

**ASPECTOS BÁSICOS DE PLANEACIÓN, DISEÑO Y REGULACIÓN DE REDES
DE CUARTA GENERACIÓN EN TELECOMUNICACIONES**

HÉCTOR GUILLERMO LONDOÑO VELÁSQUEZ

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA DE ENVIGADO
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
ENVIGADO

2012

**ASPECTOS BÁSICOS DE PLANEACIÓN, DISEÑO Y REGULACIÓN DE REDES
DE CUARTA GENERACIÓN EN TELECOMUNICACIONES**

Presentado por:
HÉCTOR GUILLERMO LONDOÑO VELÁSQUEZ

Trabajo de grado para optar el título de
INGENIERO ELECTRÓNICO

Asesor
LUIS ALIRIO RUIZ MUÑOZ
Ingeniero Electricista
Especialista en Gerencia de Proyectos

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA DE ENVIGADO
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
ENVIGADO**

2012

DEDICATORIA

Dedico todos estos años de entrega y esfuerzo a los seres que más amo, a mi madre Piedad Velásquez y mi tío Eliseo Velásquez que es mi padre putativo, y mi Abuela Ana Arango que desde el cielo estará feliz por este logro, y a todos aquellos que han estado pendientes de mi.

Durante todo este tiempo me he dado cuenta que no me he equivocado al elegir la carrera.

Guillermo Londoño

AGRADECIMIENTOS

Mi familia que siempre se ha preocupado y que han visto esta carrera como eterna.

A mi asesor Alirio Ruiz con su infinita paciencia y dedicación.

A las directivas que mantuvieron su fe en mí

A la Institución Universitaria de Envigado por aportar conocimiento.

CONTENIDO

	Pág.
GLOSARIO	13
RESUMEN	17
ABSTRACT	18
INTRODUCCIÓN	19
1. PRESENTACIÓN DEL TRABAJO	20
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
1.2. OBJETIVOS	21
1.2.1. Objetivo general	21
1.2.2. Objetivos específicos	21
1.3. JUSTIFICACIÓN	22
1.4. DISEÑO METODOLÓGICO	23
1.5. PRESUPUESTO	24
1.6 CRONOGRAMA	27
2. MARCO DE REFERENCIA	28
2.1. ANTECEDENTES DE LOS ASPECTOS BÁSICOS DE PLANEACIÓN, DISEÑO Y REGULACIÓN DE 4G EN TELECOMUNICACIONES	28
2.2. MARCO TEÓRICO	31
2.2.1. Espectro electromagnético	31
2.2.2. Administración del espectro electromagnético	32
2.2.3. Gestión y control del espectro radioeléctrico	32
2.2.4. Estructura y Manejo del cuadro nacional de atribución de bandas	32

2.2.5. Manejo de formatos del Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias.....	34
2.2.6. Elementos primarios de la planeación.....	35
2.3. MARCO CONCEPTUAL	36
2.3.1. Capa de conectividad primaria.....	36
2.3.2. Capa de acceso	36
2.3.3. Capa de servicio.....	37
2.3.4. Capa de gestión	37
2.3.5. Entidades normalizadoras.....	37
2.3.5.1. UIT.....	38
2.3.5.2. ETSI.....	38
2.3.5.3. ATIS.....	38
2.3.5.4. IETF	39
2.3.6. Funcionamiento de los sistemas celulares.....	39
2.3.7. Tendencias regulatorias	40
2.3.7.1. Reino Unido.....	40
2.3.7.2. Indonesia	41
2.4. LO QUE REQUIEREN LAS REDES FUTURAS DE 4G.....	42
3. DIAGNÓSTICO ACTUAL DE REDES ANTERIORES A 4G	44
4. EVALUACIÓN LAS DIFERENTES TECNOLOGÍAS.....	49
4.1. DIVISIÓN DE CELDAS	49
4.2. REDES FIJAS	50
4.3. FUNCIÓN DE LOCALIZACIÓN	50
4.4. FUNCIÓN HANDOVER	50
4.5. ENTORNO DE COBERTURA EN REDES CELULARES CONVENCIONALES	51
4.6. CALIDAD DE CAPACIDAD	52

4.7. CALIDAD EN COBERTURA.....	52
4.8. ASPECTOS BÁSICOS DE LA CALIDAD	53
4.9. PLANIFICACIÓN DE REDES CELULARES CONVENCIONALES	53
5. ASPECTOS BÁSICOS DE LAS REDES 4G PLANEACIÓN, EVOLUCIÓN Y REGULACIÓN	57
5.1. ASPECTOS BÁSICOS DE PLANIFICACIÓN	57
5.1.1. Beneficio e innovación para las redes 4G	57
5.1.2. Aspectos básicos para servicios de voz.....	58
5.1.2.1 Servicio de localización y presencia	59
5.1.2.2. Publicidad personalidad.....	60
5.1.2.3. Evolución de la salud.....	60
5.1.2.4. Diagnóstico automotriz	60
5.1.2.5 Optimización de consumo de energía	61
5.2. FUNDAMENTOS A CONTEMPLAR EN EL DISEÑO Y PLANEACIÓN DE REDES 4G.....	61
5.3. ASPECTOS BÁSICOS DE LA PLANEACIÓN DEL ESPECTRO.....	63
5.3.1. Principios de la planeación que se analizan.....	64
5.3.2. Proyección de ancho de banda por cliente	64
5.3.3. Evolución de las redes móviles	65
5.3.4. Estrategia del Gobierno Nacional al 2014	67
5.3.5. Tendencias del mercado a nivel internacional para redes fijas	67
5.3.6. Tendencias del mercado a nivel internacional para móviles	68
5.3.7. Tendencias tecnológicas de transporte de telecomunicaciones	69
5.3.8. Planeación de la red de transporte.....	71
6. ANÁLISIS DE RETOS, REGULACIÓN Y PROYECCIÓN DE REDES 4G	73
6.1 RETOS DE 4G.....	73
6.2 ASPECTOS BÁSICOS DE REGULACIÓN	74

6.2.1 Regulación en Roaming	74
6.2.2. Regulación según la Constitución Política de Colombia.	75
6.3. PROYECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA 4G	76
6.3.1. Características de las redes 4G	76
6.3.2. Proyección de participación por acceso para año 2012 y futuro	77
6.3.3. Índice de penetración en servicios móviles al 2012	77
6.3.4. Proyección de regulación para nueva ley en año 2013.....	79
6.3.5. Proyección de antenas y patrones nuevos de radiación	80
6.3.6. Proyección de topologías de 4G	81
6.3.7. Tecnologías claves para 4G.....	81
6.3.7.1. OFDM (multiplexión por división ortogonal de frecuencia)	81
6.3.7.2. Equipo de radio definido por programa.....	83
6.3.7.3. Entrada múltiple/salida múltiple (MIMO)	83
6.3.7.4. Evolución de los servicios 4G	84
6.3.7.5. Transferencia y Movilidad.....	84
6.3.7.6. Plataforma móvil del 2010 al 2016.....	85
6.3.7.7. Espectro requerido por proveedor para 4G al año 2016.....	86
6.3.7.8. Proyección de suscriptores en redes móviles al año 2017	87
7. CONCLUSIONES	89
8. RECOMENDACIONES	90
BIBLIOGRAFÍA	91

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Presupuesto global del trabajo de grado	24
Tabla 2. Descripción de los gastos de personal	24
Tabla 3. Descripción del material y suministros	25
Tabla 4. Descripción de las salidas de campo	25
Tabla 5. Descripción de la bibliografía	25
Tabla 6. Descripción de equipos	26
Tabla 7. Descripción de publicaciones	26
Tabla 8. Evolución de las redes móviles	30
Tabla 9. Características de redes celulares	52
Tabla 10. Tipo de servicio y tiempo de demora en la descarga según la tecnología aplicada	66

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Exabytes por año	68
Gráfica 2. Exabytes por año	69
Gráfica 3. Participación por tipos de acceso –Segundo trimestre 2012–	77
Gráfica 4. Abonados e índices de penetración de telefonía móvil	78
Gráfica 5. Comportamiento de usuarios por proveedor de servicios móviles.....	78
Gráfica 6. Requerimiento del espectro	87
Gráfica 7. Comportamiento que tendrán los operadores.....	88

LISTA DE IMÁGENES

	Pág.
Imagen 1. Espectro Electromagnético.....	31
Imagen 2. Distribución mundial de zonas para atribución de bandas de frecuencia	33
Imagen 3. Formato general de cuadro nacional de atribución de bandas	34
Imagen 4. Descriptores de cómo se realiza una llamada desde dispositivos móviles	40
Imagen 5. Topología objetivo	43
Imagen 6. Comunicación móvil	44
Imagen 7. Construcción y diseño de redes.	45
Imagen 8. Redes por Generación	46
Imagen 9. Utilización antenas	47
Imagen 10. Convergencia de redes	47
Imagen 11. NGN	48
Imagen 12. División de celda en zonas.....	49
Imagen 13. Red fija asociada a un sistema celular	50
Imagen 14. Cambio de celda.....	51
Imagen 15. Usos de las celdas	55
Imagen 16. Llamada entre redes.....	59
Imagen 17. Ubicación de dispositivos	59
Imagen 18. Control vehicular.....	60
Imagen 19. Redes	62
Imagen 20. Futura red 4G	63
Imagen 21. Ancho de banda (BW)	65
Imagen 22. Retardo máximo de descarga de los servicios	66
Imagen 23. Componentes a considerar en la red de transporte.....	67
Imagen 24. Topología a utilizar para las redes.....	70

Imagen 25. Integración.....	71
Imagen 26. Evolución de las redes de transporte	72
Imagen 27. Escenarios para la asignación por medio de subasta en la tecnología 4G	79
Imagen 28. Macro celdas modificadas	80
Imagen 29. Patrones de radiación inteligentes.....	80
Imagen 30. Etapas de conexión de un servicio móvil de 4G	81
Imagen 31. OFDM.....	82
Imagen 32. Plataforma y su interacción con los servicios móviles	86

GLOSARIO

ADMINISTRACIÓN: Todo departamento o Servicio gubernamental responsable del cumplimiento de las obligaciones derivadas de la Constitución de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, del Convenio de la Unión Internacional de Telecomunicaciones y de los Reglamentos Administrativos (CS 1002). En el caso de Colombia la Administración le corresponde al Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones –MINTIC–.

ATRIBUCIÓN: Corresponde a la inscripción en el Cuadro de atribución de bandas de frecuencias, de una banda de frecuencias determinada, para que sea utilizada por uno o varios servicios de radiocomunicación terrenal o espacial o por el Servicio de radioastronomía en condiciones especificadas. Este término se aplica también a la banda de frecuencias considerada.

ADJUDICACIÓN: Inscripción de un canal determinado en un plan, adoptado por una conferencia competente, para ser utilizado por una o varias administraciones para un Servicio de radiocomunicación terrenal o espacial en uno o varios países o zonas geográficas determinados y según condiciones especificadas.

ASIGNACIÓN: Autorización que da una administración para que una estación radioeléctrica utilice una frecuencia o un canal radioeléctrico determinado en condiciones especificadas.

GESTIÓN Y CONTROL DEL ESPECTRO: Corresponde al conjunto de actuaciones y funciones administrativas, a cargo del Ministerio de Comunicaciones, dirigidas a organizar, distribuir, proporcionar, intervenir, fiscalizar e inspeccionar el espectro radioeléctrico, con el fin de alcanzar en todo momento y de manera permanente los propósitos y objetivos nacionales, así como cumplir las

políticas estatales; con sujeción a las fases. También comprende la administración del conjunto de instituciones, recursos y sistemas que se utilicen para el cumplimiento de dichas funciones y hagan posible el racional.

CUADRO DE ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIAS: En este cuadro se inscriben las bandas de frecuencias atribuidas a diferentes servicios de radiocomunicación terrenal o espacial o por el servicio de radioastronomía. Este cuadro señala la categoría, condiciones específicas y restricciones de los diversos servicios en el uso de las bandas de frecuencias que lo conforman.

CUADRO NACIONAL DE ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIAS: En este cuadro de atribución de bandas de frecuencias, se establece la utilización del espectro radioeléctrico sobre la base de prioridades nacionales, considerando las disposiciones del Reglamento de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).

MANUAL DE GESTIÓN DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO: Es un instrumento uniforme, público y objetivo en el cual se definen además de las directrices generales, los aspectos institucionales, jurídicos, técnicos y económicos, así como las normas y procedimientos administrativos necesarios para ejecutar la intervención, gestión y control integral del espectro radioeléctrico en todo el territorio nacional y para proyectar a corto, mediano y largo plazo el uso racional y eficiente de este bien.

EFFECTO UTIL: El efecto útil está determinado por la capacidad que tienen los usuarios para enviar y recibir información cuando se encuentran en una posición arbitraria dentro de la zona geográfica. El efecto útil será mayor cuanto mayor sea la cantidad de información que se puede transferir en un momento dado (o el volumen del tráfico dentro de la zona de servicio) y cuanto mayor sea la zona realmente accesible.

EFICIENCIA ESPECTRAL: la eficiencia espectral viene dada por la determinación de la eficacia espectral (EUE) de cada sistema en particular. Los sistemas con valores de EUE superiores son más eficientes en términos de utilización del espectro.

EFFECTIVIDAD ESPECTRAL: Un sistema de radiocomunicaciones será efectivo espectralmente en la medida que garantice alta eficacia y eficiencia espectral, mediante el compromiso de un efecto útil superior y un factor de utilización mínimo.

ESPECTRO RADIOELÉCTRICO: Conjunto de ondas radioeléctricas.

ESTACIÓN: Uno o más transmisores o receptores, o una combinación de transmisores y receptores, incluyendo las instalaciones accesorias, necesarios para asegurar un Servicio de radiocomunicación, o el Servicio de radioastronomía en un lugar determinado.

ESTACIÓN TERRENA: Estación situada en la superficie de la Tierra o en la parte principal de la atmósfera terrestre destinada a establecer comunicación, con una o varias estaciones espaciales; o con una o varias estaciones de la misma naturaleza, mediante el empleo de uno o varios satélites reflectores u otros objetos situados en el espacio.

INTERFERENCIA: Efecto de una energía no deseada debida a una o varias emisiones, radiaciones, inducciones o sus combinaciones sobre la recepción en un sistema de radiocomunicación, que se manifiesta como degradación de la calidad, falseamiento o pérdida de la información que se podría obtener en ausencia de esta energía no deseada.

RADICACIÓN: Flujo saliente de energía de una fuente cualquiera en forma de ondas radioeléctricas, o esta misma energía

SERVICIO DE RADIOCOMUNICACIÓN: Implica la transmisión, la emisión o la recepción de ondas radioeléctricas para fines específicos de telecomunicación. Todo servicio de radiocomunicación, salvo indicación expresa en contrario, corresponde a una radiocomunicación terrenal.

SERVICIO MÓVIL: Servicio de radiocomunicación entre estaciones móviles y estaciones terrestres o entre estaciones móviles (CV).

PROTOCOLO: conjunto de estándares que controlan la secuencia de mensajes que ocurren durante una comunicación entre entidades que forman una red.

POTENCIA: Siempre que se haga referencia a la potencia de un transmisor radioeléctrico, etc., ésta se expresará, según la clase de emisión, en una de las formas siguientes, utilizando para ello los símbolos convencionales que se indican:

- potencia en la cresta de la envolvente (PX o pX).
- potencia media (PY o pY).
- potencia de la portadora (PZ o pZ).

RED: Computadoras y/o dispositivos conectados por medio de cables, señales, ondas o cualquier otro método de transporte de datos, que comparten información (archivos), recursos y servicios.

RESUMEN

Afrontar un problema implica que se aborde desde la necesidad sentida para resolver la situación actual, el presente documento abarca un problema específico de necesidades de varias empresas u operadores de telecomunicaciones para entender y realizar la planeación de la tecnología de última generación como es la de cuarta generación para el año en curso.

Los constantes cambios tecnológicos hacen necesario contemplar una reestructuración tecnológica, en el transcurso del documento se plantea el problema fundamental, como realizar la planeación de las redes futuras y los alcances técnicos que se deben contemplar en la planeación, adicionalmente dado que no se cuenta con información disponible para todo público, se a borda desde este documento los principales componentes a considerar de tal forma que sean soporte técnico e ilustrativo para futuros trabajos de consulta e investigación.

Las nuevas tecnologías en servicios móviles de telecomunicaciones, requieren desarrollos electrónicos y de infraestructura física que los soporte, la documentación válida para consulta, registro y trabajos de implementación en la tecnología de 4G es escasa, frente a la necesidad de documentar los últimos avances logrados en esta tecnología.

La asignación del espectro electromagnético en una región o país, sin considerar la regulación y legislación que debe aplicarse, dado que el espectro es un bien finito y cuyo propietario es el Estado; genera la conformación de empresas monopólicas y con posición dominante en la región o país, si no se regula desde los entes de control, de allí que se tengan experiencias a nivel tecnológico que deben ser ilustradas y documentadas para que cada día la brecha informática respecto al tema 4G sea menor.

ABSTRACT

Tackling a problem implies that is approached from the felt need to resolve the current situation, this paper covers a specific problem needs several companies or telecommunications operators to understand and carry out the planning of the latest technology such as the fourth generation for the current year.

The constant technological changes make it necessary to contemplate a restructuring technology, during the paper considers the fundamental problem, as do the planning of future networks and the technical scope should be contemplated in the planning, since no further information is available for all age groups, is to document overboard from the main components to consider are such that support and illustrative for future reference and research.

New technologies in mobile telecommunications and electronic developments require physical infrastructure that support valid documentation for consultation, registration and implementation work in 4G technology is low, compared to the need to document the latest developments in this technology.

