para ampliar la cobertura 4G en zonas rurales en lugar de destinarlo a la introducción de la 5G. (ITU, 2018)

La Asociación GSMA espera que el espectro de la banda 3,3-3,8 GHz constituya la base de muchos de los primeros servicios 5G, en particular, de la provisión de una banda ancha móvil mejorada. Ello se debe a que la gama 3,4-3,6 GHz está armonizada prácticamente a escala mundial y, por tanto, es apta para impulsar las economías de escala necesarias para los dispositivos de bajo coste.

3.13.2. DESAFÍOS VINCULADOS A LA IMPLANTACIÓN DE LAS CÉLULAS PEQUEÑAS

En algunos países, la reglamentación y la política de las autoridades locales han ralentizado el desarrollo de las células pequeñas, imponiendo obligaciones administrativas y financieras excesivas a los operadores y bloqueando la inversión. Entre los obstáculos a la implantación de las células pequeñas figuran dilatados procesos de obtención de permisos y adquisición, tasas excesivas y normas anacrónicas que impiden el acceso. (ITU, 2018).

- **Procesos de obtención de permisos y construcción locales:** El tiempo que tardan las autoridades locales en aprobar las solicitudes de planificación para la implantación de células pequeñas puede oscilar entre 18 y 24 meses, lo que da lugar a retrasos.
- **Largos procesos de contratación y adquisición:** Las autoridades locales han aplicado procesos de adquisición de entre 6 y 18 meses para la concesión a los proveedores de servicios inalámbricos de derechos exclusivos para instalar pequeños equipos celulares en el mobiliario urbano, lo que ha costado tiempo y dinero.
- **Tasas y cargas elevadas para acceder al mobiliario urbano:** Actualmente, las autoridades locales cobran tasas elevadas por el uso de mobiliario urbano. Según el Instituto Americano del Consumidor, una ciudad fijó una tasa de solicitud de 30 000 USD por la conexión de equipos de células pequeñas a postes de servicios públicos y otra localidad impuso una tasa de 45 000 USD.

- **Exposición de las personas a los campos electromagnéticos (EMF) de radiofrecuencias:** Los límites de exposición difieren de un país a otro y, en algunos casos, son innecesariamente restrictivos. La UIT recomienda que, si no existen límites aplicables a los EMF de radiofrecuencias o si estos no abarcan las frecuencias de interés, se utilicen los límites establecidos por la Comisión Internacional sobre Protección contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP). El proceso de instalación de antenas nuevas debe estar sujeto a las medidas necesarias para responder a las inquietudes del público. Un factor que aviva la inquietud pública es la visibilidad de las antenas, especialmente, en los tejados. En este caso, pueden utilizarse antenas multibanda para reducir el impacto visual, manteniendo el mismo número de antenas en los tejados. Sin una estrategia de reorganización del espectro o la tecnología, la red 5G aumentará la exposición localizada resultante de las tecnologías inalámbricas, al menos durante el período de transición. Por consiguiente, es importante incluir a las autoridades nacionales en una fase temprana, con miras a definir una estrategia de implantación y activación de la 5G, así como la mejor metodología de aplicación y evaluación del cumplimiento de los límites nacionales. Esta tarea se ha revelado ardua en países cuyos límites de exposición son más restrictivos que los recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), en virtud de las directrices de exposición a los EMF de radiofrecuencias de la ICNIRP.

- **Acceso y derechos codificados:** Cabe la posibilidad de que los operadores inalámbricos no tengan derecho a instalar aparatos de células pequeñas o radiocomunicaciones en componentes del mobiliario urbano, tales como farolas. Por ejemplo, en el Reino Unido, se ha actualizado el código con objeto de superar estas limitaciones, no obstante, habida cuenta de que ese instrumento no es vinculante, sus repercusiones podrían ser discutibles.

Muchas de estas normas y reglamentos locales impiden la implantación rápida y rentable de las células pequeñas en el centro de las ciudades, donde se espera una mayor demanda preliminar de servicios 5G. Los responsables de la formulación de políticas que ofrecen procesos normativos racionalizados y flexibles son los que más se beneficiarán de la innovación y el crecimiento económico que conllevará la introducción de la 5G.

Las células pequeñas siguen implantándose a una escala reducida en Asia, si bien los operadores inalámbricos de Japón y Corea (Rep. de) han densificado sus redes utilizando tecnología C-RAN de macrocélulas. En Japón y Corea (Rep. de), es posible instalar redes C-RAN dada la amplia disponibilidad de enlaces de conexión al núcleo de red por fibra, circunstancia que no se da forzosamente en otros mercados. (ITU, 2018)

3.14. ENLACES DE CONEXIÓN AL NÚCLEO DE RED POR FIBRA

La implantación de enlaces de conexión al núcleo de red por fibra para células pequeñas capaces de soportar velocidades elevadas y una latencia baja- figurará entre los mayores retos a los que se enfrentarán los operadores, debido a la escasa disponibilidad de redes de fibra en muchas ciudades.

Por ejemplo, en el Reino Unido, la fibra tiene un índice de penetración del 2 por ciento, es decir, uno de los más bajos de Europa. Esta cifra se confronta con una media europea de entorno al 9 por ciento.

Con objeto de incentivar la inversión en redes de fibra, el Gobierno del Reino Unido ha introducido una exención quinquenal de las tasas comerciales aplicables a la nueva infraestructura de red de fibra.

En los casos en que la instalación de enlaces de conexión al núcleo por fibra no resulte rentable, los operadores deben tomar en consideración, además de la fibra, un abanico de tecnologías inalámbricas de conexión al núcleo de red, tales como las PMP, las mmWave y los satélites.

3.15. ESPECTRO

La atribución e identificación de espectro armonizado a escala mundial en una cierta gama de frecuencias requieren la coordinación de la comunidad internacional, las organizaciones regionales de telecomunicaciones y las ANR, lo que representa uno de los desafíos más importantes para estas últimas en la implantación efectiva de las redes de 5G. La atribución armonizada presenta numerosas ventajas, pues minimiza las interferencias radioeléctricas a lo largo de las fronteras, facilita la itinerancia internacional y reduce el coste de los equipos. Esta

coordinación general constituye el principal objetivo del UIT-R en el proceso de las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones (CMR).

De cara a la CMR-19, este proceso se halla en la fase de creación de consenso en torno a la atribución e identificación para las IMT de grandes bloques contiguos de espectro radioeléctrico armonizado a escala mundial por encima de 24 GHz, donde se dispone de un amplio ancho de banda. Las decisiones de la CMR-19 al respecto se basarán en los estudios del UIT-R sobre compartición y compatibilidad extensivas entre el servicio móvil y los servicios ya establecidos en estas bandas de frecuencias y en las bandas adyacentes.

Diversas ANR de países desarrollados están considerando las bandas de 700 MHz, 3,4 GHz y 24 GHz para la implantación inicial de la 5G, a fin de satisfacer los requisitos correspondientes en términos de cobertura y capacidad.

También debería considerarse la posibilidad de compartir el espectro, a fin de utilizar los recursos disponibles con mayor eficacia. Tradicionalmente, las ANR han atribuido espectro a los operadores móviles con carácter exclusivo. Sin embargo, debido a las crecientes necesidades en la materia, la compartición puede constituir una herramienta para hacer un uso más eficaz del espectro existente. (ITU, 2018)

IV. METODOLOGÍA

En este segmento de investigación, se presentan tanto métodos como las técnicas utilizadas a lo largo del desarrollo del proyecto. La técnica de metodología seleccionada determina de qué manera se interpretarán los datos obtenidos. Esto mismo les dará peso a los resultados del proceso de investigación.

4.1. ENFOQUE

la adquisición de datos para la presente investigación presenta un enfoque de carácter mixto, ya que aplica ambas metodologías (cualitativa y cuantitativa) para su desarrollo. En esta se presentan un conjunto de datos recopilados con información concreta, la cual ayuda a resolver algunas preguntas de manera objetiva.

Con el empleo de ambas metodologías descritas en el párrafo anterior podemos dar respuesta a las preguntas de investigación planteadas, por esta razón se analizó un espectro bastante amplio relacionado a la evolución de las telecomunicaciones en el segmento de telefonía móvil.

4.2. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

Según definición acuñada (Roberto Sampieri, 2010) "son las propiedades medidas y que forman parte de la hipótesis o que se pretenden describir" (p. 277)

Las variables de investigación están relacionadas a todo el tema analizado en este estudio del impacto de la tecnología 5G en Honduras, estas presentan características estudiadas en los capítulos anteriores.

4.2.1. VARIABLES DEPENDIENTES

- Tecnología 5G.

4.2.2. VARIABLES INDEPENDIENTES.

- Regulación CONATEL.
- Población.
- Plan de implementación 5G.

4.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

El desarrollo de la presente investigación se alimenta en la recopilación de datos basada en libros, artículos científicos, entrevistas y pagina web del ente regulador (CONATEL), la información adquirida enfocada específicamente para Honduras fue difícil de obtener, esto debido a que la información relacionada a la tecnología como tal es bastante nueva, los detalles técnicos basados en su funcionamiento son parcialmente de conocimiento público y también debido a que el ente regulador presenta información bastante desactualizada en su portal.