The allocation of the electromagnetic spectrum in a region or country, regardless of regulation and legislation to be applied, since the spectrum is a finite and owned by the State; generates the formation of companies and monopolistic dominance in the region or country, if not regulated from the control entities, hence they have experiences in technology to be illustrated and documented for each day that the digital divide on the issue is less 4G.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento exponencial de la tecnología inalámbrica, la asignación deliberada del espectro electromagnético, sin considerar las normas internacionales y las experiencias logradas en diferentes países, justifica este proyecto, dado que deja documentación de consulta para las futuras generaciones de estudiantes, que permite entre otras la planeación de las redes inalámbricas y el uso adecuado de las mismas.

Es fundamental conocer la evolución de las redes inalámbricas, es decir su histórico, de tal forma que sea evidencia de consulta y la razón de dejar plasmado en documentos universitarios la información que permita desarrollos tecnológicos a futuro, dado que toda la evolución será por medio de redes inalámbricas, con este documento se plantean las principales consideraciones a llevar a cabo en la planeación y regulación en cualquier región o país donde se desee aplicar la red de 4G.

La planeación y diseño de señales inalámbricas en una zona específica para obtener la cobertura deseada, requiere adecuar patrones de radiación mediante antenas multibanda que garanticen que una zona cuente la potencia requerida para el usuario del servicio, razón por la cual es fundamental plasmar en documentos de consulta, los aspectos fundamentales que se deben considerar a la hora de implementar servicios de 4G, logrando con ello un análisis técnico ideal.

1. PRESENTACIÓN DEL TRABAJO

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las nuevas tecnologías en servicios móviles de telecomunicaciones, requieren desarrollos electrónicos y de infraestructura física que los soporte, la documentación válida para consulta, registro y trabajos de implementación en la tecnología de 4G es escasa, frente a la necesidad de documentar los últimos avances logrados en esta tecnología.

Este trabajo sirve para que los Estudiantes de la Institución Universitaria de Envigado (IUE) puedan obtener desde la biblioteca interna, el material disponible para desarrollar consultas e implementaciones tecnológicas en las redes 4G.

En la implementación de soluciones de 4G, la infraestructura requerida para la puesta en marcha, requiere ilustración lógica y metódica, que pueda ser documento de consulta para las comunidades académica y sirva de referente para futuros trabajos de investigación.

El sector de las telecomunicaciones es constantemente cambiante dada las necesidades y soluciones que incorporan para suplir avances tecnológicos, lo cual conlleva a desarrollar este proyecto para suplir la necesidad de documentación que facilite la consulta histórica y evolutiva, para mejorar e incorporar nuevos desarrollos.

La asignación del espectro electromagnético en una región o país, sin considerar la regulación y legislación que debe aplicarse, dado que el espectro es un bien finito y cuyo propietario es el Estado; genera la conformación de empresas monopólicas y con posición dominante en la región o país, si no se regula desde los entes de control, de allí que se tengan experiencias a nivel tecnológico que

deben ser ilustradas y documentadas para que cada día la brecha informática respecto al tema 4G sea menor¹.

Ahora, de acuerdo a lo anterior, en este trabajo se plantea el siguiente interrogante: ¿Cuáles son los elementos, infraestructura y componentes que deben considerarse en las redes 4G para una correcta planeación, diseño y regulación?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

Identificar los componentes de la tecnología 4G en telecomunicaciones, incluyendo la topología, regulación, utilización del espectro y servicios principales con visión al 2017.

1.2.2. Objetivos específicos

- ✓ Referenciar los aspectos básicos de la planeación y tendencias regulatorias a nivel mundial.
- ✓ Documentar las velocidades logradas en la implementación de la tecnología 4G y en anteriores versiones, para hacer los comparativos y demostrar sus beneficios con base en la utilización del espectro electromagnético.
- ✓ Diagnosticar la proyección y uso de tráfico de servicio de la tecnología 4G para los próximos años hasta el 2017.
- ✓ Relacionar los aspectos fundamentales de la planeación y topologías de las redes 4G.

¹ 4G AMÉRICAS. Mobile Broadband Explosion [en línea]. <<http://www.4gamericas.org/documents/4G%20Americas%20Mobile%20Broadband%20Explosion%20August%2020121.pdf>> [Consultado en agosto de 2012]

1.3. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto deja documentados los aspectos básicos fundamentales que permiten adaptar las tecnologías actuales en servicios móviles de telecomunicaciones a las redes 4G; para realizar el diseño, planeación y regulación acorde a los planes de expansión tecnológica de los proveedores de servicios de telecomunicaciones.

Las redes inalámbricas de 4G básicamente están diseñadas para remplazar las tecnologías actuales, desde el punto de vista de mejores servicios informáticos, mejor calidad, mayor velocidad de descarga de información y gran disponibilidad del servicio tecnológico, ello implica que también sean remplazados componentes electrónicos, elementos activos, equipos de transmisión y recepción de señal; que hacen de la tecnología 4G la evolución a redes convergentes, prestando así servicios como voz, video, televisión y transmisión de datos por medio del aire, por lo tanto es necesario adecuar las antenas y dispositivos electrónicos que llevan la señal de un sitio a otro, otorgando gran desarrollo evolutivo en las topologías de cobertura de la señal inalámbrica radiada y por ende los patrones de radiación son más amplios y de mayor cobertura.

La planeación y diseño de señales inalámbricas en una zona específica para obtener la cobertura deseada, requiere adecuar patrones de radiación mediante antenas multibanda que garanticen que una zona cuente con la potencia requerida para el usuario del servicio, razón por la cual es fundamental plasmar en documentos de consulta, los aspectos fundamentales que se deben considerar a la hora de implementar servicios de 4G, logrando con ello un análisis técnico ideal.

El crecimiento exponencial de la tecnología inalámbrica, la asignación deliberada del espectro electromagnético, sin considerar las normas internacionales y las experiencias logradas en diferentes países, justifica este proyecto dado que se debe dejar documentación de consulta para las futuras generaciones de

estudiantes, que permita entre otras la planeación de las redes inalámbricas y el uso adecuado de las mismas.

Es fundamental conocer la evolución de las redes inalámbricas, es decir su histórico, de tal forma que sea evidencia de consulta y la razón de dejar plasmado en documentos universitarios la información que permita desarrollos tecnológicos a futuro, dado que toda la evolución será por medio de redes inalámbricas, con este documento se plantean las principales consideraciones a llevar a cabo en la planeación y regulación en cualquier región o país donde se desee aplicar la red de 4G.

1.4. DISEÑO METODOLÓGICO

El proyecto tiene un enfoque cuantitativo, es investigación aplicada, el tipo de proyecto es de desarrollo tecnológico, con un estudio descriptivo.

Las publicaciones especializadas sobre la tecnología 4G son documentos técnicos y son muy pocos sin embargo el desarrollo tecnológico va en aumento.

Es de resaltar que el Internet ha impulsado enormemente la divulgación del conocimiento sobre los archivos de 4G, esta sería una de las herramientas principales para la recolección de información, sin embargo es necesario realizar documentación de fuentes validas que registren datos oficiales, incluso documentación que en algunos casos es de carácter confidencial y requieren investigación especializada en sitio de los operadores y proveedores de telecomunicaciones.

La investigación realizada reúne documentos validos para el lector dado que son fuente oficial de consulta vía internet y de descarga gratuita con previa inscripción

a las páginas del MINTIC, es así como de manera oportuna se podrá validar la información plasmada en este documento.

1.5. PRESUPUESTO

Tabla 1. Presupuesto global del trabajo de grado

PRESUPUESTO GLOBAL DEL TRABAJO DE GRADO				
RUBROS	FUENTES			TOTAL
	Estudiantes	IUE	Externa	
Personal	2'400.000			2'400.000
Material y suministros	170.000			170.000
Salidas de campo	1'000.000			1'000.000
Bibliografía	150.000			150.000
Equipos	400.000			400.000
Otros	100.000			100.000
TOTAL	4'220.000			4'220.000

Tabla 2. Descripción de los gastos de personal

DESCRIPCIÓN DE LOS GASTOS DE PERSONAL						
Nombre de Estudiantes	FUNCIÓN EN EL trabajo	DEDICACIÓN horas/semana	FUENTES			TOTAL
			Estudiantes	IUE	Externa	
Guillermo Londoño	Elaborar documentación	10	2'400.000			2'400.000
TOTAL			2'400.000			2'400.000

Tabla 3. Descripción del material y suministros

DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL Y SUMINISTROS				
Material	FUENTES			TOTAL
	Estudiantes	IUE	Externa	
Computador portátil				
Computador personal				
Internet	40.000			
Impresión				
Transporte	50.000			
Estudios	80.000			
TOTAL	170.000			170.000

Tabla 4. Descripción de las salidas de campo

DESCRIPCIÓN DE LAS SALIDAS DE CAMPO				
DESCRIPCIÓN DE LAS SALIDAS DE CAMPO	FUENTES			TOTAL
	Estudiantes	IUE	Externa	
Visita a Bogotá reunión con expertos	1'000.000			1'000.000
TOTAL	1'000.000			1'000.000

Tabla 5. Descripción de la bibliografía

DESCRIPCIÓN DE LA BIBLIOGRAFÍA				
DESCRIPCIÓN BIBLIOGRAFÍA	FUENTES			TOTAL
	Estudiantes	IUE	Externa	
Libros 4G1	25. 000			25. 000
Impresiones	125.000			125.000
TOTAL	150.000			150.000

Tabla 6. Descripción de equipos

DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS				
DESCRIPCIÓN EQUIPOS	FUENTES			TOTAL
	Estudiantes	IUE	Externa	
Equipos de medición	400.000			400.000
TOTAL	400.000			400.000

Tabla 7. Descripción de publicaciones

DESCRIPCIÓN DE PUBLICACIONES				
DESCRIPCIÓN PUBLICACIONES	FUENTES			TOTAL
	Estudiantes	IUE	Externa	
TOTAL				

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1. ANTECEDENTES DE LOS ASPECTOS BÁSICOS DE PLANEACIÓN, DISEÑO Y REGULACIÓN DE 4G EN TELECOMUNICACIONES

Los libros como Fundamentals of WiMAX: Understanding Broadband Wireless Networking contienen información técnica de excelente calidad, pero no entendible para todo tipo de público, incluso dan una visión general sobre algunas soluciones e implementaciones tecnológicas, que son la base fundamental de implementación para redes inalámbricas, mas no una orientación e ilustración de cómo es posible implementar redes de última generación incluyendo los diseños, topologías y aspectos básicos de redes 4G.

En las primeras décadas de este siglo las redes inalámbricas no fueron objeto de regulación sistémica, a medida que fue creciendo tanto el uso como la población, surge la necesidad e interés de dar inicio a las disposiciones orientadas a poner en orden todo lo referido a las redes inalámbricas, las razones obedecen al deterioro en la calidad de la comunicación porque el medio utilizado, es decir el espectro electromagnético es un bien finito por naturaleza, de ahí que se debe regular.

La documentación técnica sobre la forma de implementar redes de telecomunicaciones y las técnicas de transmisión, como los describe entre otros los libros COMUNICACIONES VOLUMEN 1. SEÑALES, MODULACIÓN Y TRANSMISION, se consigue de manera ágil, sin embargo por el componente técnico no es de fácil comprensión para la comunidad académica, de allí que surja la necesidad de documentar las redes consideradas futuristas y de nueva generación (NGN) de tal forma que se pueda comprender, planear, diseñar e implementar soluciones y desarrollos futuros con visión técnico administrativa.

En el año 1912 según los estudios reportados por la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) de los EE.UU, se da inicio a las primeras formas de regulación, al entregarle al Gobierno las facultades de otorgar las licencias bajo la asignación específica de uso, es así que la FCC documenta y recomienda como se debe implementar las redes bajo normas que permitan hacer uso eficiente del espectro electromagnético. Sin embargo esta documentación no era de carácter público, de allí que se dificulta la consulta y extracción de información.

Existe documentación de fácil consecución para redes inalámbricas y soluciones móviles de las redes 2G, 2.5G, 3G, 3.5G, sin embargo la información sobre las redes 4G está en documentos que tienen la característica de ser reservados, tal como se presentaba en los inicios de la década en los EE.UU, dado que los proveedores de servicios aún se reservan con documentación que puede ser utilizada por la competencia, si no se establecen reglas claras de utilización del espectro electromagnético para las redes 4G, razón por la cual con este proyecto se busca suplir la carencia de información técnico y administrativa, que permita a la comunidad académica tener disponible información ágil y de fácil comprensión.

Según la información publicada en el libro 4G Mobile Broadband Evolution-Rel 10 Rel 11 and Beyond October 2012, por la Entidad 4G Américas, la tecnología inalámbrica está jugando un papel importante en la red y las comunicaciones, a pesar de que la tecnología de línea fija tal como fibra óptica, tiene ventajas inherentes de capacidad y velocidad de transmisión, son elevados los costos de implementación de esta últimas; esto hace que los proveedores de servicios de telecomunicaciones busquen alternativas en las soluciones inalámbricas, de allí que ya se cuente con estudios de proyección al año 2017 para los servicios móviles, basados en desarrollos tecnológicos, gracias entre otros a la ingeniería electrónica.

Existen variadas definiciones de NGN, sin embargo, por su validez internacional, se considera la definición dada por el Grupo de Estudio 13 del Sector de Normalización de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT –T) en la Recomendación Y.2001, que define una NGN como: “Red basada en paquetes que permite prestar servicios de telecomunicación y en la que se pueden utilizar múltiples tecnologías de transporte de banda ancha propiciadas por la QoS (Quality of Service), y en la que las funciones relacionadas con los servicios son independientes de las tecnologías subyacentes relacionadas con el transporte. Esto permite a los usuarios el acceso sin trabas a redes móviles y a proveedores de servicios y/o a servicios de su elección.

Es fundamental conocer la historia de las redes, para proyectar las nuevas tecnologías, es allí donde radica la importancia de referir la tabla siguiente.

Tabla 8. Evolución de las redes móviles

Technology	1G	2G	2.5G	3G	4G
Design Began	1970	1980	1985	1990	2000
Implementation	1984	1991	1999	2002	2010?
Service	Analog voice, synchronous data to 9.6 kbps	Digital voice, short messages	Higher capacity, packetized data	Higher capacity, broadband data up to 2 Mbps	Higher capacity, completely IP-oriented, multimedia, data to hundreds of megabits
Standards	AMPS, TACS, NMT, etc.	TDMA, CDMA, GSM, PDC	GPRS, EDGE, 1xRTT	WCDMA, CDMA2000	Single standard
Data Bandwidth	1.9 kbps	14.4 kbps	384 kbps	2 Mbps	200 Mbps
Multiplexing	FDMA	TDMA, CDMA	TDMA, CDMA	CDMA	CDMA?
Core Network	PSTN	PSTN	PSTN, packet network	Packet network	Internet

1xRTT = 2.5G CDMA data service up to 384 kbps
 AMPS = advanced mobile phone service
 CDMA = code division multiple access
 EDGE = enhanced data for global evolution
 FDMA = frequency division multiple access
 GPRS = general packet radio system

GSM = global system for mobile
 NMT = Nordic mobile telephone
 PDC = personal digital cellular
 PSTN = public switched telephone network
 TACS = total access communications system
 TDMA = time division multiple access
 WCDMA = wideband CDMA

Fuente: Cardozo (2007)².

² CARDOZO, Carlos. 4G: Tecnologías y sistemas de la cuarta generación móvil. Asunción: Universidad Católica Nuestra Señora de La Asunción, 2007. p. 5 [en línea]. <<http://www.jeuazarru.com/docs/4G.pdf>> [Consultado en agosto de 2012]

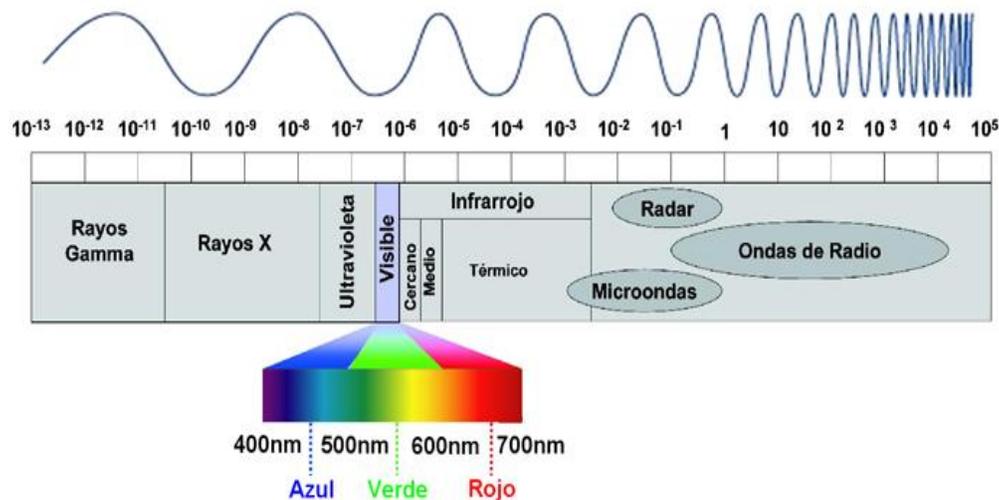
2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Espectro electromagnético

Es el conjunto de ondas electromagnéticas cuya frecuencia se fija convencionalmente por debajo de 3000 GHz y que se propagan por el espacio sin guía artificial. Comprende, entre otras, las actividades de planeación y coordinación, la fijación del cuadro de frecuencias, la asignación de frecuencias, el otorgamiento de permisos para su utilización, la protección y defensa del espectro radioeléctrico y el establecimiento de condiciones técnicas de equipos terminales y redes que utilicen en cualquier forma el espectro radioeléctrico.