4.4. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

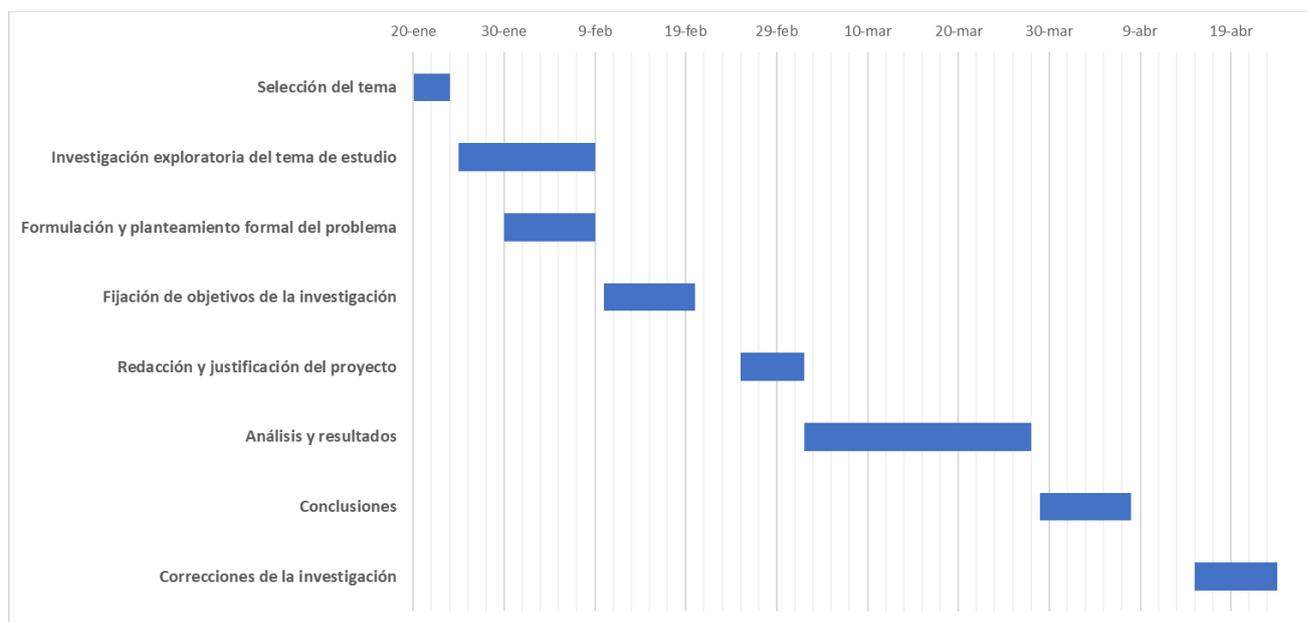
Con la información obtenida se avala el desarrollo de los objetivos propuestos. En primera instancia desde la selección del tema a exponer, el tópico elegido presenta gran importancia en el rubro de la tecnología y telecomunicaciones puesto que significa un gran cambio para el estilo de vida de las poblaciones en donde se desarrolle, este análisis crea los cimientos para estudios posteriores que involucren la adopción de nuevas tecnologías de telecomunicación.

La mayor fuente de información que alimenta este estudio es la página web de la Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), así como consultas a las principales empresas proveedoras de telefonía celular de Honduras (Huawei y Claro). Realizando estas consultas de manera remota a través de correos electrónicos (esto en vista a la situación actual del país por la emergencia del COVID-19).

La interpretación y análisis de los datos obtenidos se realizó desde el punto de vista técnico, así como social, esto para enfocarnos en la estrecha relación entre la infraestructura de distribución del servicio, demanda de los nuevos servicios o requerimientos móviles y distribución de lo que es las frecuencias de transmisión para datos.

La información presentada no se obtiene de una manera sencilla, esta se encuentra parcialmente en varias fuentes de carácter científico, pero no expuesta de una manera que sea de fácil interpretación para la necesidad que se presenta en nuestro país.

4.5. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES



Como se puede apreciar en el Cronograma de actividades, todo inicia con la selección del tema que es el pilar fundamental del presente informe, luego se encuentra lo que es la investigación exploratoria del tema de estudio, esta actividad fue bastante exhaustiva ya que el tema de estudio es nuevo para nuestra región y en especial para nuestro país, en él se logró obtener información vital de varias fuentes que han desarrollado esta tecnología. En la formulación y planteamiento formal del problema se identificó cuáles son las necesidades que el país enfrenta de cara a la posible adquisición de la nueva tecnología. En la Fijación de objetivos de la investigación se determinó los puntos que se desean alcanzar en la investigación, así como las bases para el desarrollo posterior. En redacción y justificación de proyecto se analizó cual fue el detonante del porqué del estudio. En la actividad de análisis y resultados se plasma la carga real de la investigación aquí se demuestra basado en evidencias los análisis y resultados que se obtuvieron con la información recopilada. En las conclusiones se presenta el resumen de nuestra investigación, que beneficios u observaciones que deja nuestro estudio para los posibles lectores y por último se incluye la corrección de la investigación que es el segmento que nos ayuda a tener un material correcto y pulido con todas las normas de fondo y forma requeridos por la institución.

V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Esta sección tiene como objetivo exponer y describir los datos obtenidos en nuestra investigación, para posteriormente interpretarlos y contrastarlos con la teoría, el estado de la cuestión y propia investigación. Están íntimamente relacionados con los objetivos, preguntas y/o hipótesis de investigación. (Chile, s.f.)

5.1. ADVERSIDADES QUE ENFRENTA EL PLAN DE ACCIÓN PARA EL DESARROLLO DE LA TECNOLOGÍA 5G EN HONDURAS.

Tal y como se ha expuesto a lo largo de este estudio, Honduras se encuentra en la categoría de nación del tercer mundo, lo cual le impide estar a la vanguardia tecnológica y por ende resiente el cambio a las nuevas tecnologías, esto se logra percibir no solo a nivel de país sino a nivel nacional, puesto que muchas de las comunidades ubicadas en zonas rurales carecen de una buena distribución de los servicios lo cual ralentiza el crecimiento de estas regiones y se vuelven el eslabón más débil en lo que es la cadena del progreso.

En la Ilustración 20 se observan algunos de los puntos más importantes que ocasionan un retraso tecnológico en la implementación 5G, siendo los cuatro enunciados más importantes que lentitud en la puesta en marcha.

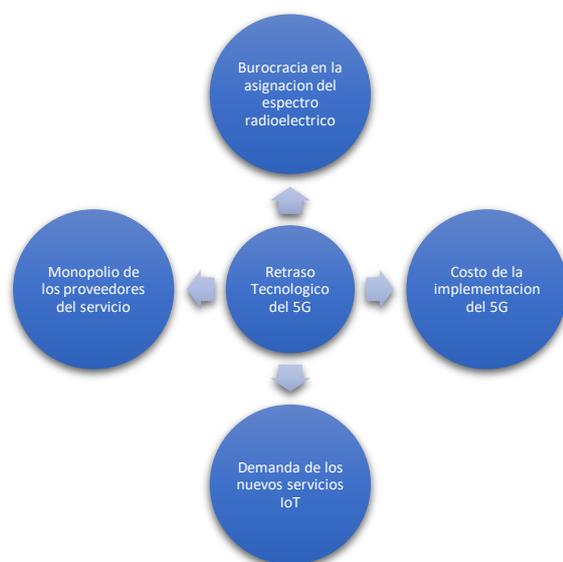


Ilustración 20. Fuentes del retraso tecnológico

Fuente: Propia

5.2. ESQUEMA DEL PLAN DE ACCIÓN PARA EL DESARROLLO DE LA TECNOLOGÍA 5G EN HONDURAS

En la Ilustración 21 se elaboró un esquema para este plan de acción se consideró las etapas generales más importantes para este desarrollo, así mismo esta se ejecutó en base a las estadísticas de cobertura a nivel nacional proporcionadas por la Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL).



Ilustración 21. Esquema General de Plan de acción

Fuente: Propia

5.2.1. INVESTIGACIÓN

En la ilustración 22 nos muestra que en primera instancia se requiere un exhaustivo plan de investigación donde se recopilará la información requerida para esta implementación, como ser análisis del espectro radial, asignación de frecuencias y disponibilidad de estas para ser explotadas, esto último se debe adjudicar a la Comisión Nacional de Telecomunicaciones CONATEL en conjunto con los inversionistas que desean ejecutar este plan de desarrollo.



Ilustración 22. Actividades de la etapa de investigación

Fuente: Propia

a) resultados de la información obtenida.

- ✓ Identificar las investigaciones, pruebas y recomendaciones establecidas por la ITU en la norma IMT-2020 para los sistemas móviles 5G, y los resultados obtenidos en pruebas realizadas en países como Japón, China, Estados Unidos, etc. Así como la investigación de los equipos, protocolos, frecuencias entre otros.

- ✓ Investigar planes de acción ejecutados a nivel mundial a manera de guía para el desarrollo eficiente de la tecnología 5G en Honduras.
- ✓ Interpretar los resultados de pruebas de conectividad 5G de los fabricantes Huawei, Sony Ericsson y la asociación GSMA quien se dedica a la normalización, implementación y promoción del sistema de telefonía móvil GSM. Antenas, módulos de RF y software.

b) Análisis de la disponibilidad de frecuencias

- ✓ Estudiar las frecuencias más utilizadas para implementación de 5G (26 GHz, 40 GHz o 66 GHz) y cuál es la que más se adapta a las necesidades y capacidades técnicas en la región según los requerimientos de la CMR-19.
- ✓ Considerar las propuestas de uso de frecuencias menores a 30 GHz por la CITEL (Comisión Interamericana de Telecomunicaciones) para la región 2.
- ✓ Establecer el uso de la frecuencia de 28 GHz para estudios y pruebas científicas en Honduras.
- ✓ Analizar la tabla de atribución de bandas de frecuencias publicado en La Gaceta y verificar que las frecuencias asignadas por la UIT estén atribuidas en Honduras para brindar el servicio 5G.

c) Concesión del espectro radio eléctrico.

- ✓ Establecer el proceso de solicitud para la concesión de frecuencias establecidas por la UIT en su resolución de requerimientos CMR-19.
- ✓ Estudiar las recomendaciones UIT-K.52 para el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos.
- ✓ Investigar los planes de acción emitidos por otras regiones para la concesión de espectros radio eléctricos, con la intención de minorizar las fallas en el proceso de desarrollo.

d) Factibilidad del desarrollo en Honduras

- ✓ Analizar las coberturas móviles vigentes (2G, 3G, 3.5G, 4G y 4.5G) en Honduras, de acuerdo con las publicaciones emitidas por la Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL).
- ✓ Analizar los requerimientos o demandas de servicios IoT de Honduras.
- ✓ Analizar en base a estadísticas basadas en censo nacional la densidad de población en las ciudades donde se implementará esta tecnología.

En la ilustración 23 se observa que las líneas telefónicas móviles alcanzaron un total de abonados de 6,995,433 al finalizar este trimestre del año 2019. La cantidad de usuarios de teléfonos móviles ha tenido un decrecimiento de 4.37% con respecto al trimestre anterior. La densidad telefónica móvil, que corresponde al número de líneas telefónicas móviles por cada 100 habitantes, alcanzó un valor de 76.69% al finalizar este trimestre del año, lo que representa que 77 de cada 100 hondureños posee una línea telefónica móvil. Existió un decrecimiento de 4.76% con respecto a la densidad del trimestre anterior. Del total de abonados de telefonía móvil en el país, 699,993 abonados pertenecen a la modalidad de Post-pago, lo que representa el 10% del total de abonados y 6,295,440 pertenecen la modalidad de Pre-pago, lo que representa el 90% del total de abonados. Se reporta para el servicio de llamada telefónica de voz (2G) una cobertura geográfica del 100% de las cabeceras municipales de Honduras, y una cobertura de la población de 88.13%. Para el servicio de internet móvil con velocidades superiores a la conectividad de Banda Ancha (3G), una cobertura geográfica del 98.66% de las cabeceras municipales de Honduras y una cobertura de la población del 78.87%. Para el servicio de internet móvil con tecnología 4G, una cobertura del 91.95% de las cabeceras municipales y una cobertura de la población del 66.66%. (CONATEL, 2019).

N°	Departamento	% Cobertura (2G)		% cobertura (3G)		% Cobertura (4G)	
		Geo*	Pobla**	Geo	Pobla	Geo	Pobla
1	ATLANTIDA	100	95	100	90	100	80
2	COLON	100	91	100	76	90	57
3	COMAYAGUA	100	91	100	71	95	48
4	COPAN	100	80	100	68	100	52
5	CORTES	100	97	100	94	100	90
6	CHOLUTECA	100	91	100	77	81	55
7	EL PARAISO	100	77	100	59	100	47
8	FRANCISCO MORAZAN	100	97	100	93	100	90
9	GRACIAS A DIOS	100	50	100	51	67	34
10	INTIBUCA	100	72	94	62	94	33
11	ISLAS DE LA BAHIA	100	99	100	99	100	96
12	LA PAZ	100	81	100	68	84	48
13	LEMPIRA	100	74	93	57	75	25
14	OCOTEPEQUE	100	85	100	73	94	58
15	OLANCHO	100	75	100	62	91	46
16	SANTA BARBARA	100	76	96	62	93	47
17	VALLE	100	96	100	89	100	68
18	YORO	100	84	100	76	91	67
TOTAL NACIONAL		100	88.13	98.66	78.87	91.95	66.66

* Geo: Geográfica, Porcentaje de cabeceras municipales en cobertura

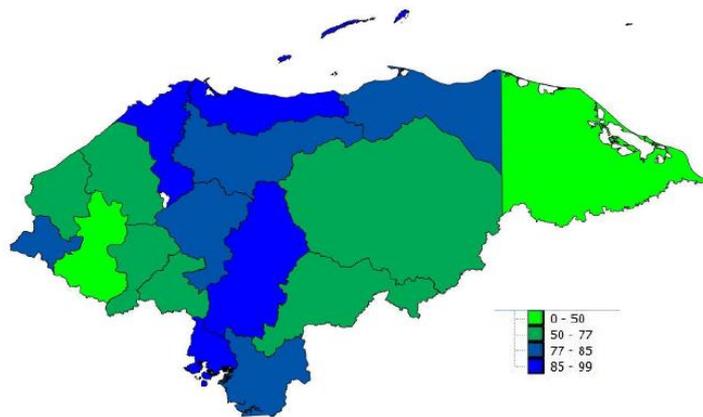
** Pobla: Poblacional, Porcentaje de la población en cobertura

Ilustración 23. Detalle De La Cobertura A Nivel Departamental

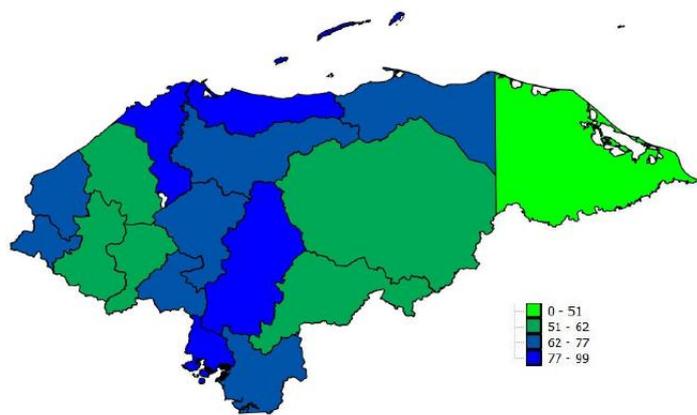
Fuente: (CONATEL, 2019)

Como podemos apreciar en el año 2019 existe un porcentaje significativo de cobertura 2G, siendo este un 88% frente a los 79% del 3G y el 67% del 4G.

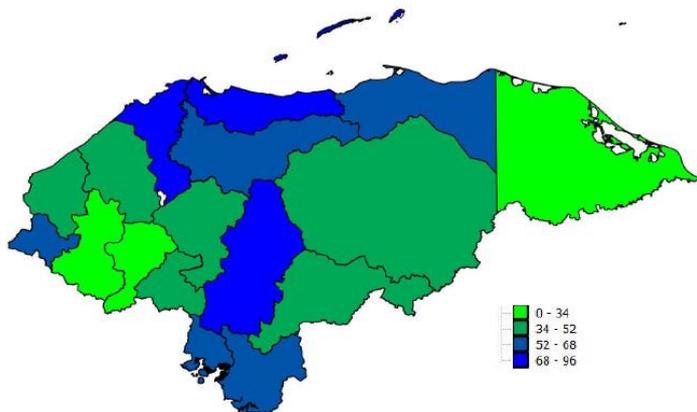
En la ilustración 24 se observan las áreas de cobertura de las redes 2G, 3G y 4G a nivel nacional.



88% de la Población cubierta con redes de Telefonía 2G



79% de la Población cubierta con redes de Telefonía 3G



67% de la Población cubierta con redes de Telefonía móvil 4G (Internet móvil)

Ilustración 24. Cobertura Red 2G, 3G y 4G a nivel nacional

Fuente: (CONATEL, 2019)

5.2.2. PROMOCIÓN

En esta etapa se enfoca en las actividades generales organizadas por La Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) para promocionar el uso de la tecnología 5G y los incentivos que el estado pueda brindar a los operadores nacionales para que estos desarrollen su uso y comercialización, en la ilustración 25 se muestran las actividades recomendadas para la promoción de dicha tecnología.

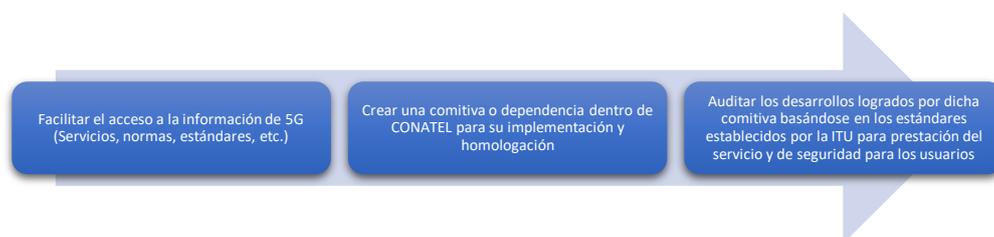


Ilustración 25. Actividades recomendadas para la promoción de la tecnología 5G

Fuente: Propia

e) Facilitar el acceso a la información de 5G (Servicios, normas, estándares, etc.).