El uso de frecuencias radioeléctricas requiere de permiso previo otorgado por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y dará lugar al pago de los derechos que correspondan.

Imagen 1. Espectro Electromagnético



Fuente: www.Ministerio TIC.gov

2.2.2. Administración del espectro electromagnético

Es todo departamento o Servicio gubernamental responsable del cumplimiento de las obligaciones derivadas de la Constitución de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, del Convenio de la Unión Internacional de Telecomunicaciones y de los Reglamentos Administrativos (CS 1002). En el caso de Colombia, la administración le compete al Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

2.2.3. Gestión y control del espectro radioeléctrico

Es el conjunto de actuaciones y funciones administrativas, a cargo del Ministerio de Comunicaciones, dirigidas a organizar, distribuir, proporcionar, intervenir, fiscalizar e inspeccionar el espectro radioeléctrico, con el fin de alcanzar en todo momento y de manera permanente los propósitos y objetivos nacionales, así como cumplir las políticas estatales; con sujeción a las fases, las normas, recomendaciones y procedimientos señalados en el Manual de Gestión Nacional del Espectro Radioeléctrico.

2.2.4. Estructura y Manejo del cuadro nacional de atribución de bandas

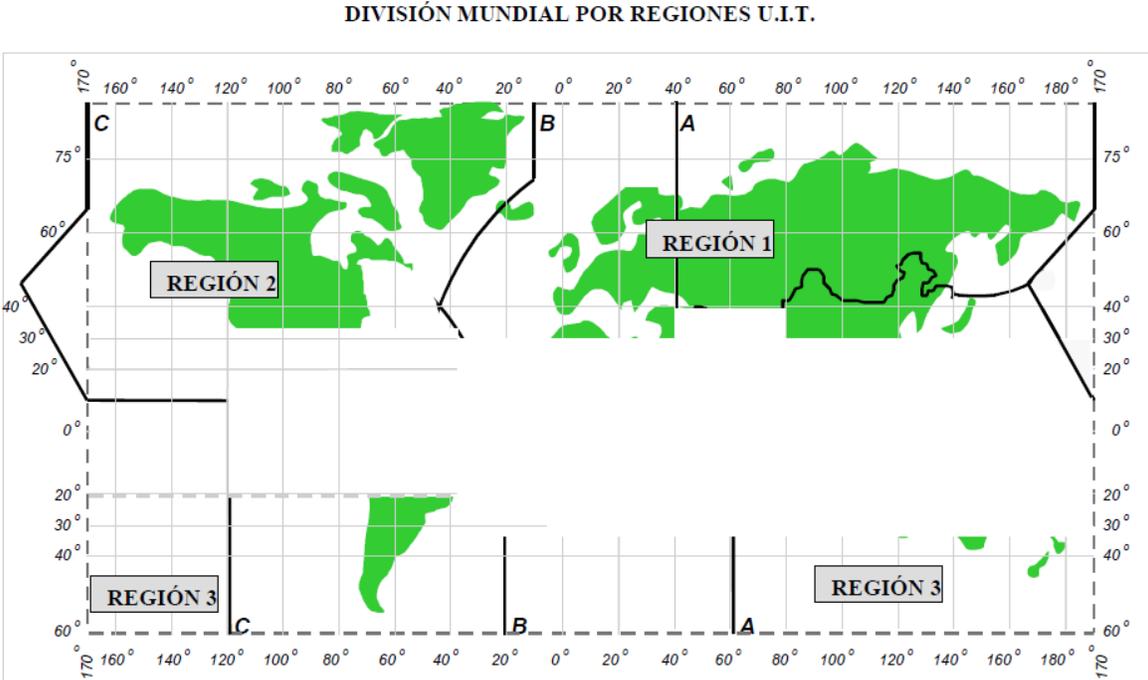
Las primeras tres columnas corresponden al Cuadro de Atribución Internacional de Bandas de Frecuencias del Reglamento de Radiocomunicaciones, de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).

Todos los países están en igualdad de condiciones para acceder al recurso natural denominado espectro radioeléctrico, de una manera adecuada que permita la compartición internacional de este recurso limitado.

La cuarta columna se denomina "COLOMBIA" y las bandas de frecuencias allí tratadas están atribuidas a servicios de radiocomunicaciones de manera totalmente compatible con aquellos que figuran en la segunda columna llamada "REGIÓN 2", toda vez que Colombia pertenece a ésta Región de la UIT.

En la columna "REGIÓN 2" a menudo aparece dos o más servicios de radiocomunicación. El Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones tiene la facultad de decidir si uno, dos o todos ellos operarán en la banda de frecuencias respectiva, este aspecto se refleja en la cuarta columna denominada "COLOMBIA", en la cual, también aparecen los numerales del reglamento de radiocomunicaciones de la UIT (notas internacionales) que son aplicables a Colombia.

Imagen 2. Distribución mundial de zonas para atribución de bandas de frecuencia



Fuente: Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (2010)³.

³ MINISTERIO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES. Cuadro nacional de atribución de bandas de frecuencia. Bogotá: Dirección Desarrollo del Sector, 2010. p. 421.

2.2.5. Manejo de formatos del Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias

Cada una de las primeras cuatro columnas, está formada por casillas que aunque de diferente tamaño, presentan siempre la misma estructura general en su contenido, como se ilustra a continuación:

Imagen 3. Formato general de cuadro nacional de atribución de bandas

1 625 - 1 705		A
RADIODIFUSIÓN 5.89 FIJO		B
MÓVIL Radiolocalización		
5.90		C

Fuente: Ministerio de Comunicaciones de Colombia (2004)⁴.

A: BANDA DE FRECUENCIAS ESPECÍFICA: en kHz, MHz o GHz a que se refiere cada atribución, la cual siempre ocupará la parte superior de la casilla.

B: SERVICIOS DE RADIOCOMUNICACIÓN que pueden operar en dicha banda de frecuencias.

C: NOTAS INTERNACIONALES. Numerales del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT; conformados por el número 5, seguido del punto, 1, 2, 3 o más dígitos y opcionalmente una letra, (por ejemplo 5.354A). Hacen referencia a notas que se aplican: o bien a todas las atribuciones que figuran en la casilla, o bien a alguna atribución en particular.

⁴ Ibid. p. 16.

2.2.6. Elementos primarios de la planeación

Los consumidores con mayor capacidad de pago probablemente se moverán mucho más rápido a las NGN. Como el tráfico migra hacia redes IP habrá menor consumidores generando ingresos por redes PSTN (Legacy Networks) de servicios de voz. Es probable que los consumidores restantes en la red tradicional sean agrupados en locaciones más pobres y grupos demográficos. Por otra parte, la migración de redes PSTN podrían incrementar en promedio los costos por línea de las redes existentes y conducir al deterioro de la calidad del servicio.

Ahora bien, todas estas posibles desventajas podrían atenuarse si los países en desarrollo adoptan una planeación óptima de las redes y aplicaciones innovadoras, ya que el acceso a NGN provee servicios en convergencia a costos más bajos, lo que constituiría una ventaja competitiva, aprovechable por parte de los operadores y los usuarios:

A. Planificación: La disponibilidad de infraestructura basada en IP es una condición necesaria para la provisión de servicios de NGN, lo cual puede traer consigo un ensanchamiento de la brecha tecnológica entre países en vía de desarrollo y países desarrollados, debido a la existencia de segmentos de la población que tienen bajo o nulo acceso a los servicios de telecomunicaciones. De esta manera, el despliegue de infraestructura propia de las NGN en estas áreas, sería más costoso y menos rentable que si el despliegue se lleva a cabo en áreas urbanas densamente pobladas, determinar las estructuras existentes y esta es una forma de reorganizar las actividades.

B. Flexibilidad en la arquitectura de redes tipo NGN: En una red clásica con tráfico de aplicaciones de datos y de valor agregado como la voz o el video, existe una frontera definida que separa dos dominios diferentes: Dominio de sistemas TDM, Dominio de sistemas IP.

C. Valor agregado y distribución: En el marco de la televisión globalizada se debe empezar a pensar en alcanzar niveles de calidad que nos permitan competir en los mercados internacionales y expresar lo que podemos ofrecer de más (valor agregado), aprender sobre servicios de valor agregado y nuevos medios, se debe buscar nuevas oportunidades y no ser ciegos al progreso. Dejar el miedo en la forma en la que se almacenará la información y el medio por el cual se va a transmitir, en este punto es donde cobra sentido el diseño.

2.3. MARCO CONCEPTUAL

2.3.1. Capa de conectividad primaria

La capa de conectividad de núcleo proporciona el encaminamiento y conmutación general del tráfico de la red de un extremo de ésta al otro. Está basada en la tecnología de paquetes, ya sea ATM o IP, y ofrece un máximo de flexibilidad. La tecnología que se elija dependerá de las consideraciones comerciales, pero la transparencia y la calidad del servicio (QoS) deben garantizarse en cualquier caso, ya que el tráfico de los clientes no debe ser afectado por perturbaciones de la calidad, tales como las demoras, las fluctuaciones y los ecos.

2.3.2. Capa de acceso

La capa de acceso incluye las diversas tecnologías usadas para llegar a los clientes. En el pasado, el acceso estaba generalmente limitado a líneas de cobre a través de canales DS1/E115. En las NGN se observa una multiplicidad de tecnologías que han surgido para resolver la necesidad de un ancho de banda más alto, y para brindar a las empresas competidoras de comunicaciones un medio para llegar directamente a los clientes. Los sistemas de cable, xDSL e

inalámbricos se cuentan entre las soluciones más prometedoras que están creciendo e introduciendo innovaciones rápidamente.

2.3.3. Capa de servicio

Esta capa contiene el sistema que proporciona los servicios y aplicaciones disponibles a la red. Los servicios se ofrecerán a toda la red, sin importar la ubicación del usuario. Dichos servicios serán tan independientes como sea posible de la tecnología de acceso que se use. El carácter distribuido de la NGN hará posible consolidar gran parte del equipo que suministra servicios en puntos situados centralmente, en los que pueda lograrse una mayor eficiencia. Además, hace posible distribuir los servicios en los equipos de los usuarios finales, en vez de distribuirlos en la red. Los tipos de servicio que se ofrecerán abarcarán todos los de voz existentes, y también una gama de servicios de datos y otros servicios nuevos de medios múltiples.

2.3.4. Capa de gestión

Esta capa, esencial para minimizar los costos de explotar una NGN, proporciona las funciones de dirección empresarial, de los servicios y de la red. Permite la provisión, supervisión, recuperación y análisis del desempeño de extremo a extremo necesarios para dirigir la red.

2.3.5. Entidades normalizadoras

En la investigación se toma como fuente válida de consulta, tomando como base la información contenida en la carpeta técnica CCP.I-TEL/doc.776/06, de la CITEI; esta sección presenta un resumen de los estudios que han venido realizando diversas organizaciones internacionales para encarar la normalización de las NGN.

2.3.5.1. UIT

A principios de 2002, la UIT empezó a trabajar con las normas NGN. A partir de entonces, se han organizado varios talleres sobre NGN a fin de tratar de asuntos que afectan tanto a la UIT como a otras organizaciones normalizadoras. Dos años después, la UIT estableció un grupo temático FGNGN (Focus Group on Next Generation Networks) para trabajar en relación con redes fijas y móviles, así como la calidad del servicio en DSL, la autenticación, seguridad y señalización. Actualmente, varias comisiones de estudio del UIT-T, tales como la 2, 11, 13 y 19, se ocupan de trabajos de normalización, mientras que la comisión 13 trata concretamente relativo a NGN. (CITEL, 2006, Carpeta Técnica Redes de Próxima Generación Visión General de Norma.) La próxima fase de dichas tareas, denominada NGN-GSI (Global Standards Initiative: Iniciativa de normas mundiales), se concentrará en los protocolos detallados que son necesarios para ofrecer la amplia gama de servicios previstos de las NGN.

2.3.5.2. ETSI

European Telecommunications Standards Institute, contempla las cuestiones de normalización de las NGN desde 2001. El comité técnico TISPAN (The Telecoms & Internet converged Services & Protocols for Advanced Networks) está a cargo de todos los aspectos de la normalización para redes convergentes actuales y futuras, incluido el Protocolo de Transmisión de la Voz por Internet (VoIP) y las NGN. El TISPAN eligió el IMS GPP3 versión 6 para que sea la base del servicio SIP en las redes fijas.

2.3.5.3. ATIS

Alliance for Telecommunications Industry Solutions, ha producido un marco de NGN con requisitos de alto nivel y principios rectores. La primera parte de dicho marco se refiere a las definiciones requeridas y la arquitectura de las NGN para que las nuevas redes se conecten sin interrupciones con los sistemas de comunicaciones.

La segunda parte documenta las fases y prioridades de las capacidades de las redes para que las NGN y sus servicios de introduzcan de manera coherente. La ATIS ha colaborado con el UIT-T, TISPAN y 3GGP para formular una perspectiva general coherente de las NGN. La ATIS favorece la arquitectura IMS, y la considera la tecnología apropiada para respaldar nuevos servicios de valor agregado.

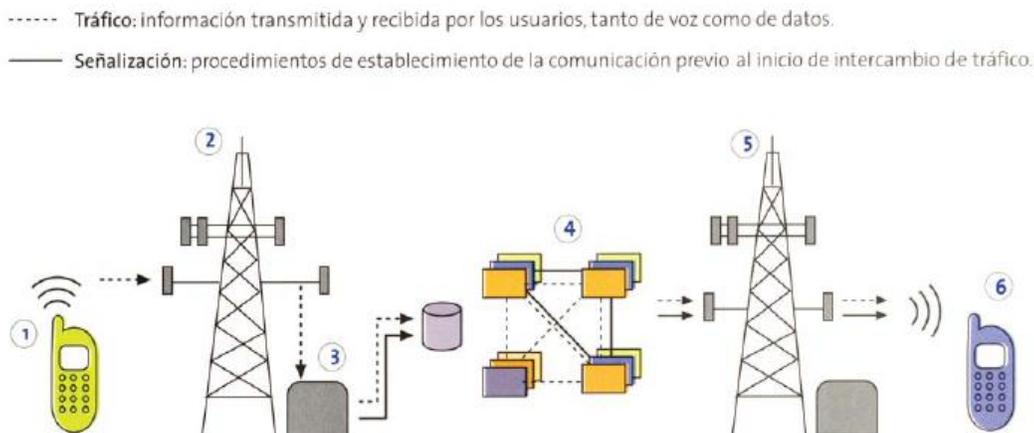
2.3.5.4. IETF

Internet Engineering Task Force, no trabaja con las NGN como tema individual, pero sus grupos de trabajo tienen la responsabilidad de formular o extender los protocolos existentes para cumplir requisitos tales como los convenidos para las NGN en otros organismos normalizadores. Algunas de las actividades de normalización realizadas por el IETF respecto de las NGN son el SIP (Session Initiation Protocol: protocolo de iniciación de sesiones), el MEGACO (Media Gateway Control: protocolo de control de pasarelas de medios), la SIPPING (Session Initiation Proposal Investigation: investigación de propuesta de iniciación de sesiones), el NSIS (Next Steps in Signaling: próximos pasos en la señalización)

2.3.6. Funcionamiento de los sistemas celulares

En los sistemas de telefonía móvil utilizan la transmisión de ondas de radio que permiten la comunicación de sus usuarios desde cualquier lugar donde se encuentre, incluso en movimiento y están fundamentados en el comportamiento de los campos electromagnéticos, estos campos son fenómenos naturales que siempre han estado presentes en nuestro entorno desde el principio de los tiempos, se producen por los giros y movimientos de la tierra.

Imagen 4. Descriptores de cómo se realiza una llamada desde dispositivos móviles



Fuente: AETIC⁵.

- 1- El usuario realiza una llamada que es interceptada por la antena receptora.
- 2 – 3- Antenas y estación base, las antenas envían la información a las estaciones base y las transforman para enviarlas a los centros de conmutación.
- 4- Centros de conmutación, los nodos reciben toda la información, las ordenan y las vuelven a enviar a las antenas receptoras.
- 5 – Las antenas reciben la información y la envían a los usuarios finales.
- 6- El usuario recibe la llamada.

2.3.7. Tendencias regulatorias

2.3.7.1. Reino Unido

El organismo regulador del Reino Unido (OFCOM), considera a partir de 2002, que es tiempo de revisar las diferentes alternativas planteadas por las inversiones en

⁵ ASOCIACIÓN DE EMPRESAS DE ELECTRÓNICA, TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y TELECOMUNICACIONES DE ESPAÑA –AETIC–. Infraestructuras de tecnología móvil. Instalación, funcionamiento e influencia en el desarrollo territorial. p. 7 [en línea]. <<http://moviles.gva.es/Docs/AETIC.pdf>> [Consultado en julio de 2012]

NGN, que sugieren la sustitución de múltiples redes troncales por una sola red basada en IP.

El Reino Unido ha mostrado un óptimo desarrollo respecto a la disponibilidad, adopción y apoyo de anchos de banda soportados por redes de banda ancha de la generación actual, sin embargo, no está presentado el mismo nivel de inversiones en NGN como los adoptados por países como Estados Unidos, Japón, Corea y los Países Bajos. Lo anterior debido principalmente a condiciones específicas del Reino Unido como la presencia de una red de acceso de cobre capaz de soportar mayores anchos de banda sobre DSL, un mercado de televisión maduro el cual influencia los modelos potenciales de negocios de IPTV, un menor grado en el nivel de competencia en la provisión de infraestructura final; y en la actualidad un enfoque en el mejoramiento de las redes troncales de nueva generación.