- ✓ Familiarizar con los usuarios encargados de la ejecución de la infraestructura, los beneficios de implementar esta tecnología en el país.
- ✓ Solicitar a los fabricantes de equipos, que brinden conferencias relacionadas a los avances en las telecomunicaciones 5G, dirigidas a personas y estudiantes de carreras a fines de las telecomunicaciones.
- ✓ Desarrollar dentro de la página web oficial de CONATEL, accesos para promover la información de esta implementación orientada en los beneficios económicos que presentará para el país.
- ✓ Solicitar apoyo a instituciones como El CIMEQH (Colegio De Ingenieros Mecánicos, Electricistas Y Químicos De Honduras Y Sus Ramas Afines) que se realicen conferencias, capacitaciones para incentivar la investigación y desarrollo de futuras tecnologías (5G para este caso).

f) Crear una comitiva o dependencia dentro de CONATEL para su implementación y homologación.

- ✓ Asignar personal técnico, logístico de las instituciones interesadas en el desarrollo del 5G (CONATEL, CLARO, TIGO, etc.)
- ✓ Realizar convenios para investigación de equipos, protocolos e interfaces con universidades nacionales y enfocarlos a resultados obtenidos en otros países que ya han implementado dicha tecnología.
- ✓ Establecer y homologar Marcas que permitan el fácil acceso de los servicios en el país.

g) Auditar los desarrollos logrados por dicha comitiva basándose en los estándares establecidos por la ITU para prestación del servicio y de seguridad para los usuarios

- ✓ Analizar los resultados en base a las propuestas presentadas por la comitiva, enfocándose al desarrollo práctico, económico y social de la tecnología.
- ✓ Evaluar las propuestas aprobadas considerando la norma IMT-2020 para los sistemas móviles 5G.
- ✓ Evaluar las propuestas aprobadas considerando la norma IMT-2020 para los sistemas móviles 5G.
- ✓ Evaluar las propuestas aprobadas considerando las recomendaciones UIT-K.52 para el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos.
- ✓ Emitir en informe general para que las empresas gubernamentales o privadas interesadas en invertir en este desarrollo puedan realizar sus estudios de factibilidad.

5.2.3. PLANIFICACIÓN

En esta etapa se enfoca en las actividades generales de la planificación, para proponer las estrategias de uso de la tecnología 5G y mejorar la infraestructura actual de telecomunicaciones.

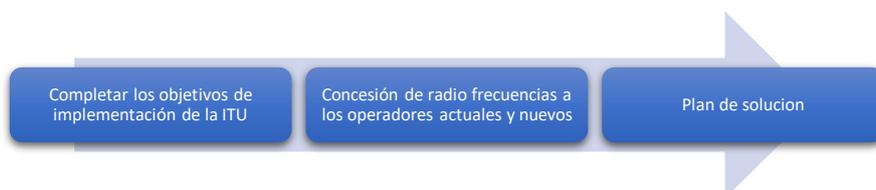


Ilustración 26. Actividades recomendadas para la planificación de la tecnología 5G

Fuente: Propia

a) Completar los objetivos de implementación de la ITU.

- ✓ Para la planificación de la tecnología 5G en Honduras, la Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) debe cumplir con los requerimientos establecidos por la Unión Internacional de Telecomunicaciones tomando en cuenta las normas IMT-2020 para los sistemas móviles 5G.

b) Concesión de radio frecuencias a los operadores actuales y nuevos.

- ✓ Crear un proceso para la asignación de frecuencias requeridas por los sistemas 5G, esto con la intención de facilitar el proceso y de motivar a los operadores con la implementación.
- ✓ Abrir el mercado de las telecomunicaciones para ingreso de nuevos operadores al país, que permitan una mejor competencia y ofertas de productos o servicios 5G en Honduras.

5.3. RESULTADOS DE LOS BENEFICIOS BASADOS EN ESQUEMA DEL PLAN DE ACCIÓN PARA EL DESARROLLO DE LA TECNOLOGÍA 5G EN HONDURAS

Tal como se expuso en la sección 5.2 relacionado al análisis del plan de acción, aquí se muestran algunos puntos en donde la tecnología de estudio presentara beneficios a corto plazo para nuestro país, entre ellos se detallan los siguientes:

- Diversidad de productos y servicios.
- Crecimiento de las redes actuales.
- Mejoras en el estilo de vida.
- Aumento en el PIB del país.
- Mejora en la competitividad del país en relación con otros.
- Mejoras tecnológicas para las ciudades concurridas.

5.3.1. DIVERSIDAD DE PRODUCTOS Y SERVICIOS

Este es uno de los beneficios más tangibles para los usuarios finales, puesto que el desarrollo de esta tecnología permite un sin número de servicios con el IoT, esto aumentaría la competitividad entre proveedores lo que podría abaratar los costos de obtención de los

servicios y crear mejores planes que se acomoden a todos bolsillos. Con esto se incentiva aún mas el mercado de las telecomunicaciones en Honduras, ya que actualmente solo el 10% de la densidad de abonados cuentan con un plan de servicios Post-Pago y un 90% con un plan de servicios Pre-Pago.

5.3.2. CRECIMIENTO DE LAS REDES ACTUALES

Con el IoT aumenta la demanda de servicios y el crecimiento de la infraestructura de red, ya que la tecnología 5G requiere en si una conexión de altas de transferencia con poca latencia y que se utilice anchos de banda mayores a los existentes, lo que obliga a los proveedores del servicio a distribuir en cada rincón de la ciudad las células requeridas para su cobertura, puesto que la tecnología también acepta todo tipo de dispositivos dentro de su red que cuenten con los protocolos 5G necesarios.

5.3.3. MEJORAS EN EL ESTILO DE VIDA

Banda ancha mejorada, lo que permite un mejor acceso a las redes de información, así como mejoras en la calidad de video conferencias grupales, control remoto en tiempo real de dispositivos o maquinaria, vehículos autónomos. En el campo de la salud se hace mención sobre la nueva modalidad de consultas llamadas "telemedicina", recuperación remota y terapias físicas a través de RA, cirugías de precisión e incluso cirugía remota. Los hospitales también pueden crear redes de sensores masivos para monitorear pacientes os médicos pueden prescribir píldoras inteligentes para hacer un seguimiento del cumplimiento y las aseguradoras pueden incluso monitorear a los suscriptores para determinar los tratamientos y procesos apropiados, los ecosistemas conectados, que facilitarán un procesamiento de datos más rápido y complejo, permitirán el control de infraestructuras críticas, una mejor administración de espacios, control de emisiones contaminantes, así como la gestión remota de actividades en entornos de riesgo.

5.3.4. AUMENTO EN EL PIB DEL PAÍS.

Se prevé que la digitalización de las industrias en la región abrirá un mercado con valor aproximado de US\$21,000 millones en 2020, a causa del interés generalizado de los sectores

productivos por el 5G, El 90% de las empresas que lideran la nueva economía digital emergieron de países que adoptaron 4G de manera temprana. Latinoamérica se rezagó entonces, pero eso no significa que suceda lo mismo con el 5G. La infraestructura crítica que podría igualar las oportunidades para desarrollo económico y que podría potenciar el PIB en más de un 5%.

En la ilustración 27 se muestra un fragmento del último informe trimestral de 2019 emitido por El Banco Central de Honduras, indica que el área de las Comunicaciones con la tecnología 4G presenta un crecimiento de 3.08% anual en el PIB.

Anexo 1
Serie Desestacionalizada: Producto Interno Bruto Trimestral por Actividad Económica, valores constantes^V
(Millones de lempiras)

Actividad Económica	2017 ^{VI}					2018 ^{VI}					2019 ^{VI}				
	I	II	III	IV	Anual	I	II	III	IV	Anual	I	II	III	IV	Anual
Agricultura, Ganadería, Caza, Silvicultura y Pesca	7,393	7,423	7,637	7,675	30,129	7,466	7,664	7,837	7,979	30,946	7,695	7,452	7,631	7,845	30,623
Explotación de Minas y Canteras	93	102	103	104	402	101	109	109	110	429	104	110	105	112	431
Industrias Manufactureras	9,921	9,934	10,158	9,830	39,843	10,190	10,379	10,331	10,472	41,372	10,522	10,498	10,571	10,657	42,248
Electricidad y Distribución de Agua	1,298	1,316	1,342	1,357	5,313	1,356	1,411	1,398	1,447	5,612	1,386	1,425	1,469	1,451	5,731
Construcción	1,472	1,516	1,556	1,594	6,139	1,580	1,613	1,686	1,684	6,563	1,642	1,607	1,612	1,675	6,536
Comercio; Hoteles y Restaurantes	5,838	5,972	6,048	6,080	23,938	6,182	6,241	6,264	6,309	24,996	6,344	6,396	6,459	6,506	25,705
Transporte y Almacenamiento	1,933	1,965	1,994	2,027	7,919	2,034	2,068	2,067	2,067	8,236	2,120	2,106	2,134	2,123	8,483
Comunicaciones	5,121	5,177	5,222	5,256	20,775	5,269	5,360	5,404	5,438	21,471	5,448	5,490	5,593	5,622	22,153
Intermediación Financiera, Seguros y Fondos de Pensiones	9,047	9,096	9,283	9,640	37,065	9,698	9,773	9,790	10,110	39,371	10,474	10,497	10,820	11,002	42,792
Propiedad de Vivienda; Actividades Inmobiliarias y Empresariales	4,074	4,127	4,136	4,191	16,528	4,184	4,222	4,259	4,282	16,947	4,364	4,371	4,414	4,421	17,570
Administración Pública y Defensa	2,618	2,584	2,553	2,623	10,378	2,689	2,593	2,616	2,644	10,543	2,748	2,617	2,646	2,689	10,700
Servicios de Enseñanza; Servicios Sociales y de Salud	3,858	3,891	3,905	3,938	15,592	3,979	3,999	4,003	4,042	16,022	4,080	4,111	4,094	4,140	16,425
Servicios Comunitarios, Sociales y Personales	1,248	1,210	1,251	1,271	4,981	1,263	1,251	1,293	1,293	5,099	1,321	1,364	1,326	1,368	5,380
Menos: Servicios de Intermediación Financiera Medidos Indirectamente (SIFMI)	7,330	7,316	7,392	7,667	29,705	7,780	7,849	7,918	8,050	31,597	8,320	8,346	8,483	8,676	33,826
Valor Agregado Bruto a precios básicos	46,584	46,999	47,797	47,919	189,298	48,211	48,834	49,140	49,827	196,012	49,929	49,698	50,392	50,935	200,953
Más: Impuestos netos de subvenciones sobre la producción y las importaciones	4,504	4,428	4,465	4,366	17,763	4,599	4,755	4,612	4,738	18,704	4,766	4,822	4,890	4,980	19,458
Producto Interno Bruto a precios de mercado	51,088	51,427	52,262	52,285	207,061	52,810	53,589	53,752	54,565	214,716	54,695	54,519	55,282	55,915	220,412

Fuente: División de Cuentas Nacionales, Departamento de Estadísticas Macroeconómicas, BCH.
^V Las series del Producto Interno Bruto Trimestral han sido armonizadas conforme a los resultados del Cuadro Oferta y Utilización (COU) 2017, lo que a su vez generó un nuevo nivel anual por suma de trimestres en 2018 y la actualización de los trimestres de 2019, derivado del proceso de armonización y extrapolación con el benchmarking.
^{VI} Revisado ^{VI} Preliminar

Subgerencia de Estudios Económicos
Departamento de Estadísticas Macroeconómicas

Ilustración 27. Producto Interno Bruto Trimestral por Actividad Económica, valores constantes (Millones de Lempiras).

Fuente: ((BCH), 2020)

5.3.5. MEJORA EN LA COMPETITIVIDAD DEL PAÍS EN RELACIÓN CON OTROS

Como se puede apreciar en el punto anterior, la industria de la comunicación siempre va en aumento, ya que cada vez se presentan más dispositivos que requieren acceso a la red para poder comunicarse (demanda), es por eso que mejora la competitividad del país en relación

con otros, ya que una nueva tecnología atrae nuevos inversionistas que desean desarrollar negocios en la nueva economía digital.

5.3.6. MEJORAS TECNOLÓGICAS PARA LAS CIUDADES CONCURRIDAS

las ventajas de tener un canal que no solo transmite más rápido los datos, sino que también soporta muchos más datos en el mismo canal va a permitir que muchas ciudades comiencen a convertirse en Smart Cities

¿Por qué serán ciudades inteligentes?, pues se les dice así porque tendrán la capacidad de tener sistemas inteligentes conectados a la red 5G, por ejemplo, será posible mejorar el sistema de tránsito a través de algoritmos conectados a la red que controlen de manera más rápida e inteligente los semáforos de los lugares más transitados.

Podríamos tener un sistema de vigilancia más avanzado y también conectado a la red, los coches que cuenten con la capacidad de conectarse a la red podrían recibir información para trazar una ruta mucho más eficiente, podríamos tener un sistema de recolección de basura no sólo autónomo sino también más inteligente.

Por otro lado, todo esto también será posible gracias a un trabajo en conjunto con la inteligencia artificial, pues la IA será uno de los pilares de la red 5G y las ciudades inteligentes

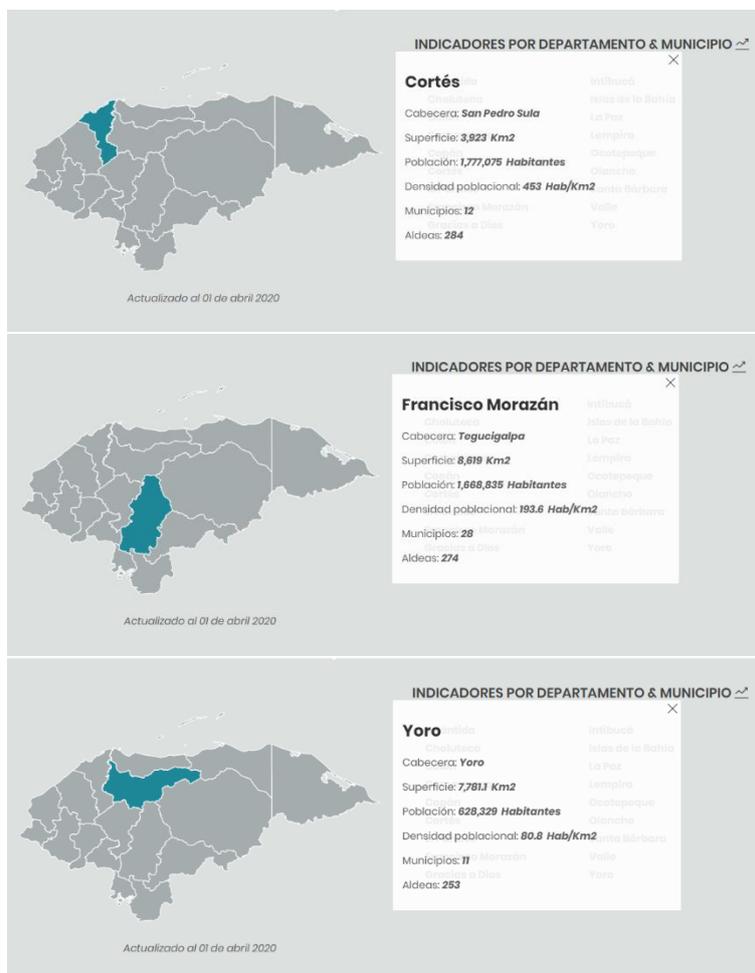
5.4. ESTUDIO DE POBLACIÓN.

Para el estudio de la población a la cual irá orientada esta tecnología una vez sea implementada, se consideró las cabeceras de los cinco departamentos más poblados del país, según datos del INE, Instituto Nacional de Estadística actualizado hasta el 1 de abril de 2020.

Departamento	Total de población
Cortés	1,777,075
Francisco Morazán	1,668,835
Yoro	628,329
Olancho	576,912
Comayagua	559,498
El Paraíso	493,681
Atlántida	484,359
Choluteca	473,932
Santa Bárbara	467,887
Copán	411,445
Lempira	362,354
Colón	344,109
Intibucá	263,847
La Paz	223,644
Valle	189,136
Ocatepeque	164,775
Gracias a Dios	103,769
Islas de la Bahía	74,484

Tabla 1. Densidad de población por departamento

Fuente: (Estadísticas, 2020)



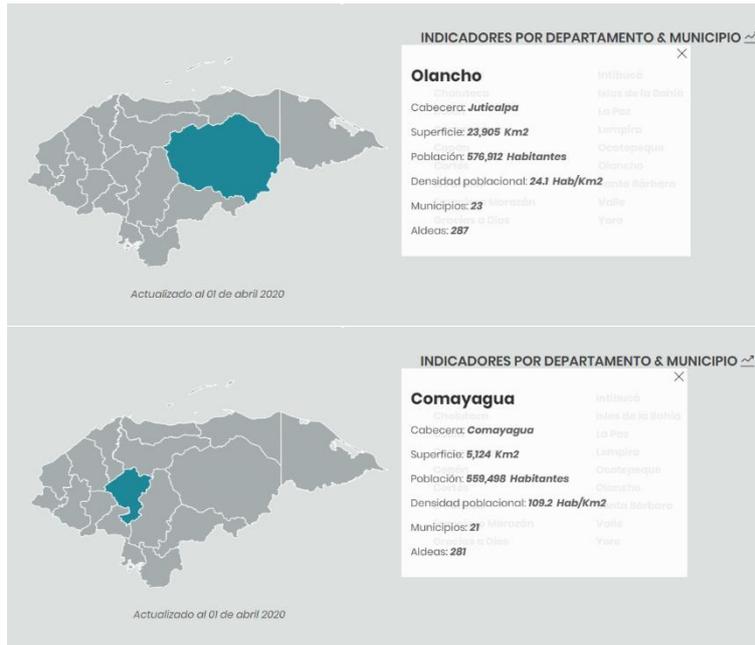


Ilustración 28. Indicadores de densidad poblacional según INE 2020

Fuente: (Estadísticas, 2020)

En la ilustración 29 podemos observar que para la red proveedora TIGO, notamos que el 40% de la ciudad cuenta con cobertura 4G+ y un 80% cuenta con cobertura 4G LTE, un 25% con cobertura 3G y una cobertura 2G prácticamente inexistente, esto nos ayuda a considerar a San Pedro Sula como uno de los nichos de mercador ideales para comenzar con la implementación 5G.