Finalmente, en lo referente a la inversión, el papel del regulador no consiste en ofrecer incentivos a los operadores para que realicen determinadas inversiones, sino asegurarse de que no se presenten distorsiones en los incentivos para una inversión eficaz²¹. Esto significa que se debe definir una reglamentación apropiada y sus consecuencias en los incentivos de la inversión en activos que refleje el nivel de riesgo asumido por los diferentes agentes en el momento de realizar las inversiones, pero no compensarlo de manera extrema, ya que podría generar inversiones ineficaces y un aumento significativo en los precios para los consumidores finales, quienes en últimas serían los más perjudicados.

2.3.7.2. Indonesia

El organismo regulador del Reino Unido (OFCOM), considera a partir de 2002, que es tiempo de revisar las diferentes alternativas planteadas por las inversiones en NGN, que sugieren la sustitución de múltiples redes troncales por una sola red basada en IP.

Las NGN deberán adoptar las redes existentes basadas en circuitos -Las redes basadas en paquetes mejorarán la transmisión de datos, video (multimedia) y voz con un ancho de banda medible. Desarrollo entre conmutación de paquetes y circuitos, Paquete- Paquete, PSTN-PSTN, paquete PSTN, PSTN, Paquete sobre PSTN: Los paquetes podrán utilizar conexiones, Interconectividad, Protocolo ENUM: Interoperabilidad e identificación entre paquetes y PSTN.

Retos regulatorios que se plantean: Neutralidad tecnológica, Interoperabilidad, Eficiencia y optimación del espectro, - Standard en la tecnología, - Convergencia.

2.4. LO QUE REQUIEREN LAS REDES FUTURAS DE 4G

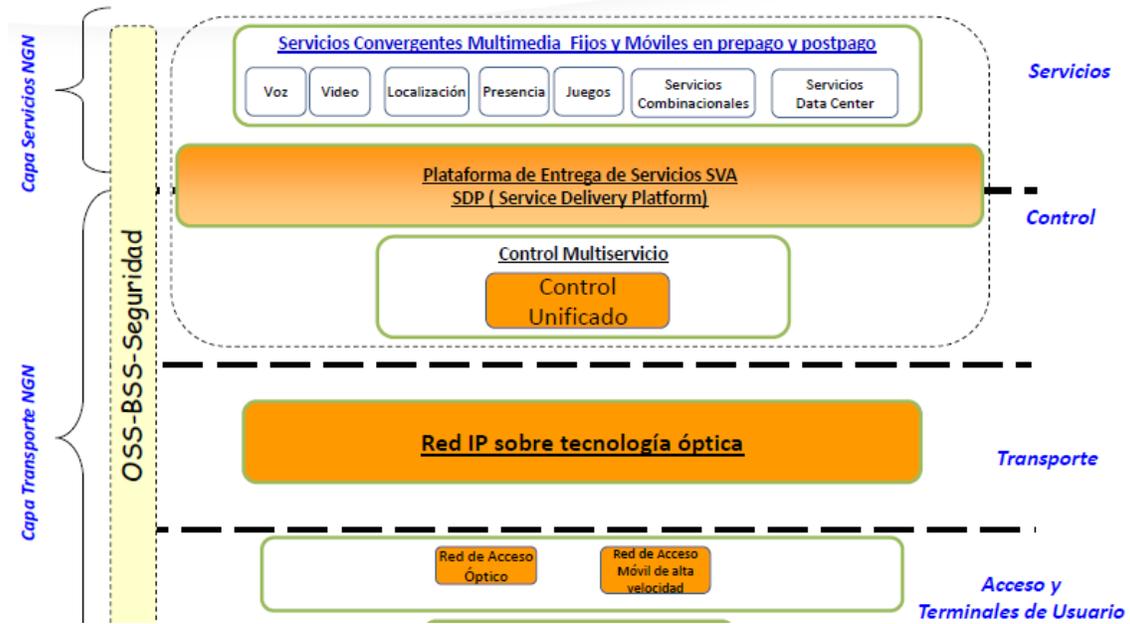
Las siguientes son las principales actividades que se deben considerar en la planeación de las redes de cuarta generación con visión al 2017:

- Garantizar al menos 100 Mbps a cada casa y 50 en los dispositivos móviles al 2020.
- Garantizar calidad de servicio Extremo - Extremo en protocolo IP.
- Soportar todos los servicios Convergentes Multimedia (voz, datos, video, entretenimiento y contenido) fijos y móviles, en prepago, postpago, por demanda, propios y/o de terceros.
- Ser seguras, autoconfigurables y autoadministradas.
- Simples y fáciles de operar, que sean costo eficientes en inversiones y en operaciones.
- Amigables con el medio ambiente.
- Arquitectura abierta basada en estándares.
- Cumplir con la regulación vigente.

La siguiente imagen representa la topología objetivo que se plantea para las redes futuras con visión al 2017, en la cual se ilustra que los servicios convergentes

permiten la movilidad en servicios de multimedia para prepago y postpago en telecomunicaciones.

Imagen 5. Topología objetivo



Fuente: MINTIC.

3. DIAGNÓSTICO ACTUAL DE REDES ANTERIORES A 4G

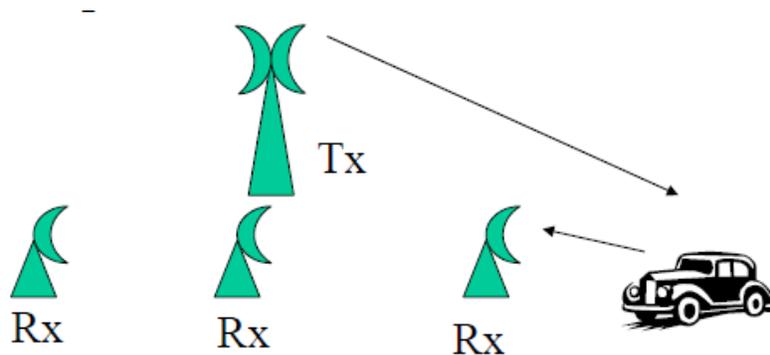
MINTIC, la entidad responsable de regular e implementar las políticas para los proveedores de servicios móviles en telecomunicaciones, promueve el uso correcto de los servicios ofertados en cada tecnología, en las gráficas siguientes se ilustra el avance y el servicio que cada una de ellas ofrece.

Las primeras redes eran diseñadas de uso exclusivo urbano, dado que la cobertura no permitía llegar a zonas rurales, básicamente funcionaban con el esquema siguiente.

Las antenas eran demasiado grandes y prácticamente monstruosas si así se quiere ilustrar, dado que requerían espacios muy onerosos para su construcción.

Una estación transmisora atendía muchas estaciones receptoras y con ello se pierde potencia de la señal recibida. Las celdas no permitían hacer uso eficiente de la señal, dada su topología de construcción.

Imagen 6. Comunicación móvil

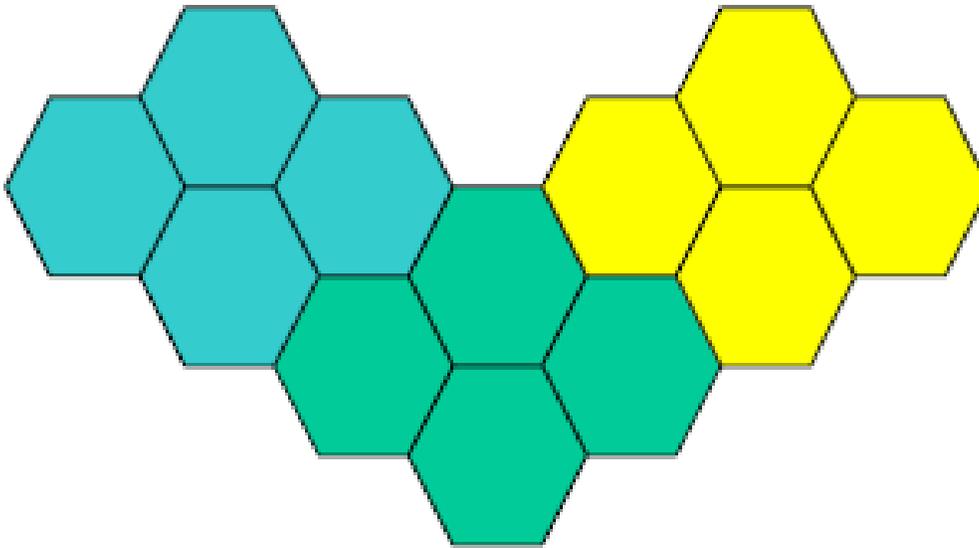


Fuente: Padilla (2008)⁶.

⁶ PADILLA AGUILAR, Jhon Jairo. Sistemas móviles celulares [en línea]. <<http://jpadilla.docentes.upbbga.edu.co/moviles/10%20SISTEMAS%20MOVILES%20CELULARES.pdf>> [Consultado en septiembre de 2012]

La siguiente imagen muestra lo que se planea en la construcción y diseño de redes de 4G y en general para redes móviles.

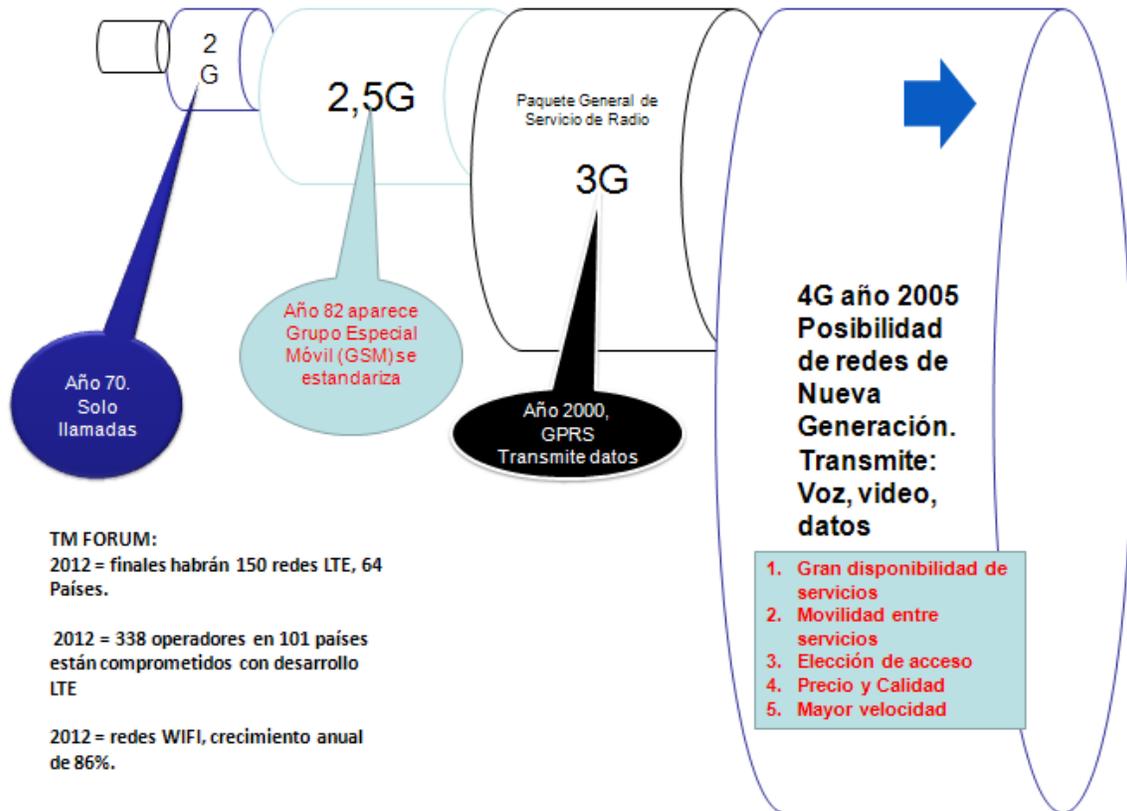
Imagen 7. Construcción y diseño de redes.



Fuente: Diseño propio del autor de este trabajo.

La infraestructura física que da conexión entre un usuario y otro, es propiedad del operador de telecomunicaciones, para el caso de Colombia es el proveedor quién la construye e instala el servicio requerido por dicha red. El avance logrado con las redes 4G se ilustran en la siguiente imagen.

Imagen 8. Redes por Generación



Fuente: Diseño propio del autor de este trabajo, luego de la investigación.

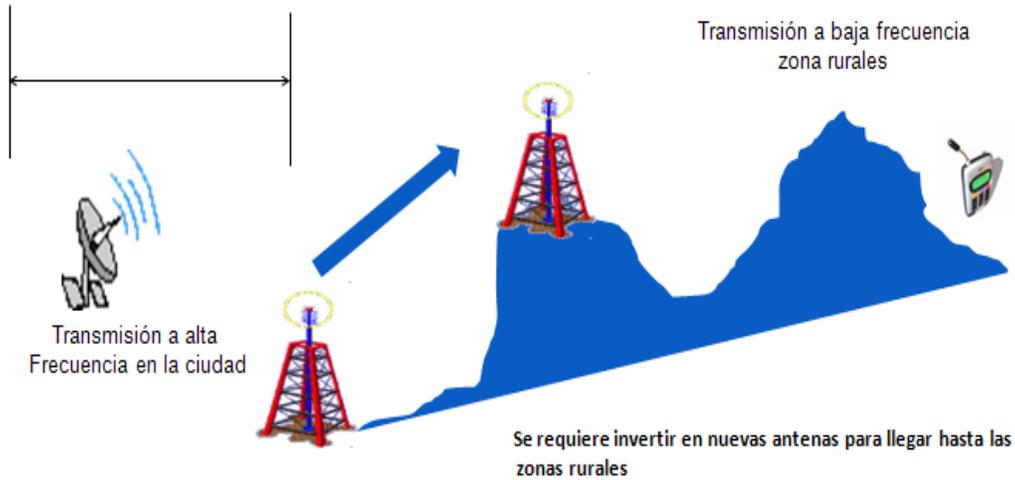
El esquema tradicional de transmisión entre redes nuevas y anteriores es el siguiente:

- Emisor: La emisión en su totalidad se origina desde los equipos principales del proveedor de telecomunicaciones y es transmitida por medio de las antenas.
- Antenas: Elemento responsable de transmitir una potencia radioeléctrica y recibirla en otro extremo para dar conexión a los equipos terminales del usuario.
- Ubicación de las antenas: Se considera fundamental la ubicación de estos elementos, en sitios altos que permitan y logren mayor cobertura de la

señal a transmitir y recibir por otra antena, garantizando con ello la conexión de la señal.

Imagen 9. Utilización antenas

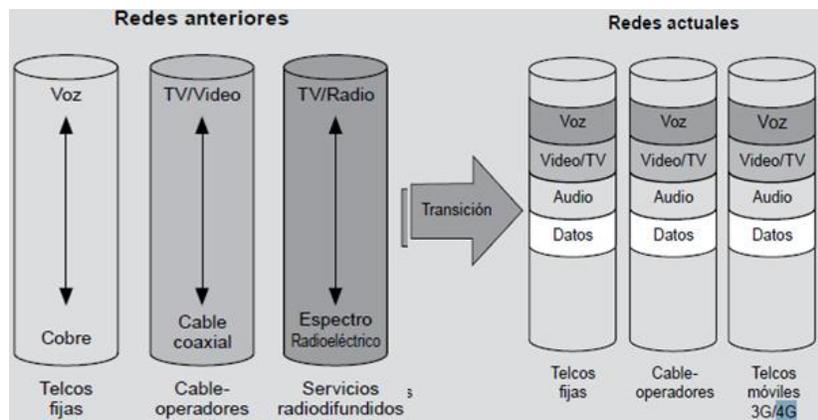
Utilización de frecuencia bajas para largas distancias



Fuente: ilustración propia del autor de este trabajo.

Convergencia de redes anteriores y en 4G: La imagen ilustra el comportamiento de los diferentes servicios que cada una de estas redes puede ofrecer.

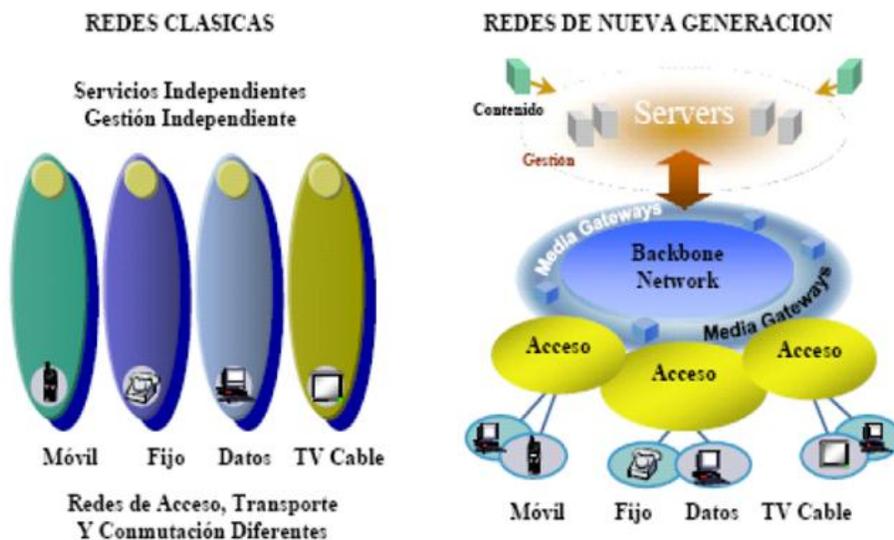
Imagen 10. Convergencia de redes



Fuente: Ilustración propia del autor de este documento.

Como puede verse, en las redes clásicas no se cuenta con la integración que se logra en las redes de nueva generación, entre ellas la 4G.

Imagen 11. NGN



Fuente: Comisión de Regulación de Comunicaciones (2007)⁷.