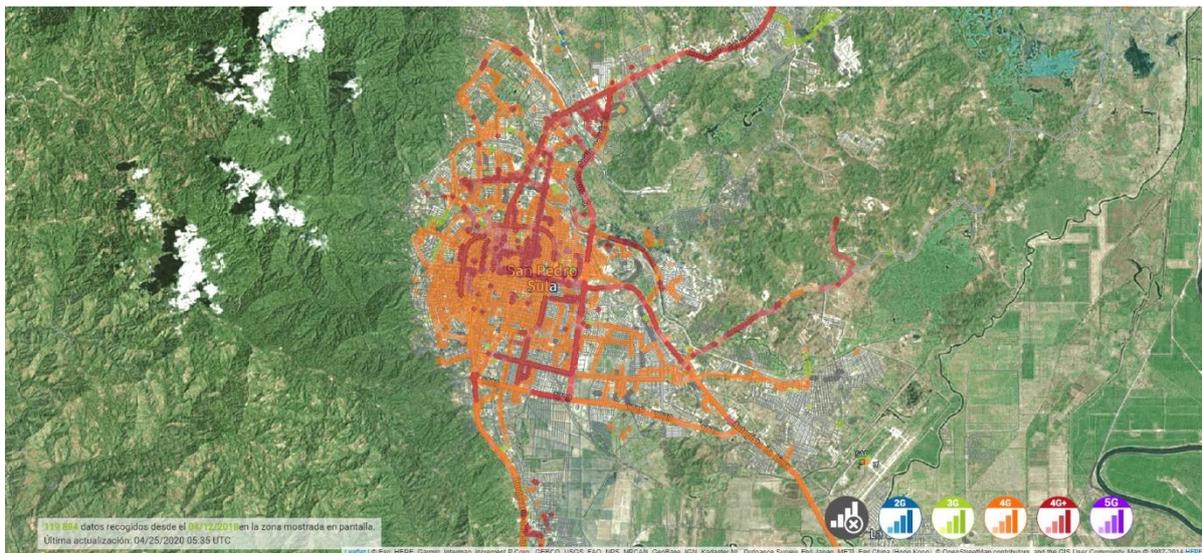


Ilustración 29. Cobertura red 4G LTE y 4G + operador Tigo en San Pedro Sula

Fuente: (NPerf, 2020)

En la ilustración 30 podemos observar que para la red proveedora Claro, notamos que el 5% de la ciudad cuenta con cobertura 4G+, un 95% con cobertura 4G LTE, un 40% en cobertura 3G y de igual manera que con el operador TIGO, una red 2G prácticamente nula, esto nos demuestra que el nicho de mercado para el 5G es bastante grande.

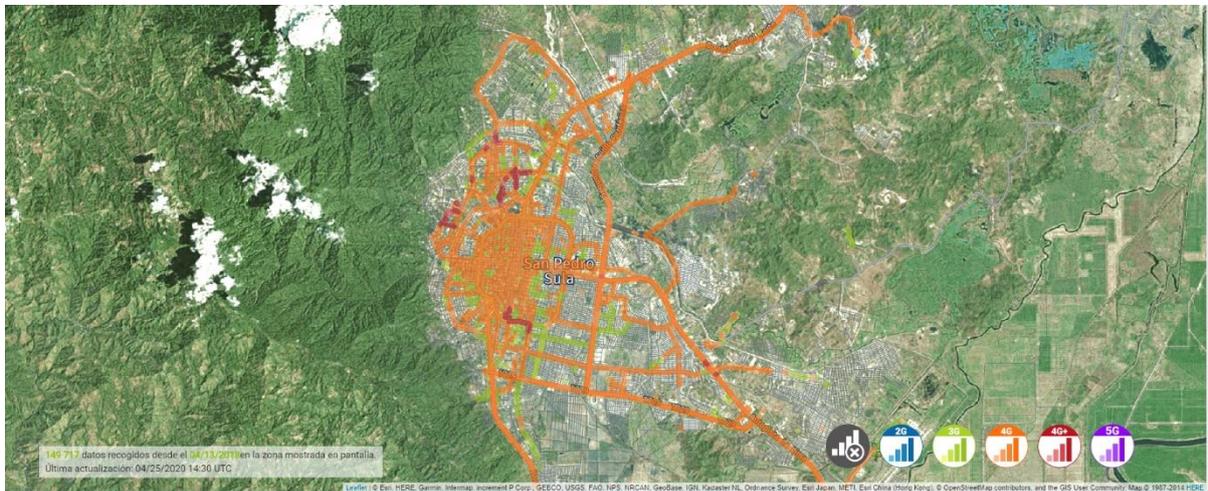


Ilustración 30. Cobertura red 4G LTE y 4G + operador Claro en San Pedro Sula
Fuente: (NPerf, 2020)

En la ilustración 31 podemos observar que para la red proveedora Tigo, notamos que el 30% de la ciudad cuenta con cobertura 4G+, un 90% con cobertura 4G LTE, un 15% en cobertura 3G y de igual manera que en la ciudad de San Pedro Sula, una red 2G prácticamente nula dentro de la ciudad, esto nos demuestra que el nicho de mercado para el 5G es bastante grande.

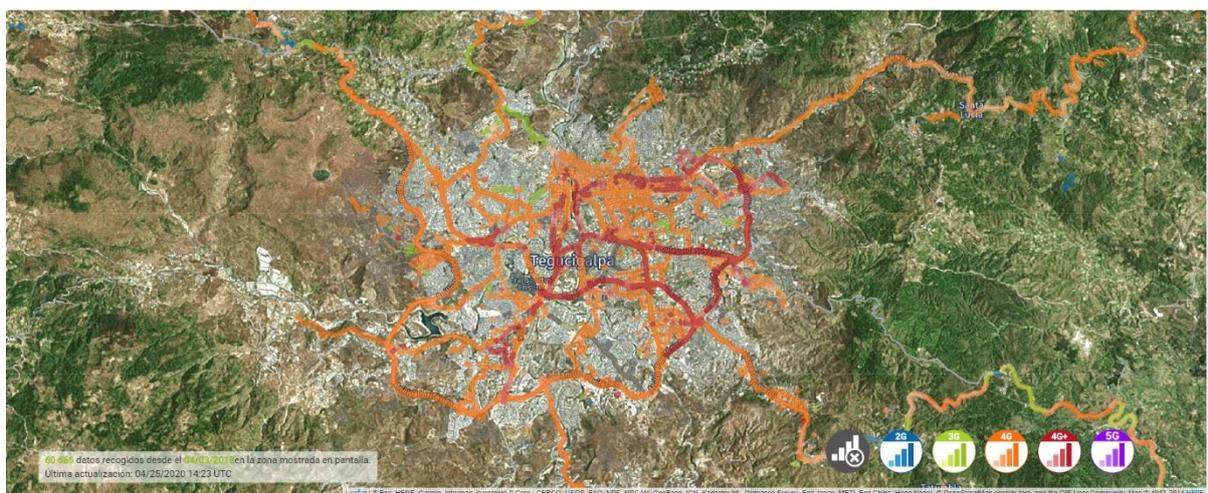


Ilustración 31. Cobertura red 4G LTE y 4G + operador Tigo en Tegucigalpa
Fuente: (NPerf, 2020)

En la ilustración 32 podemos observar que para la red proveedora Claro, notamos que el 3% de la ciudad cuenta con cobertura 4G+, un 95% con cobertura 4G LTE, un 25% en cobertura 3G (en las afueras de la ciudad en su mayoría) y de igual manera que en la ciudad de San Pedro Sula, una red 2G prácticamente nula dentro de la ciudad, esto nos demuestra que el nicho de mercado para el 5G es bastante grande.

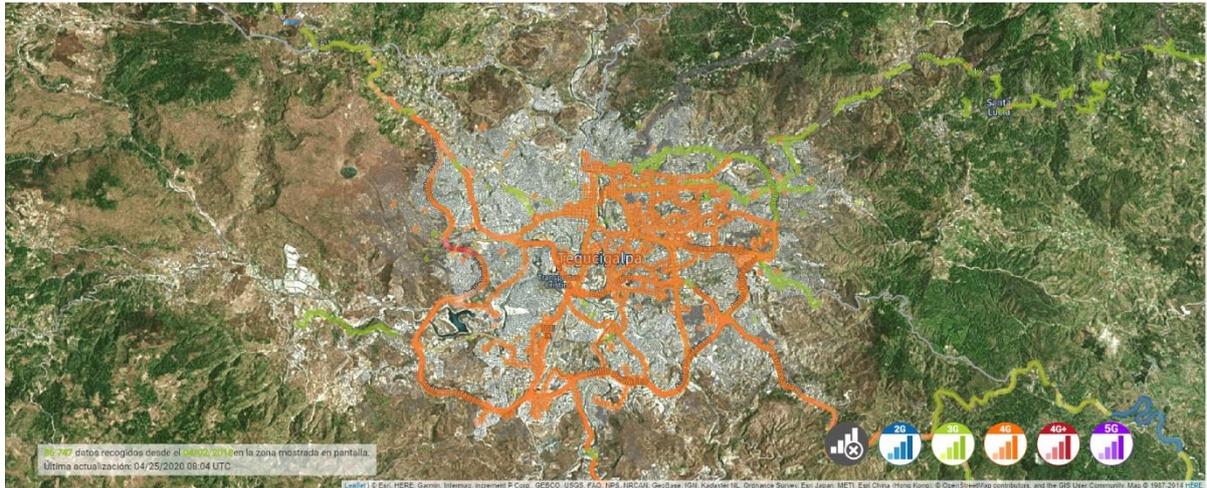


Ilustración 32. Cobertura red 4G LTE y 4G + operador Claro en Tegucigalpa

Fuente: (NPerf, 2020)

En la ilustración 33 Si bien la cabecera departamental de Yoro es la Ciudad de Yoro, notamos que la Ciudad de El Progreso presenta una densidad de red mucho mayor a la anteriormente mencionada, es por eso que se incluyó a la ciudad de El Progreso para este caso, como podemos ver en comparación a las ciudades de Tegucigalpa y San Pedro Sula, la densidad poblacional es mucho menor, en la ilustración 33 notamos que no cuenta con cobertura 4G+, un 50% de cobertura 4G y 45% cobertura 3G, aun notamos una leve presencia de cobertura 2G más que todo en las salidas de la ciudad.