Características diferenciadoras entre las redes:

- Clásicas: Cada servicio es ofrecido de forma separada por el proveedor de servicios.
- Clásicas: Requieren mayor operatividad en la prestación del servicio y mayor intervención por parte del personal técnico.
- Nueva Generación: Permiten integración, logrando con ello minimizar la operatividad e intervención humana.
- Nueva Generación: dado que el servicio es integrado puede ofrecer el proveedor servicios con menor costo para el usuario final.

⁷ COMISIÓN DE REGULACIÓN DE COMUNICACIONES. Estudio integral de Redes de Nueva Generación y convergencia. Bogotá: Centro de conocimiento del negocio, 2007. p. 9.

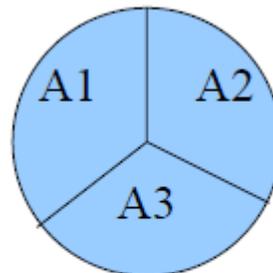
4. EVALUACIÓN LAS DIFERENTES TECNOLOGÍAS

A continuación se hace una evaluación de diferentes tecnologías usadas actualmente. Este punto es determinante para el diseño, a partir de acá se podrá iniciar un diseño previo, a la par con el análisis de viabilidad.

4.1. DIVISIÓN DE CELDAS

La división de celdas se realiza en zonas de difícil cobertura, buscando con ello una penetración mayor en la señal radioeléctrica. Se busca con ello mejorar la ganancia de potencia de la señal radiada, para lograr esto una celda se divide en tres zonas. Cada división se denomina sectores, es decir la imagen ilustrada contiene tres A1, A2, A3, donde cada sector tiene su propia frecuencia y equipos transmisores, con esto se logra disminuir las interferencias.

Imagen 12. División de celda en zonas



Celda A

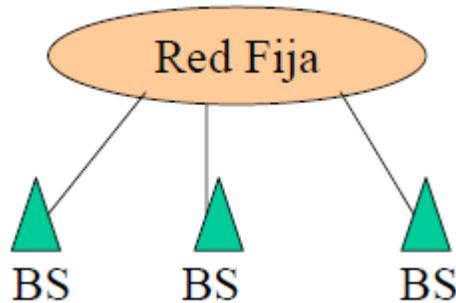
Fuente: Elaboración propia del autor de este trabajo de investigación.

Esta división de celdas esta realizada de tal forma que los patrones de radiación cubren cada una 120 grados para la antena radiada.

4.2. REDES FIJAS

Todas las redes están interconectadas por medio de redes compuestas por enlaces punto a punto, a esta red se les denomina Red fija asociada a un sistema celular, la gráfica siguiente ilustra su topología.

Imagen 13. Red fija asociada a un sistema celular



Fuente: Elaboración propia del autor de este trabajo de investigación.

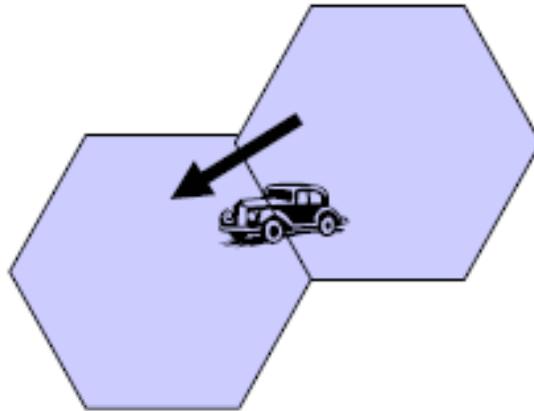
4.3. FUNCIÓN DE LOCALIZACIÓN

Esta función tiene por objetivo conocer la ubicación de los dispositivos móviles en todo momento, para tener un control de la potencia requerida por las antenas y poder pasar la respectiva llamada entre la antena transmisora y la antena receptora, esto le compete a la red fija llevar a cabo dicha acción.

4.4. FUNCIÓN HANDOVER

Esta función consiste en la conmutación de una llamada de una estación base a otra, esto debido a que un móvil sale de la zona de cobertura y requiere ingresar a otra zona, se valida que la interfaz de radio cumpla su competencia, para el usuario no vea afectada la señal en el dispositivo móvil.

Imagen 14. Cambio de celda



Fuente: Elaboración propia del autor de este trabajo de investigación.

Se ilustra en esta imagen el movimiento que debe realizar un usuario al pasar de una celda a otra, para que el proveedor considere en su diseño la interfaz de radio que permita que la llamada no presente caída alguna.

Es fundamental considerar el tráfico que cada una de las estaciones base va a recibir desde las antenas transmisoras a las receptoras.

4.5. ENTORNO DE COBERTURA EN REDES CELULARES CONVENCIONALES

Las características principales de las redes móviles celulares, se basan en que la planeación contemple entre otras: capacidad para atender a miles de usuarios, hacer uso eficiente del espectro dado que es un bien finito y regulado, que contemple la posibilidad de cobertura nacional, adaptación a la densidad de tráfico, amplia gama de servicios suplementarios para la telefonía básica.

Tabla 9. Características de redes celulares

Característica	Entorno rural	Entorno urbano	Calidad
Densidad de tráfico	Pequeña	Elevada	Se expresa
Velocidad de desplazamiento móvil	Grande dada que van a bordo de un vehículo	Pequeña, puede ser nula.	mediante porcentajes de prestación del servicio.
Característica de propagación	Desvanecimiento. Absorción por arboles Ecos por retardo en la señal.	Topologías variadas Desvanecimiento multitrayecto.	Se emplean celdas de diferentes tamaños y configuraciones para mejorar el servicio.

4.6. CALIDAD DE CAPACIDAD

Para determinar la capacidad, es fundamental considerar las siguientes acciones.

- Capacidad de la red, para cursar la demanda de tráfico de cada zona.
- Considerar las limitaciones por el número de frecuencias en la celda.
- Reducir el tamaño de la celda para disminuir las pérdidas por propagación.
- Considerar los parámetros de pérdida de llamadas, interferencias y retrasos en la señal.

4.7. CALIDAD EN COBERTURA

Ésta se expresa en términos de porcentaje de prestación del servicio y en el cual se debe considerar tanto las zonas urbanas como las rurales.

4.8. ASPECTOS BÁSICOS DE LA CALIDAD

Los siguientes son los aspectos que se consideran básicos en el diseño de una red móvil para todo tipo de tecnología.

- Cobertura.
- Capacidad.
- Fidelidad.
- Movilidad.

En resumen, para estos cuatro aspectos, son:

- Cobertura, porcentaje de la zona que supera los límites de la óptima señal.
- Capacidad, reducir el tamaño de las celdas para minimizar las pérdidas de señal.
- Fidelidad, esta se expresa de dos forma, Calidad del operador y Calidad final, dado que ambas incluyen la nitidez de la señal percibida por el usuario y la señal de los datos recibidos.
- Movilidad, cuantifica el grado de dificultad que experimenta el móvil para registrarse o ser localizado.

4.9. PLANIFICACIÓN DE REDES CELULARES CONVENCIONALES

Los objetivos de la planificación son en esencia:

- Sintetizar el diseño de la red.
- Tener una idea general de las prestaciones de cobertura, capacidad y calidad.
- Comparar diferentes tecnologías y soluciones alternativas.
- Servir de guía para el despliegue físico de la red sobre el terreno.

Es fundamental relacionar los aspectos básicos de la planeación de redes móviles inalámbricas, dado que permite visualizar y entender las razones que dan origen a

nuevas planificaciones con visión al año 2017, tema que se planteará en el próximo capítulo.

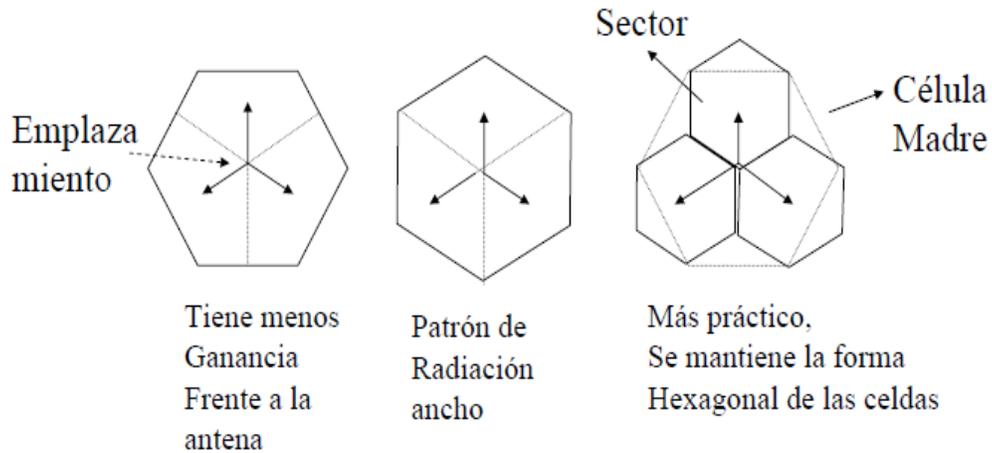
Las siguientes son las acciones fundamentales en la planificación de las redes móviles:

- Los parámetros de cada celda deben ser iguales
- Terreno homogéneo y con iguales condiciones de propagación.
- Las celdas son del mismo tamaño y forma.
- Disposiciones regulares de asignación de canales.

Tareas básicas en la planificación de redes móviles:

- Desarrollo de un modelo de tráfico
- Elección del tamaño y tipo de celdas
- Diseño de una red celular
- Elección de los patrones de radiación
- Ajuste de la ubicación de las estaciones base.
- Determinación de la cobertura básica
- Uso de las medidas radioeléctricas.
- Asignación de las frecuencias para las estaciones base.
- Evaluación y solución de interferencias.
- Determinación de la interconexión entre las estaciones base y la red fija.

Imagen 15. Usos de las celdas



Fuente: Elaboración propia del autor de este trabajo de investigación.

Se ilustra en esta imagen los usos que se pueden dar a las celdas según corresponda.

Para la asignación es fundamental referirnos a los siguientes componentes básicos:

- Se debe asignar frecuencia a las estaciones base.
- Debe optimizarse el uso de las frecuencias.
- Es un tema abierto.
- Se debe asignar a cada celda un número de frecuencias adecuado al volumen de tráfico que se desea atender.
- Deben satisfacer los requisitos de cada canal a utilizar.

En la asignación fija se atribuye a cada celda un número fijo de frecuencias y presenta la desventaja dado que si se presenta alto tráfico de llamadas se ocupan todos los canales disponibles.

En cuanto a la asignación dinámica, a cada celda se asigna un juego de frecuencias propio, lo cual permite a cada celda solicitar prestado y utilizar

frecuencia de otras celdas cuando las circunstancias de tráfico lo ameritan. Debe dotarse de equipos transmisores adicionales sintonizables para las frecuencias prestadas o cedidas.

5. ASPECTOS BÁSICOS DE LAS REDES 4G PLANEACIÓN, EVOLUCIÓN Y REGULACIÓN

Las nuevas redes deben plantearse para que la infraestructura permita al año 2017, contar con la red disponible de tal suerte que no sea necesario cambiar la parte física, en su defecto solo es necesario modificar los componentes electrónicos, como tarjetas y antenas que garanticen la conexión extremo a extremo el servicio de un usuario de redes de cuarta generación 4G.

Las redes 4G deben garantizar los siguientes ítems:

- Una conexión en casa de al menos 100 Mbps y 50 Mbps en los dispositivos móviles.
- Calidad del servicio extremo a extremo utilizando protocolos basados en IP.
- Soportar todos los servicios convergentes, multimedia, voz, datos, entretenimiento.
- Ser seguras, autoconfigurables y autoadministradas.
- Simples y fáciles de operar, que sean costo eficientes en inversión y operación.
- Amigables con el medio ambiente.
- Arquitectura abierta basada en estándares.
- Cumplir con la regulación vigente.

5.1. ASPECTOS BÁSICOS DE PLANIFICACIÓN

5.1.1. Beneficio e innovación para las redes 4G

Los aspectos más relevantes de estas redes se pueden resumir en los siguientes:

- Reduce el TIME TO MARKET.

- Permite incluir en el ecosistema a comunidades de desarrolladores locales, nacionales e internacionales.
- Expone de forma segura y controlada componentes de la red de UNE para ser utilizadas en el desarrollo de nuevas aplicaciones y servicios.
- Facilita y promueve la innovación en servicios y modelos de negocios.
- Permite la implementación de tiendas de aplicaciones.
- Utiliza los nuevos habilitadores proporcionados por IMS como la mensajería, presencia y localización para enriquecer el portafolio de aplicaciones y servicios.
- Permite implementar estrategias de competencia/alianzas.

5.1.2. Aspectos básicos para servicios de voz.

Las siguientes son las características fundamentales para los servicio de voz en las rede 4G, en los segmentos de hogares y pymes:

- Voz High Definition.
- Video Llamadas.
- Comunicaciones de Texto.
- Transferencia de archivos, Intercambio de imágenes, clip de audio y vídeo.
- Roaming entre la propia red y la red visitada (home and visited Networks), Roaming entre diferentes redes de acceso.
- Autoadministración de los datos usuario.
- Instant Messaging.
- Call history.
- Click to call.
- Messaging: SMS/MMS/E-mail.
- Continuidad del servicio con redes 3G.

Imagen 16. Llamada entre redes



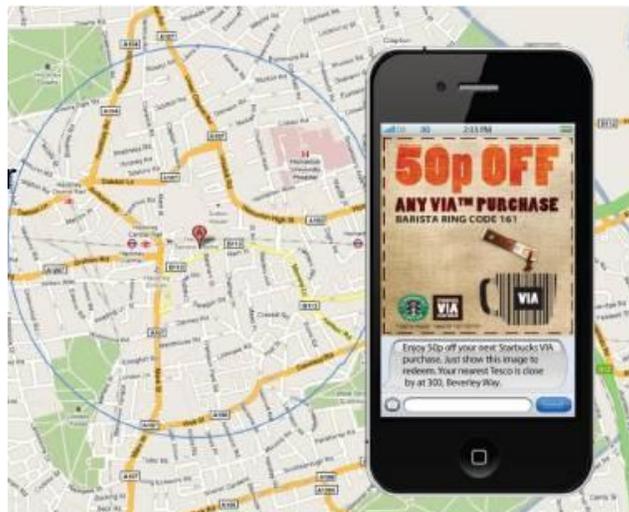
Fuente: Elaboración propia del autor de este trabajo de investigación.

Esta es una imagen ilustrativa de una llamada entre redes 4G, sin cobro adicional para el usuario.

5.1.2.1 Servicio de localización y presencia

Este servicio puede ser utilizado en acuerdo con el usuario sin cobro alguno, dado que se debe garantizar la confidencialidad por parte del proveedor del servicio. En la siguiente imagen se representa el sitio de ubicación de un dispositivo móvil, este técnicamente se asocia a una celda y por medio de la MAC del dispositivo se asocia a la ubicación.

Imagen 17. Ubicación de dispositivos



Fuente: Google Earth

5.1.2.2. Publicidad personalidad

El sistema gestor de bases de datos permite al proveedor del servicio notificar la publicidad que el usuario desea recibir en su dispositivo móvil a grandes velocidades y donde se encuentre el equipo móvil. Con esto se busca adelantarse a las necesidades del cliente por ejemplo de un almacén donde periódicamente realiza sus compras, es decir puede adelantarse a las ofertas de dicho almacén.

5.1.2.3. Evolución de la salud

Una de las grandes bondades de la tecnología 4G es que permite en tiempo real y con mínimo retardo el monitoreo de pacientes médicos, permite hacer un diagnóstico oportuno, obtener el control deseado por parte del paciente y médico tratante para darle información oportuna al paciente.

5.1.2.4. Diagnóstico automotriz

Dentro del portafolio de servicios que puede ofrecer la tecnología 4G, está el control de tráfico oportuno de vehículos incluyendo el manejo de señales como semáforos. Las siguientes imágenes ilustran lo que se puede lograr.

Imagen 18. Control vehicular



Fuente: MINTIC (2012).

5.1.2.5 Optimización de consumo de energía

Uno de los aspectos más relevantes de la tecnología 4G es el bajo consumo de energía, dado que las antenas y estaciones base, son inteligentes y consumen solo la energía que requieren cuando los dispositivos móviles están conectados y en funcionamiento para el usuario.

5.2. FUNDAMENTOS A CONTEMPLAR EN EL DISEÑO Y PLANEACIÓN DE REDES 4G

En los siguientes párrafos se describen los componentes básicos definidos por los proveedores de servicios de telecomunicaciones a nivel mundial, con el objetivo de proyectar los servicios móviles al año 2017.