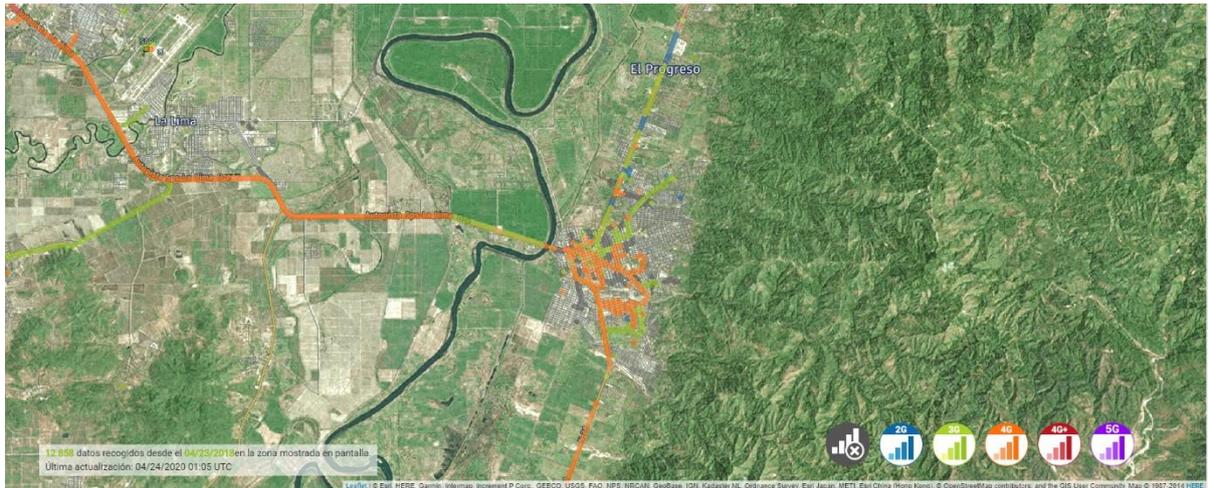


Ilustración 33. Cobertura red 4G LTE y 4G + operador Tigo en El Progreso

Fuente: (NPerf, 2020)

En la ilustración 34 notamos que la red del operador Claro es un poco mayor a la del Operador Tigo en la ciudad de El Progreso, la red 4G cuenta con una cobertura del 40% y un 35% de cobertura para la red 3G y un 5% para la red 2G.



Ilustración 34. Cobertura red 4G LTE y 4G + operador Claro en El Progreso

Fuente: (NPerf, 2020)

En cuanto a la ilustración 35 notamos que la ciudad de Juticalpa concentra una poca cobertura de red, siendo prácticamente el 4G la red predominante, en el caso de Juticalpa se descarta por el momento para ser considerada la implementación 5G.

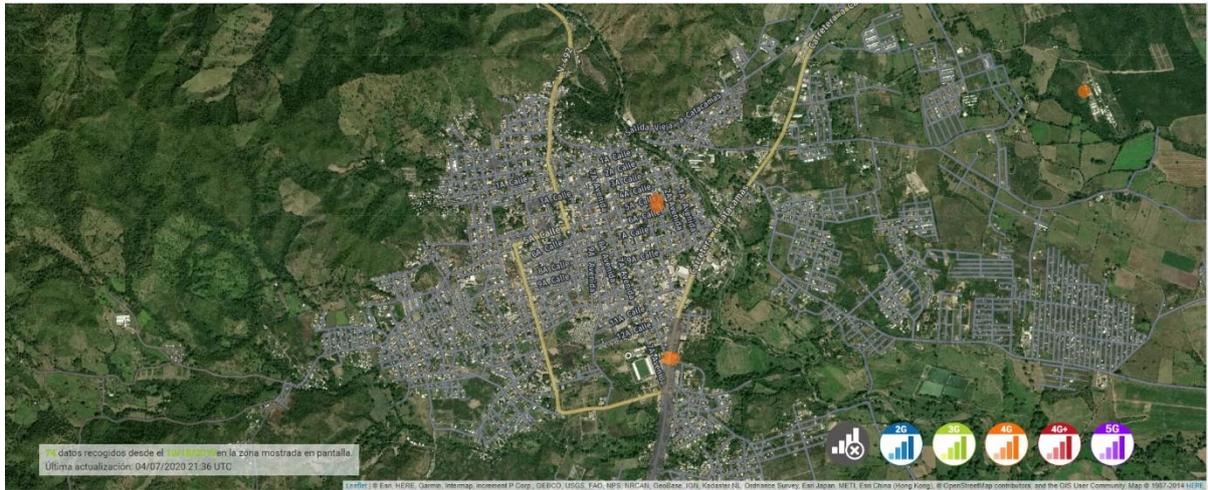


Ilustración 35. Cobertura red 4G LTE y 4G + operador Tigo en Juticalpa

Fuente: (NPerf, 2020)

En cuanto a la ilustración 36 notamos la poca cobertura de red con el operador Claro, siendo prácticamente el 4G la red predominante al igual que Tigo, en el caso de Juticalpa se descarta por el momento para ser considerada la implementación 5G.

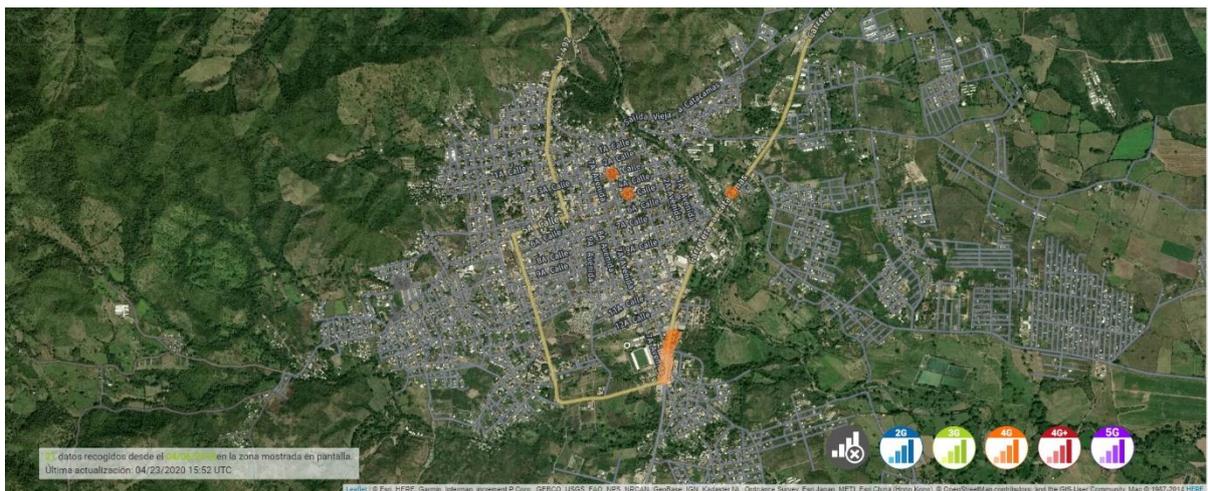


Ilustración 36. Cobertura red 4G LTE y 4G + operador Claro en Juticalpa

Fuente: (NPerf, 2020)

En la Ilustración 37 la ciudad de Comayagua presenta un 95% de cobertura 4G, 5% de cobertura 4G+ con el operador Tigo, si bien la densidad poblacional de Comayagua es menor a la de Juticalpa, esta estratégicamente ubicada en el corredor central de Honduras CA-5 es por lo que la red 5G es necesaria para esta ciudad.