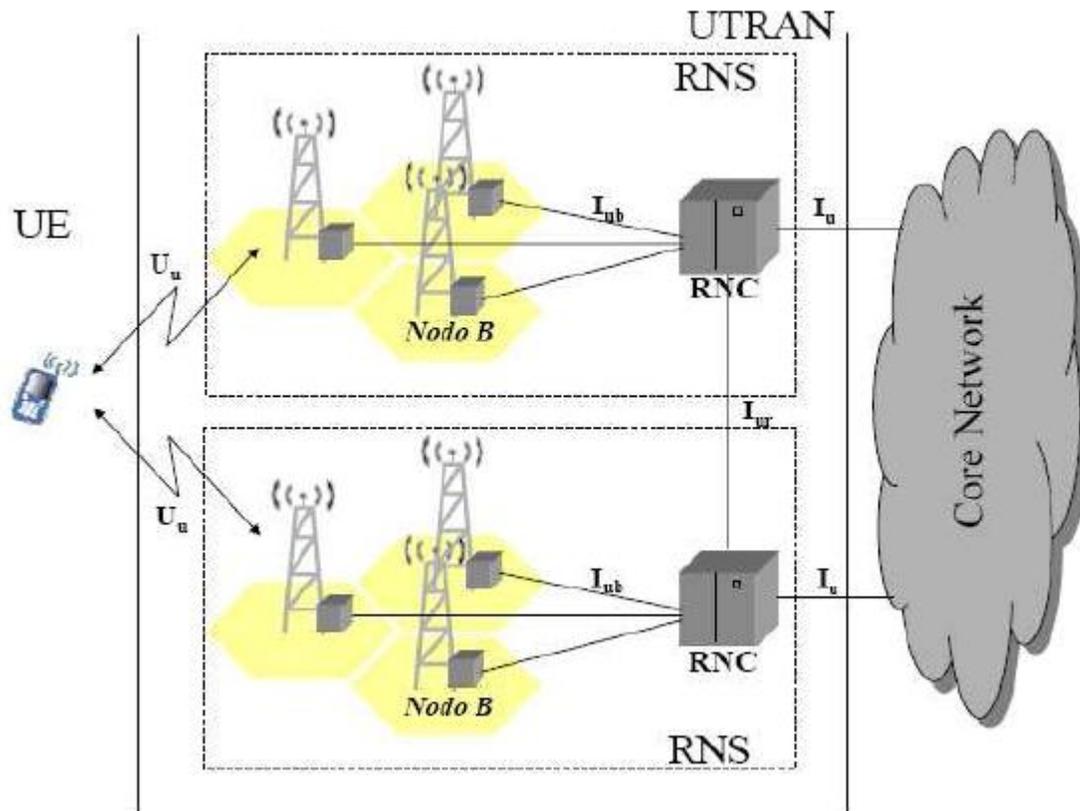
Las altas velocidades de datos demandadas para la próxima generación de móviles no parece ser alcanzable con los actuales sistemas de telefonía móvil. Las velocidades esperadas son mucho mayores que las de los sistemas 3G.

Surgen dos problemas fundamentales en cuanto a la nueva demanda, puesto que por un lado la energía se decrecienta linealmente con el incremento de la tasa binaria creando serios problemas relativos a la cobertura, y por otro lado la porción del espectro utilizado estará aproximadamente 2GHz por encima de la usada por 3G, en cuya banda la propagación es más vulnerable a condiciones de NLOS (Non-Line-Of-Sight), es decir de no visión directa entre emisor y receptor.

Una solución adoptada a estos problemas es el incremento de estaciones base lo cual incurriría en un incremento de costes de la nueva arquitectura, pero es obvio que son necesarias ciertas modificaciones de la red actual como técnicas de transmisión avanzadas, nuevos tipos de antena.

A continuación, en la imagen 19 se hace un comparativo entre las redes anteriores y la red 4G, con lo cual se ilustra las bondades que conlleva la implementación de estas últimas.

Imagen 19. Redes

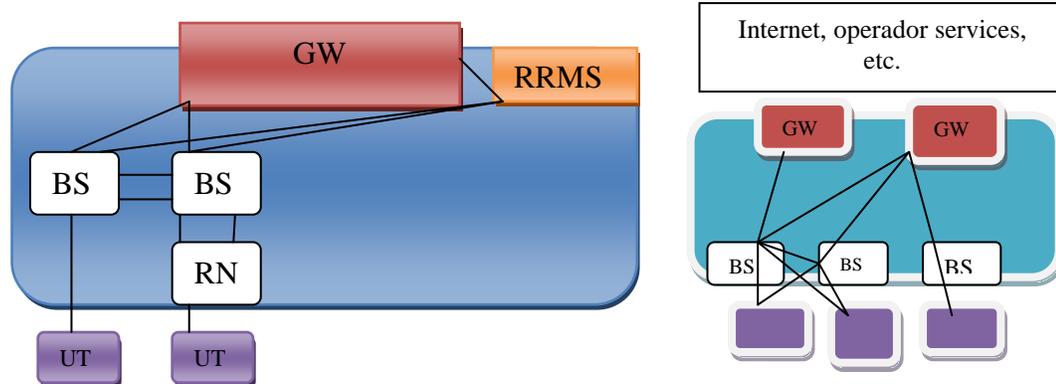


Fuente: MINTIC 4G-LTE.

Es un esquema de la futura red 4G se ilustra la diferencia básica con respecto a la red 3G, en este caso el empleo de nodos intermedios (nodos relay) conectados a la estación base, terminal de usuario u otro nodo relay.

Además, estas redes ofrecen una mayor fiabilidad puesto que la estación base es capaz de conectarse a varias GW (GateWay), de manera que si una de ellas falla, la red no quede fuera de servicio.

Imagen 20. Futura red 4G



Fuente: Elaboración propia del autor de este trabajo de investigación.

La GW realiza funciones para asegurar la integridad y confidencialidad de los datos así como funciones de compresión de la cabecera antes del cifrado. Cuando un usuario se conecta a la red se le asigna un conjunto de GWs, así dos o más usuarios conectados a la misma estación base pueden ser conectados a su vez a diferentes GWs. Si el usuario se mueve entre diferentes estaciones base dentro del conjunto de GWs éste no requiere un cambio de GW.

5.3. ASPECTOS BÁSICOS DE LA PLANEACIÓN DEL ESPECTRO

La innovación tecnológica apunta hacia las comunicaciones personalizadas y ubicuas con convergencia de servicios (voz, video y datos, en cualquier momento y lugar), lo que lleva a una integración de las redes fijas y móviles.

El uso de tecnologías de acceso inalámbrico de banda ancha es cada vez más atractivo como solución para reducir la brecha digital, por la rapidez y el menor costo que tienen estas soluciones con respecto a redes cableadas.

5.3.1. Principios de la planeación que se analizan

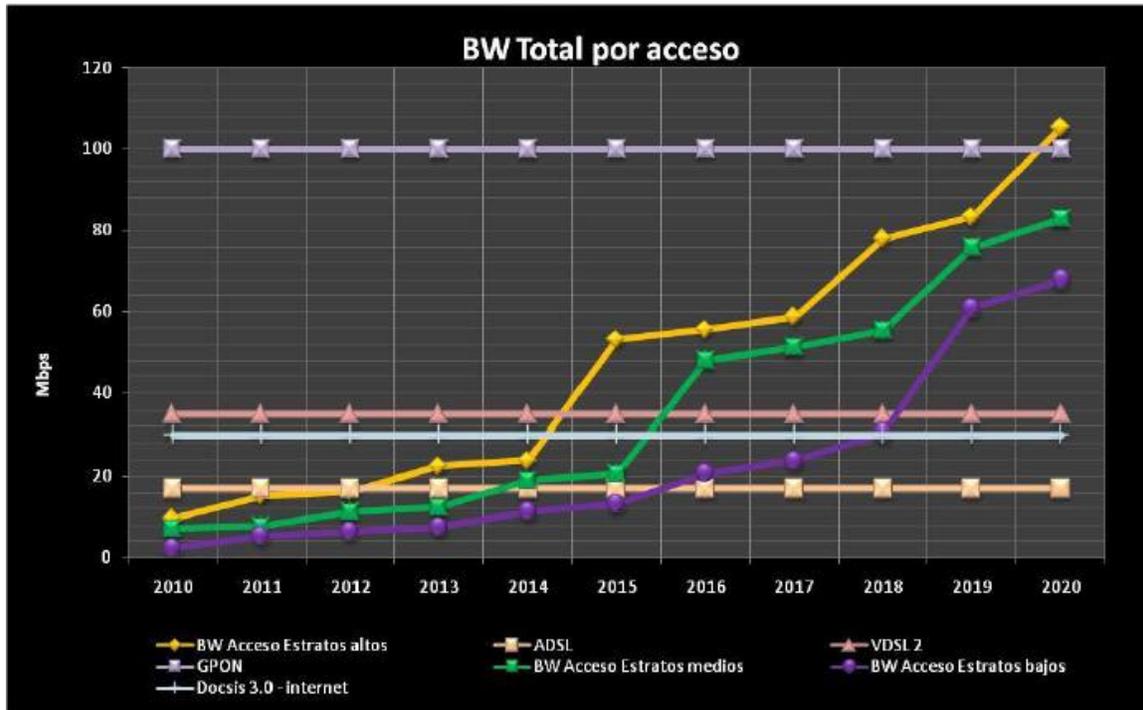
Es necesario para la planeación definir cuáles son los aspectos básicos a considerar en las redes 4G, dado que la planeación no se puede hacer a largo plazo.

- La modernización y la adecuación del marco legal para fortalecer las actividades de administración del espectro con base en el interés público.
- La independencia organizacional del ente encargado de brindar el soporte técnico en la gestión del espectro, que le permita establecer estrategias clave en procesos internos y externos con otras dependencias gubernamentales y organizaciones nacionales e internacionales.
- Medidas de competencia que garanticen un terreno equilibrado para los prestadores de servicios.
- La adaptación de las bandas existentes y futuras del espectro para el aprovechamiento de las ventajas que generan los avances tecnológicos, y una activa participación en la armonización regional y mundial.
- Medidas de monitoreo, control y cumplimiento de estándares para la identificación de interferencias perjudiciales, uso correcto y eficiente del espectro en las diferentes bandas de frecuencias, y control de calidad en redes y equipo terminal.

5.3.2. Proyección de ancho de banda por cliente

Todos los operadores dentro de su planeación, deben considerar el servicio ofertado a los clientes, es así como se ilustra en la gráfica siguiente una proyección estimada.

Imagen 21. Ancho de banda (BW)



Fuente: MINTIC.

5.3.3. Evolución de las redes móviles

En los diseños de redes móviles es importante considerar los referentes evolutivos de las familias de las redes inalámbricas, dado que con base en ello se realiza la proyección y vida útil de la red y los servicios ofrecidos por los proveedores de telecomunicaciones.

En la siguiente tabla se ilustra el tipo de servicio y los tiempos que demora en la descarga según la tecnología aplicada.

Tabla 10. Tipo de servicio y tiempo de demora en la descarga según la tecnología aplicada

	EDGE	UMTS	HSPA	HSPA+	LTE
	56kbps	512kbps	2Mbps	5Mbps	40Mbps
Web Visit	36 Seconds	4 Seconds	1 Second	immediately	immediately
Download 5M Music	12 Minutes	1.5 Minute	20 Seconds	8 Seconds	1 Second
Download 25M Video	1 Hour	6.5 Minutes	1.5 Minute	40 Seconds	5 Seconds
Download 750M movie	30 Hours	3.25 Hours	50 Minutes	20 Minutes	2.5 Minutes
Download HD-Video	10+ Days	~1 Day	~6 Hours	~2 Hours	~15 Minutes

Fuente: Proveedores de servicios de 4G.

La tabla 3 complementa la información de los tiempos de descarga de información en la tecnología 4G.

Imagen 22. Retardo máximo de descarga de los servicios

	2G 56 kbps	3G 512 kbps	3G HSPA 2 Mbps	HSPA+ 5 Mbps	4G⁺
Cargar una página WEB	36 Segundos	4 Segundos	1 Segundo	Inmediato	Inmediato
Bajar una canción de 5 Megas	12 Minutos	1,5 Minuto	20 Segundos	9 Segundos	3 Segundos
Bajar un video de 25 Megas	1 Hora	6,5 Minutos	1,5 Minuto	40 Segundos	15 Segundos
Bajar una película de 750 Megas	30 Horas	3,25 Horas	50 Minutos	20 Minutos	7,5 Minutos
Bajar un video en HD	10 + Dias	~ 1 Día	~ 6 Horas	~ 2 Horas	~ 25 Minutos

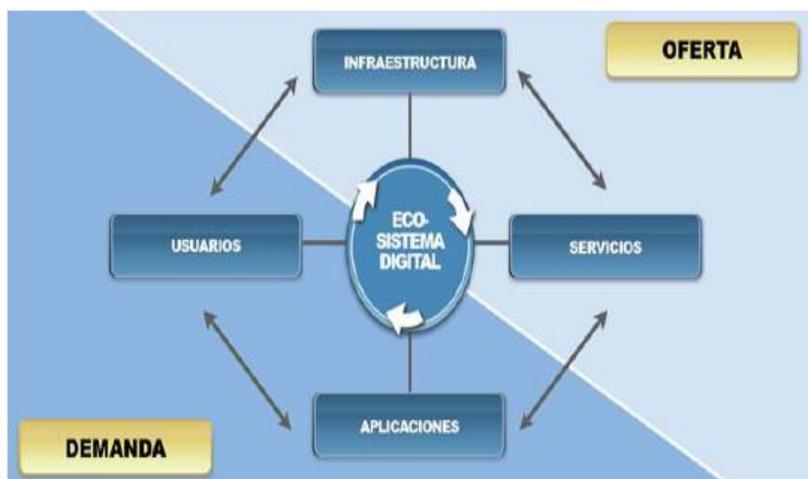
Fuente: Proveedores de servicios de 4G.

En la imagen se ilustra el retardo máximo de descarga de los servicios ofertados por los proveedores.

5.3.4. Estrategia del Gobierno Nacional al 2014

Una de las acciones planteadas por el Gobierno Nacional con proyección corta para el año 2014, es que todos los colombianos contarán con al menos una solución de conectividad gracias a una moderna autopista de la información.

Imagen 23. Componentes a considerar en la red de transporte



Fuente MINTIC.

Allí se deja plasmado los cinco componentes a considerar en la red de transporte para cubrir la oferta y la demanda de los usuarios mediante aplicaciones y servicios soportados en la infraestructura.

5.3.5. Tendencias del mercado a nivel internacional para redes fijas

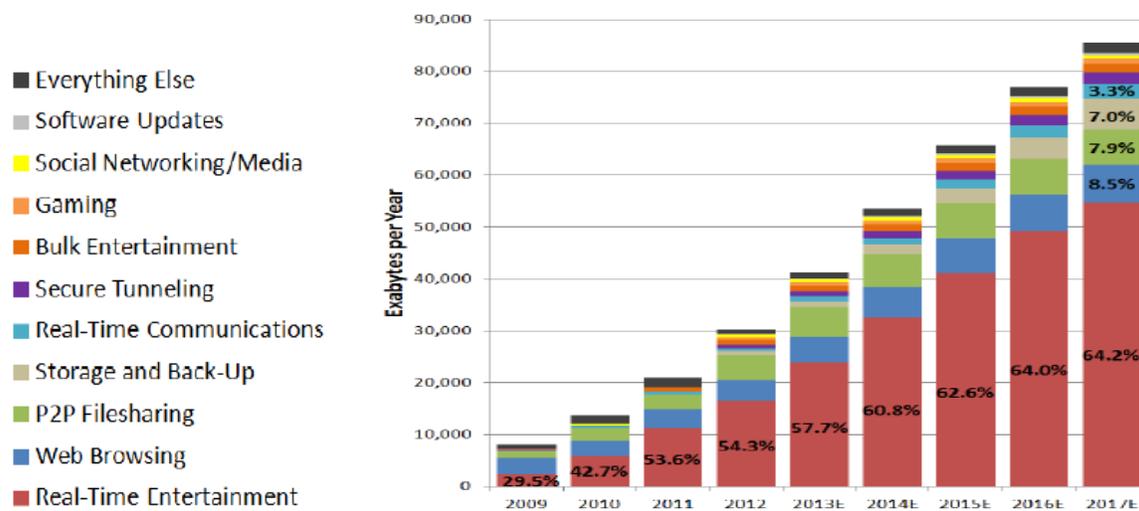
En la constante evolución de los diferentes mercados todos los operadores realizan una proyección con base en las tendencias del mercado; la siguiente imagen ilustra este comportamiento a nivel mundial.

Distribución de porcentajes:

- 64.2% Entretenimiento en tiempo real.
- 8.5% Navegación WEB
- 7.9% Intercambio de archivos
- 7.0% Respaldo de información
- 3.3% Comunicaciones en tiempo real.
- 9.1% Se distribuye entre otros servicios.

Adicionalmente, se ilustra en la gráfica los exabytes por año (Exabyte equivale a diez elevado a la dieciocho).

Gráfica 1. Exabytes por año



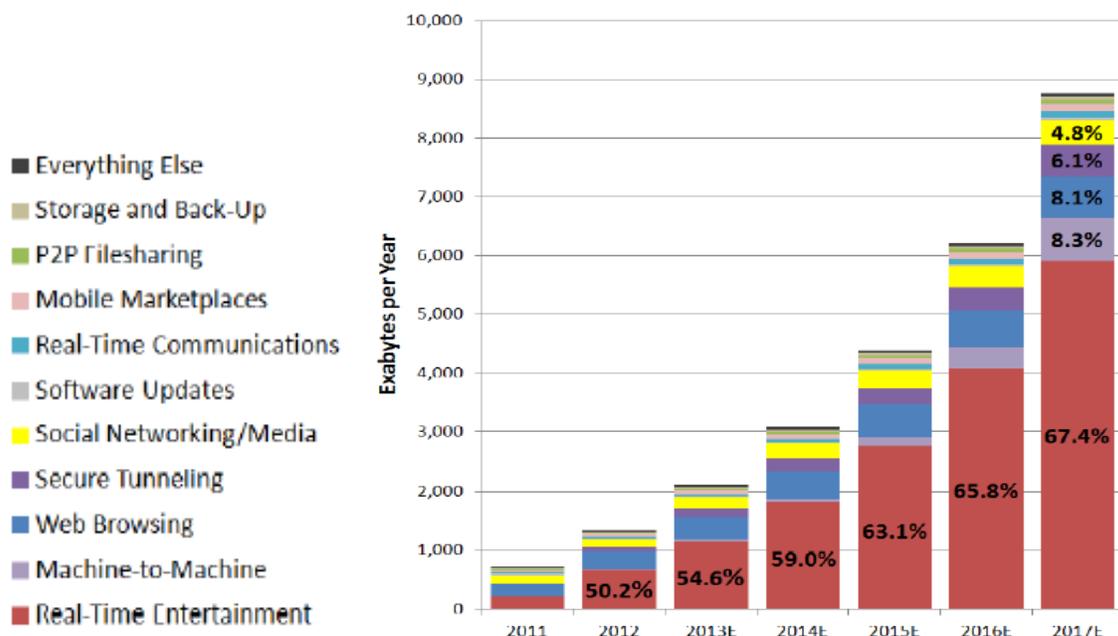
Fuente: MINTIC.

5.3.6. Tendencias del mercado a nivel internacional para móviles

Es importante describir cual será la tendencia en redes móviles para algunos países donde el crecimiento regulado del espectro permite brindar un servicio óptimo de calidad a los usuarios.

En la siguiente gráfica se ilustra y describen los porcentajes que indican la evolución y el manejo que los proveedores proyectan al 2017.

Gráfica 2. Exabytes por año



Fuente: MINTIC

Básicamente, la diferencia evolutiva entre las redes fijas y móviles, está determinada por la cantidad de Exabyte por año y los servicios móviles que ofrecen los operadores de telecomunicaciones.

5.3.7. Tendencias tecnológicas de transporte de telecomunicaciones

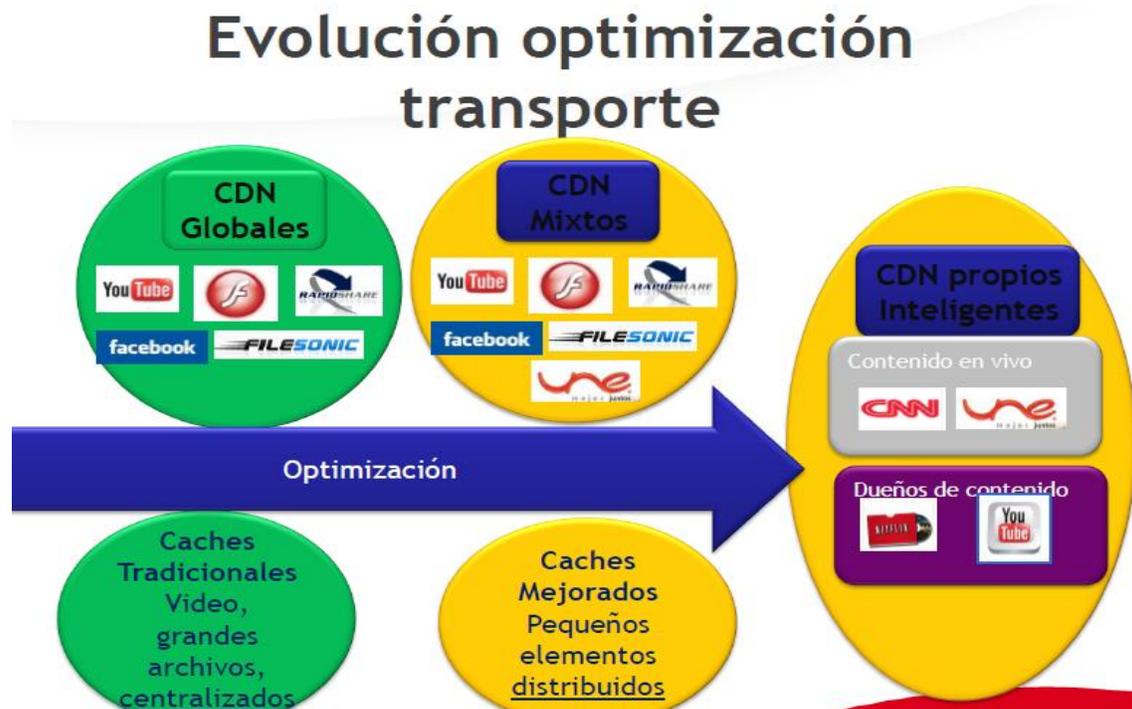
Los proveedores de servicios de telecomunicaciones, han invertido gran cantidad de dinero en el despliegue de tecnologías de conmutación incorporando la óptica dentro de sus principales componentes, los siguientes son los ítems más relevantes que han implementado:

- Conmutación óptica OTN (Optical Transmisión Network) en sus redes de datos.
- Redes de transporte de alta capacidad con troncales entre 40, 100 y 400 Gigas.

- Convergencia de las redes IP con redes de transmisión.
- Redes preparadas para soportar (IPV6, IS-IS, BGP, OSPF v2).

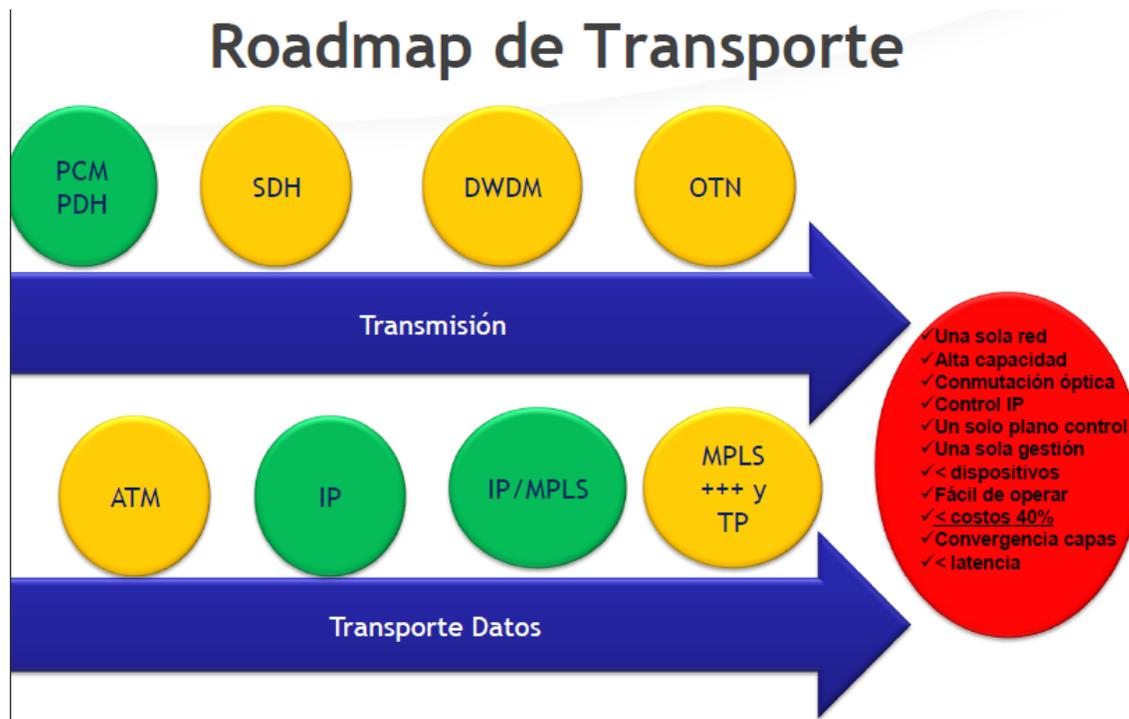
La siguiente imagen ilustra la topología a utilizar para las redes de transporte y la integración planeada.

Imagen 24. Topología a utilizar para las redes



Fuente: MINTIC.

Imagen 25. Integración



Fuente: MINTIC.

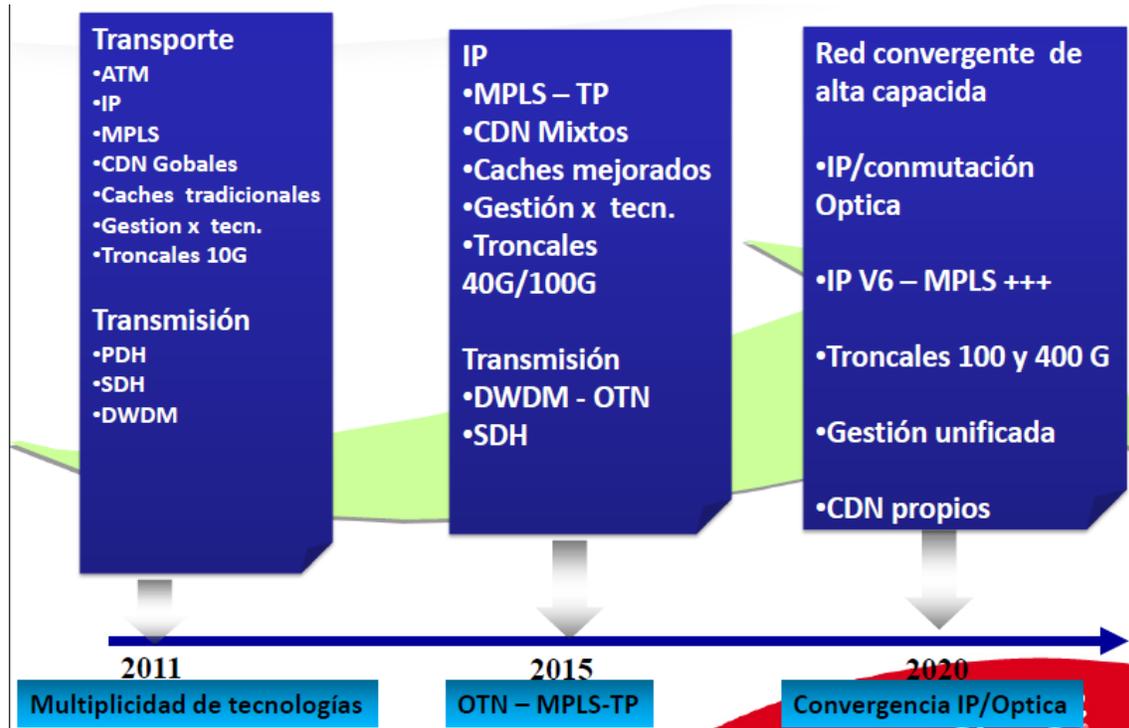
En la anterior imagen se ilustra la integración planeada desde el punto de vista de servicios convergentes en transmisión y transporte de datos.

Se observan que esto conlleva a una reducción de 40% en costos operacionales para los proveedores de servicios, incluso una disminución de retardo en la transmisión dado que se integra en una sola gestión los servicios ofertados.

5.3.8. Planeación de la red de transporte

Cada proveedor de servicios realiza una planeación, con visión cercana a los 10 años, orientando que la infraestructura física sea el soporte técnico para los servicios y productos a desarrollar durante los próximos 10 años para no tener que invertir dinero en la red de transporte. La siguiente imagen ilustra una proyección al año 2020.

Imagen 26. Evolución de las redes de transporte



Fuente: MINTIC.

Se observa en la anterior imagen la evolución de las redes de transporte migrando del año 2011 en transmisión de PDH, SDH Y DWDM para alcanzar en 2012 en transmisión DWDM, OTN Y SDH, sin embargo para el año 2020 las anteriores transmisiones no serán utilizadas dado que la convergencia logra unificar las redes IP Y Conmutación óptica mediante IPV6 – MPLS, TRONCALES 100 Y 400 G, CND propio de cada proveedor.

6. ANÁLISIS DE RETOS, REGULACIÓN Y PROYECCIÓN DE REDES 4G

6.1 RETOS DE 4G

Cada operador en su planeación los retos a los cuales considera se va a enfrentar de cara a las necesidades de los usuarios y la competencia por el servicio, es así como se sugiere de forma general plantearse los siguientes retos:

- Aprovechar conectividad de la red fibra del plan vive digital
- Posibilidad de desarrollar negocios de conectividad en Centro y Sur América. Aprovechando la estrategia de ampliación regional de EPM en el sector eléctrico.
- Brasil como la sexta economía mundial potencial crecimiento de negocios con este país y posibilidad de transito del trafico de Colombia hacia Sur América y Europa.
- Definir el momento oportuno para la implementación de CDN propios.
- Evaluar para que casos particulares se aplica el compresor de tráfico (Enlaces de alto costo nacionales o internacionales).
- Transporte para contenido entregado en cabeceras virtuales en cualquier parte del mundo.
- Disponibilidad de espectro radioeléctrico.
- Acceso de los diversos agentes económicos para utilizarlos.

En cuanto a la utilización de bandas, el principal reto que se tiene en Colombia es la asignación de las bandas en las cuales los proveedores de servicios de telecomunicaciones van a montar los servicios ofertados en la tecnología 4G, para ello se ha determinado que las bandas a utilizar son:

- Banda AWS, una frecuencia apareada de 1700 MHz con 2100 MHz, la cual está disponible en muchos países de América y ya está siendo subastada en algunos.

- Banda es la de 2,5 GHz, que también ya se comenzó a subastar en algunos mercados latinoamericanos. No está disponible en Estados Unidos aunque sí posiblemente en el futuro esté disponible en Canadá.
- Banda 700 Mhz, que es tal vez la más atractiva por sus características de propagación, llamada dividendo digital.

En conjunto, estas tres bandas ofrecen una gran oportunidad para masificar los servicios de banda ancha móvil en Latinoamérica, dando origen a las nuevas plataformas, que por espacio de 8 años darán soporte a las redes de 4G al ser convergentes en su prestación de servicios IP.

6.2 ASPECTOS BÁSICOS DE REGULACIÓN

Colombia es un país que debe regular el uso del espectro electromagnético, dado que es un bien finito y por ende el uso no controlado, puede entre otras deteriorar aún más la calidad de los servicios móviles actuales, dado que no se regula el uso que cada proveedor del servicio puede dar, es allí donde nace la imperiosa necesidad de llevar la tecnología 4G a subasta pública, pero controlada bajo nuevas leyes, que al momento de esta investigación en el año 2012 no se había aprobado desde el honorable Senado, se deja planteado que para el 2013 se iniciará la concertación de la nueva ley que promueva una regulación en los servicios móviles de tal forma que no se connote la acción de monopolio y posición dominante de un proveedor de telecomunicaciones.

6.2.1 Regulación en Roaming

El servicio de Roaming consiste en utilizar una infraestructura de un proveedor por otro proveedor diferente al que construye el componente físico, para los servicios móviles el componente físico se refiere a las antenas de transmisión y recepción de señales, más conocidas como estación base (BS).

El objetivo es regular el cobro que cada proveedor hará para que un usuario diferente utilice la infraestructura y el cobro realizado al proveedor que utiliza la infraestructura sea acorde con la regulación que imponga por ley, se espera que para el 2013 la nueva ley deje este tema claro y no se preste para connotación de monopolio por caso Roaming.

6.2.2. Regulación según la Constitución Política de Colombia.

Es fundamental continuar desde la implementación y vigencia de la nueva ley que se contempla iniciar el próximo año 2013, se invoque a los artículos que se describen a continuación (entre otros) y que están definidos desde la Constitución de 1991:

- Artículo 333: Define que la libre competencia económica es un derecho de todos que supone responsabilidades, es allí donde se deja evidencia de la falta de regulación y ley antimonopolio en las telecomunicaciones.
- Artículo 365: Define y establece que los servicios públicos son inherentes a la finalidad social del Estado y es su deber asegurar su prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional, y según lo dispuesto en este artículo antes mencionado, corresponde al Estado ejercer las funciones de regulación, control y vigilancia de dichos servicios.
- Resolución 2209 de 2009 de la Comisión de Regulación de Comunicaciones: Por la cual se establece que es competente para imponer de oficio o a solicitud de parte de las servidumbres de acceso, uso e interconexión y las condiciones de acceso y uso de instalaciones esenciales, recursos físicos y soportes lógicos necesarios para la interconexión, y señalar la parte responsable de cancelar los costos correspondientes, así como fijar de oficio o a solicitud de parte las condiciones de acceso, uso e interconexión. Así mismo, determinar la interoperabilidad de plataformas y el interfuncionamiento de los servicios y aplicaciones.
- Legislación ambiental. Acorde con la norma NTC-ISO14001-2004, por la cual se estable entre otras, las políticas ambientales que toda empresa debe

cumplir para mitigar la afectación ambiental y el impacto generado al medio ambiente.

- Resolución 3510 de 2011: Por la cual se modifica el anexo 01 de la Resolución CRT 2058 de 2009 y la Resolución CRC 3496 de 2011. Considerando: Que de conformidad con lo dispuesto en el artículo 19 de la Ley 1341 de 2009, la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC), es el órgano encargado de promover la competencia, evitar el abuso de posición dominante y regular los mercados de las redes y los servicios de comunicaciones, con el fin de que la prestación de los servicios sea económicamente eficiente y refleje altos niveles de calidad.
- Artículo 4º de la Ley 72 de 1989: sostiene que los canales radioeléctricos y demás medios de transmisión que Colombia utiliza o pueda utilizar en el ramo de las telecomunicaciones son propiedad exclusiva del Estado.

6.3. PROYECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA 4G

La constante evolución y desarrollo técnico y tecnológico en los servicios de telecomunicaciones, plantean grandes retos de proyección de servicios, es la razón por la cual se plantea que 4G-LTE (Long Terminal Evolution) pueda verse como una gran proyección de servicios móviles para los usuarios, algunas características de 4G – LTE. Long Term Evolution.