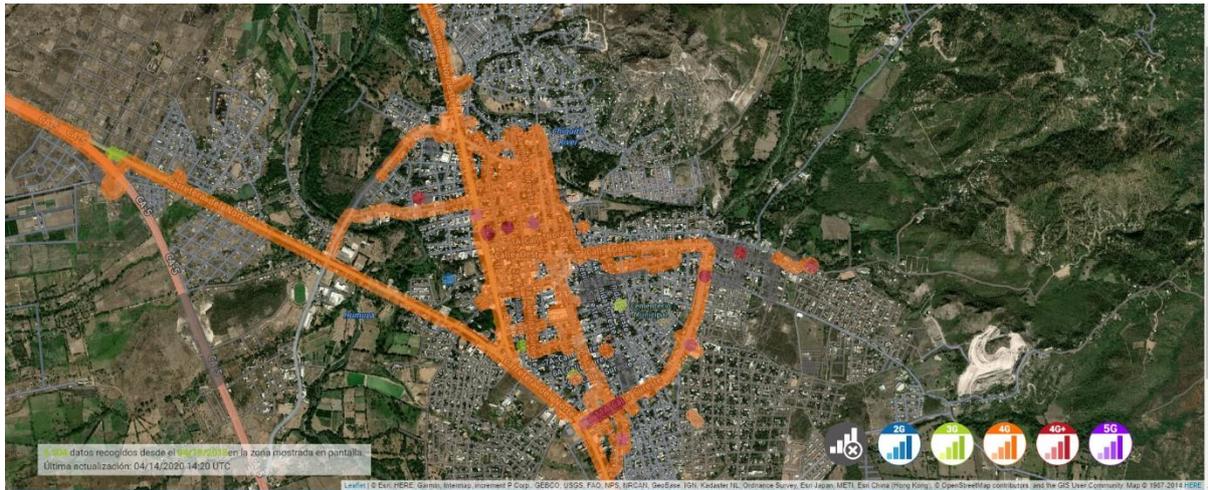


Ilustración 37. Cobertura red 4G LTE y 4G + operador Tigo en Comayagua
 Fuente: (NPerf, 2020)

En la ilustración 38 para el operador claro notamos que el 80% de la red es 4G y un 20% de la red es 3G. al igual que lo indicado en la ilustración anterior se recomienda la cobertura 5G para la ciudad.



Ilustración 38. Cobertura red 4G LTE y 4G + operador Claro en Comayagua
 Fuente: (NPerf, 2020)

VI. CONCLUSIONES

1. Se espera que la 5G desempeñe un papel fundamental en las economías digitales, fomentando el crecimiento económico, mejorando las experiencias vitales de los ciudadanos y creando nuevas oportunidades comerciales.
2. A pesar de los beneficios antes mencionados, cabe actuar con precaución al exponer argumentos comerciales a favor de la 5G y decidir si esta tecnología constituye una prioridad económica real. Las decisiones en materia de inversión en 5G deben fundamentarse en argumentos sólidos.
3. Honduras debe urgentemente considerar el desarrollo estas nuevas tecnologías a fin de no crear ningún desfase tecnológico en la región que le perjudique de manera significativa en los próximos años.
4. Es preciso revisar el enfoque normativo, gubernamental y de las autoridades locales en materia de política digital para impulsar la implantación de las redes 5G, por ejemplo, garantizando un acceso asequible a los activos públicos. De esta forma, los argumentos comerciales a favor de la inversión en infraestructura de células pequeñas y espectro 5G se verían reforzados

VII. RECOMENDACIONES

6.1. A LA COMISIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (CONATEL)

7. La mejora de su página web, así como de su contenido el cual se encuentra desfazado y desactualizado en su mayoría.
8. La apertura de esta institución a los estudiantes o personas interesadas en el tema de las comunicaciones.
9. Mejorar el canal de consultas.
10. Publicar contenido de carácter técnico, como ser diplomados, capacitaciones, etc.
11. No publicar contenido de carácter político que distorsione el papel fundamental de dicha institución.

13.2. A LA UNIVERSIDAD

1. Incluir la clase de metodología de la investigación para las ingenierías, puesto que este tema es extenso y es casi imposible cubrirlo en el tiempo destinado para el desarrollo de la clase Fase I.
2. Crear convenios o alianzas con las empresas locales para que estas sean flexibles al momento de el desarrollo de la práctica profesional en las mismas.
3. Crear laboratorios o clases con enfoque técnico que estén orientadas a escenarios reales dentro del rubro de las telecomunicaciones.
4. Crear clases que incluyan diplomados en las marcas que se encuentren en el rubro como Cisco, Mikrotik, Ubiquity, Cambium, entre otros.
5. Crear alianzas o convenios educativos con las instituciones estatales a fin de las carreras en curso.

BIBLIOGRAFÍA

1. (BCH), B. C. (2020). *INFORME DEL PRODUCTO INTERNO BRUTO TRIMESTRAL IV TRIMESTRE 2019*. Subgerencia de Estudios Económicos Departamento de Estadísticas Macroeconómicas.
2. 3GPP. (2020). <http://www.3gpp.org/>. Obtenido de <http://www.3gpp.org/specifications/releases>
3. 3GPP. (2020). <https://www.3gpp.org/>. Obtenido de <https://www.3gpp.org/about-3gpp/about-3gpp>
4. 3GPP. (2020). <https://www.3gpp.org/>. Obtenido de <https://www.3gpp.org/DynaReport/38-%20series.html>
5. Albentia Systems. (25 de Marzo de 2008). *Radioenlaces en entornos marinos*. Recuperado el 5 de Nov de 2019, de sitio web de Albentia Systems: http://www.albentia.com/Docs/AN/ALB-A-030051sp_Transmisiones%20Acuaticas.pdf
6. Álvarez, S. P. (2004). *Propagacion de RF*. Obtenido de Bibliotecas UDLAP: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/peredo_a_s/capitulo1.pdf
7. Baca. (2006).
8. Baca, G. (2006). *Evaluacion de proyectos* ((5a. ed.) ed.). Distrito Federal, México: McGraw Hill Interamericana.
9. Chasteaneuf. (2009).
10. Chile, U. d. (s.f.). <https://aprendizaje.uchile.cl/>. Obtenido de <https://aprendizaje.uchile.cl/recursos-para-leer-escribir-y-hablar-en-la-universidad/escribir-la-tesis/profundiza-en-la-tesis/como-escribir-los-resultados-en-una-tesis/>
11. CONATEL. (2019). *Desempeño Del Sector De Telecomunicaciones En Honduras*. Comayagua.
12. Domingo, A. A. (2013). En A. A. Domingo, *Redes Locales*. McGraw-Hill.
13. Estadísticas, I. N. (2020). <https://www.ine.gob.hn/>. Obtenido de <https://www.ine.gob.hn/V3/>
14. Gemalto. (2018). <https://www.gemalto.com/latam>. Obtenido de <https://www.gemalto.com/brochures-site/download-site/Documents/tel-5G-networks-QandA-es.pdf>
15. <https://www.cpomagazine.com/>. (s.f.). <https://www.cpomagazine.com/>. Obtenido de https://www.cpomagazine.com/wp-content/uploads/2019/07/chinese-hackers-demonstrate-their-global-cyber-espionage-reach-with-breach-at-10-of-the-worlds-biggest-telecoms_1500.jpg
16. Huawei. (s.f.). <http://www.huawei.com>. Obtenido de <http://www.huawei.com/en/about-huawei/public-policy/5g-spectrum>
17. ITU. (2018). *Sentando las bases para la 5G: Oportunidades y desafíos*.
18. Leija, G., Lopez, J. L., & Iturii, L. (2013). Metodología para el cálculo adecuado de las alturas de antenas en un radioenlace de microondas en Línea Vista. *Revista Electrónica Nova Scientia*, 12.

19. Lopez, A. (2016). *Diseño de Torres de Telecomunicacion*. Universidad Nacional Autonoma de Mexico.
20. Martinez, J. (Noviembre de 2018). *www.medium.com*. Obtenido de <https://medium.com/@jlmartinez.es/qu%C3%A9-es-un-radioenlace-159ab9a66775>
21. NPerf. (2020). <https://www.nperf.com/>. Obtenido de <https://www.nperf.com/>
22. Optimization, R. C. equipment installation &. (s.f.). *Shelter Para Telecomunicaciones*.
23. Paz, B. (2014). *Metodologia de la investigacion*.
24. Perez, H. (2004). *Introduccion a las Telecomunicaciones Modernas*. Ciudad de Mexico.
25. Propia. (s.f.). *Marco Montes*. Propia.
26. Roberto Sampieri, C. C. (2010). *Metodologia de la Investigacion*. Mexico D.F.: McGRAW-HILL.
27. Ruesca, P. (Septiembre de 2016). *Radio Comunicaciones*. Obtenido de <http://www.radiocomunicaciones.net/radio/radio-enlace-que-es-un-radioenlace/>
28. Sizon, H. (2005). *Radio Wave Propagation for Telecommunication Applications*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
29. Staff, S. (2017). <https://www.sdxcentral.com/>. Obtenido de <https://www.sdxcentral.com/5g/definitions/5g-standards/>
30. TrippLite. (s.f.). <https://www.tripplite.com/>. Obtenido de <https://www.tripplite.com/rack-25u-de-marco-abierto-de-2-postes~SR2POST25>
31. Ubiquiti. (s.f.). <https://www.ui.com>. Obtenido de <https://www.ui.com/airfiber/airfiber-11fx/>
32. Villagómez, C. (s.f.). <https://es.ccm.net/>. Obtenido de <https://es.ccm.net/contents/818-redes-inalambricas#tipos-de-redes-inalambricas>
33. Wayne, T. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. Mexico: Pearson Educacion.
34. WifiSafe. (2018). *www.wifisafe.com*. Obtenido de <https://www.wifisafe.com/blog/antenas/>