6.3.1. Características de las redes 4G

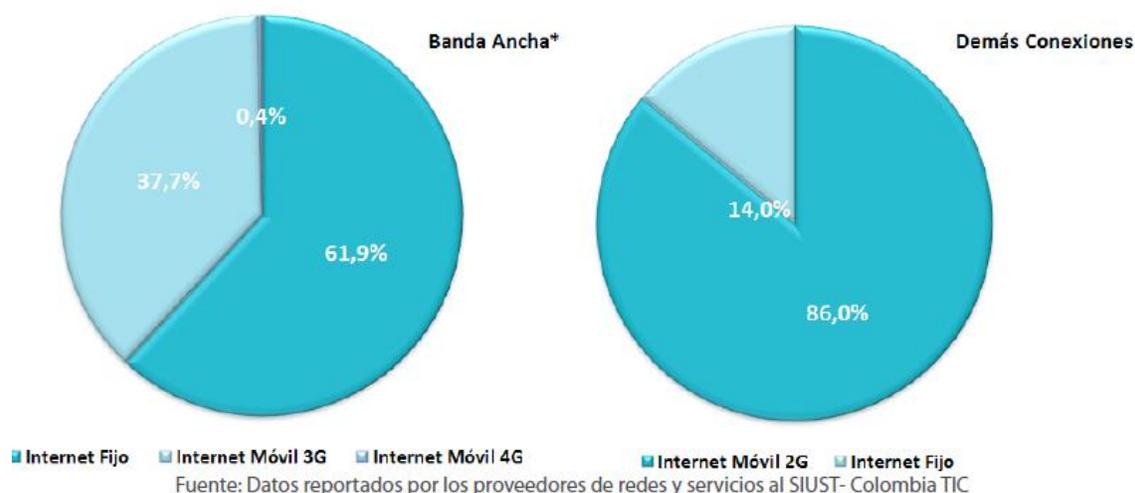
- Tecnología inalámbrica de banda ancha móvil.
- Permite a los clientes experiencias únicas para acceder a internet desde cualquier lugar.
- Gran velocidad de navegación hasta 12 Megas.
- Capacidad de descarga de 15 Gigas.
- Necesidades para usuarios.
- Aumentar capacidad de la red.

- Oportunidad de desarrollar nuevos productos y servicios.
- Generar nuevos ingresos.

6.3.2. Proyección de participación por acceso para año 2012 y futuro

El MINTIC, con base en las estadísticas de usuarios de servicios, recoge la información pertinente en la cual se ilustra el comportamiento que dicha información arroja, para validar que tecnología y servicios han incrementado o decrecido en uso.

Gráfica 3. Participación por tipos de acceso –Segundo trimestre 2012–

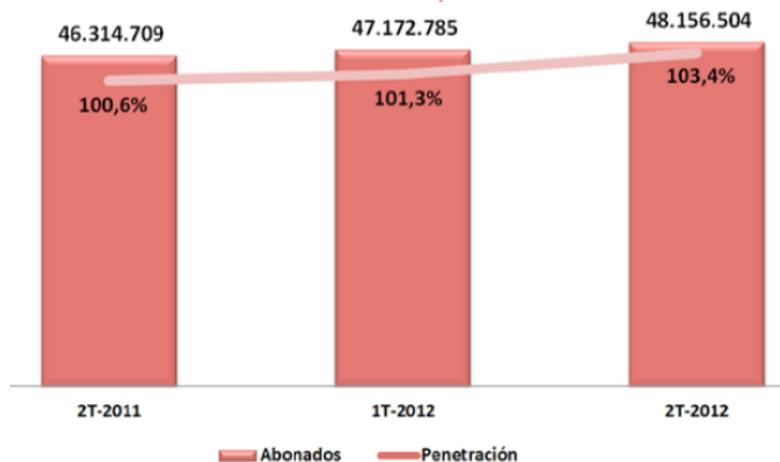


Fuente MINTIC.

6.3.3. Índice de penetración en servicios móviles al 2012

La información consultada en MINTIC, en el boletín de banda ancha Vive Digital 2012, arroja los resultados que se ilustran en la siguiente gráfica.

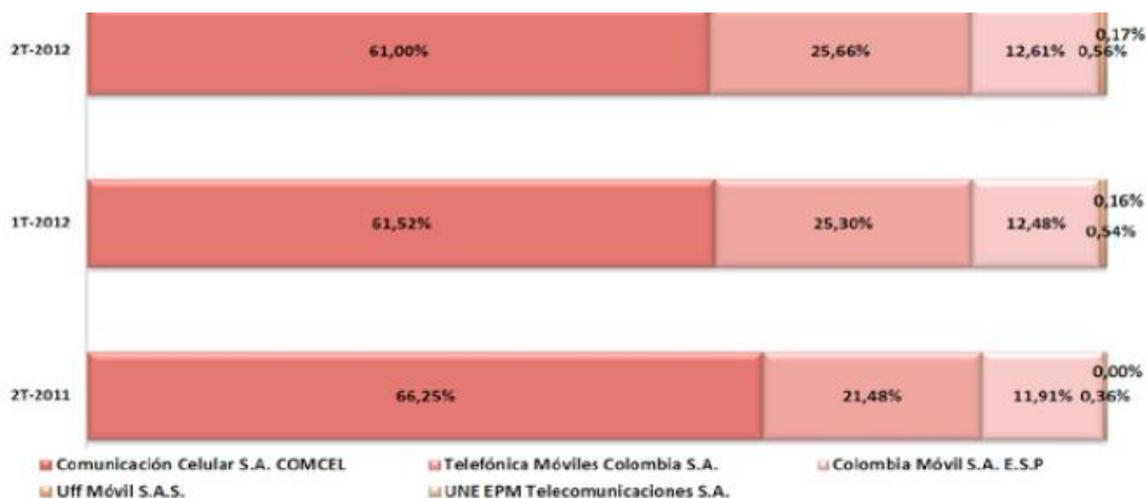
Gráfica 4. Abonados e índices de penetración de telefonía móvil



Fuente: MINTIC.

La anterior gráfica ilustra el comportamiento de los servicios móviles y el grado de penetración porcentual en dicho servicio, con la cual se evidencia que en Colombia más de 48 millones posee un servicio móvil, esta pone en desventaja a los proveedores de servicios fijos dado que si no migran a los servicios móviles tienden a desaparecer, la razón obedece que toda persona requiere tener el servicio donde se encuentre y con 4G lo puede lograr.

Gráfica 5. Comportamiento de usuarios por proveedor de servicios móviles



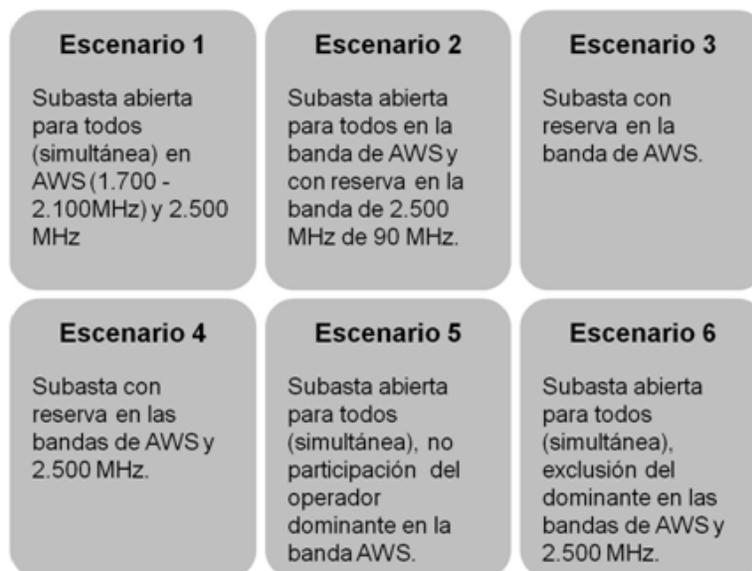
Fuente: MINTIC.

Es evidente el grado de participación del proveedor que más usuarios contempla en su portafolio de servicios.

6.3.4. Proyección de regulación para nueva ley en año 2013

Se plantean los siguientes escenarios para la asignación por medio de subasta en la tecnología 4G en el año 2013 y venideros de la siguiente forma (la siguiente imagen plantea los seis escenarios):

Imagen 27. Escenarios para la asignación por medio de subasta en la tecnología 4G



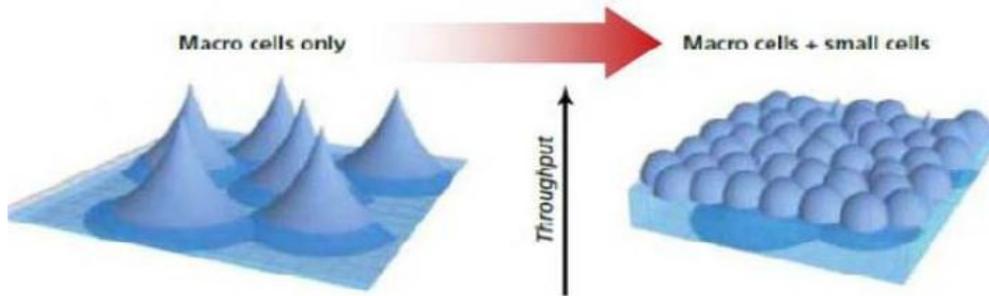
Fuente: Juan Mario Laserna y Jorge Robledo (Senadores).

Con estos seis escenarios, se deja plasmada la necesidad imperiosa de legislar en Colombia la movilidad desde una ley que impida la connotación e implementación de empresas monopolísticas y con posición dominante.

6.3.5. Proyección de antenas y patrones nuevos de radiación

Los avances tecnológicos y motivo de desarrollo para la tecnología 4G, logran involucran un avance significativo en la antenas que ofrecen este servicio, dado que el patrón de radiación cambia y con ello mejora la calidad del servicio porque no se presentan zonas de baja cobertura como lo ilustra la siguiente imagen.

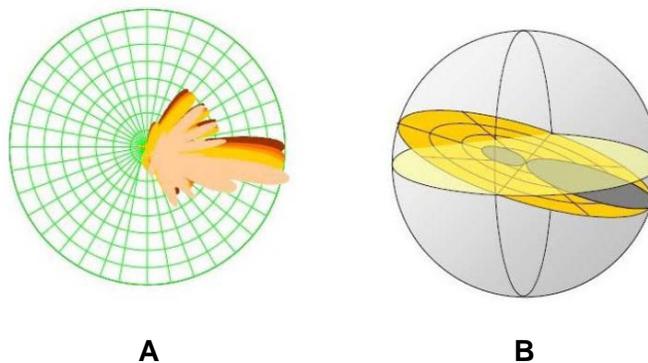
Imagen 28. Macro celdas modificadas



Fuente: 4G Américas (2012)⁸.

Se observa el cambio de comportamiento de patrón de radiación. La imagen A corresponde a un patrón tradicional sin gestión y en la imagen B se observa un patrón con gestión; esto quiere decir que el patrón cambia según los dispositivos a conectarse a la respectiva antena.

Imagen 29. Patrones de radiación inteligentes

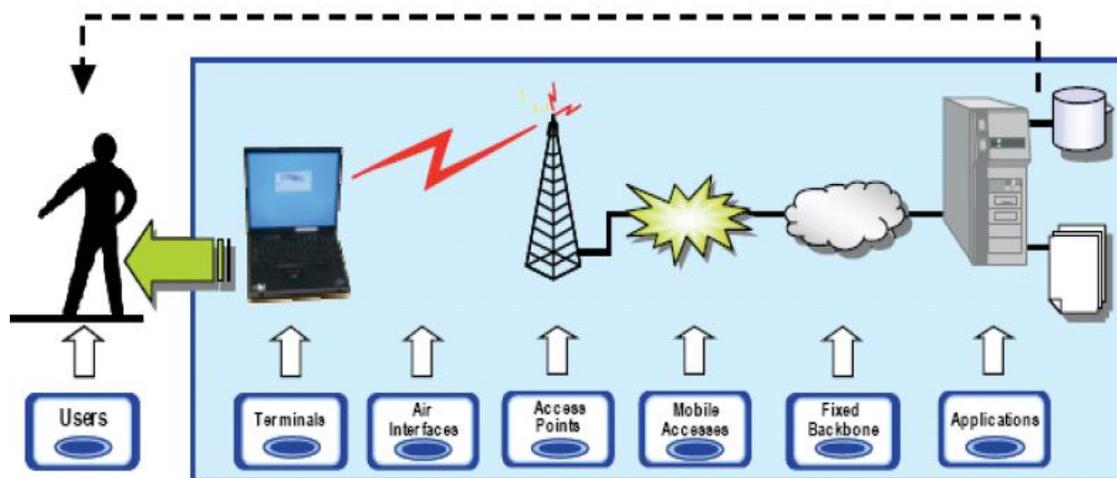


⁸ 4G AMÉRICAS. MIMO and Smart Antennas for Mobile Broadband Systems [en línea]. <<http://www.4gamericas.org/documents/MIMO%20and%20Smart%20Antennas%20for%20Mobile%20Broadband%20Systems%20Oct%202012x.pdf>> [Consultado en septiembre de 2012]

6.3.6. Proyección de topologías de 4G

Los proveedores de servicios de telecomunicaciones fundamentalmente basan sus servicios en la topología que se ilustra en la siguiente imagen, dado que el comportamiento de conexión física es igual para que pueda funcionar la conexión extremo a extremo.

Imagen 30. Etapas de conexión de un servicio móvil de 4G



Fuente: CARDOZO (2007)⁹.

Esta topología ilustra básicamente siete cuadros que comprenden las etapas de conexión de un servicio móvil de 4G.

6.3.7. Tecnologías claves para 4G

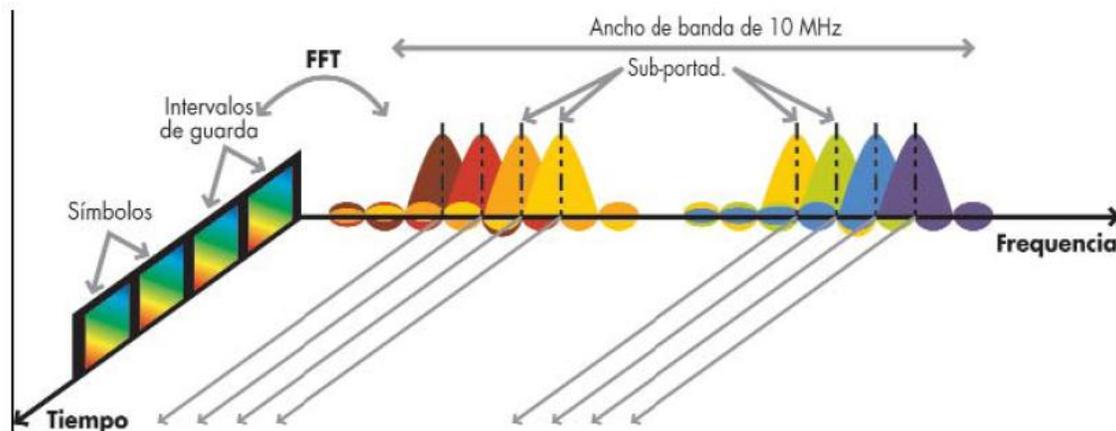
6.3.7.1. OFDM (multiplexión por división ortogonal de frecuencia)

No sólo proporciona una clara ventaja para las prestaciones de la capa física, sino que también proporciona un marco para mejorar las prestaciones de la capa 2 al proponer un grado adicional de libertad. Al usar OFDM es posible explotar el

⁹ CARDOZO, Carlos. Op. Cit. p. 7.

campo del tiempo, el campo del espacio, el campo de frecuencias e incluso el campo de código para optimizar el uso del canal radioeléctrico. Esto asegura una transmisión muy sólida en entornos multi-camino con reducida complejidad del receptor.

Imagen 31. OFDM



Fuente: MINTIC.

Como se muestra en la anterior imagen, la señal se divide en sub-portadoras ortogonales, en cada una de las cuales la señal es de “banda estrecha” (unos pocos kHz) y por lo tanto inmune a los efectos multi-camino, suministrado un intervalo de seguridad que se inserta entre cada símbolo OFDM.

OFDM también proporciona una ganancia de diversidad de frecuencias, mejorando el rendimiento de la capa física. También es compatible con otras tecnologías de mejora, como las antenas inteligentes y MIMO. La modulación OFDM también se puede emplear como tecnología de acceso múltiple (OFDMA: acceso múltiple por división ortogonal de frecuencia). En este caso, cada símbolo OFDM puede transmitir información a/desde varios usuarios utilizando un conjunto diferente de subportadoras (subcanales). Esto no sólo proporciona flexibilidad

adicional para la asignación de recursos (aumentando la capacidad), sino que también permite la optimización intercala del uso del enlace radioeléctrico.

6.3.7.2. Equipo de radio definido por programa

Para este componente la red 4G se beneficia de la gran potencia de proceso actual para desarrollar terminales y estaciones base multi-banda y multiestándar. Aunque en el futuro los terminales adaptarán el interfaz aire a la tecnología de acceso radio disponible, actualmente lo hace la infraestructura. Se esperan 11 de SDR varias ganancias de infraestructura.

Por ejemplo, para aumentar la capacidad de red en un momento determinado (p. ej., durante un evento deportivo), un operador reconfiguraría su red añadiendo varios módems a una BTS (estación transceptora de base) determinada. SDR hace esta reconfiguración sencilla. En el contexto de los sistemas 4G, SDR se convertirá en un habilitador de agregación de (pico/micro) celdas multi-estándar. Para un fabricante, esto puede ser una potente ayuda para suministrar equipo multi-banda y multi-estándar con costes y esfuerzos de desarrollo reducidos mediante tratamiento multi-canal simultáneo.

6.3.7.3. Entrada múltiple/salida múltiple (MIMO)

MIMO utiliza multiplexión de señal entre múltiples antenas de transmisión (multiplexión del espacio) y tiempo o frecuencia. Es muy adecuado para OFDM, ya que es posible procesar símbolos independientes del tiempo tan pronto la forma de onda de OFDM se diseñe correctamente para el canal.

Este aspecto de OFDM simplifica mucho el tratamiento. La señal transmitida por m antenas se recibe por n antenas. El tratamiento de las señales recibidas puede proporcionar varias mejoras de las prestaciones: alcance, calidad de la señal recibida y eficiencia del espectro. En principio, MIMO es más eficiente cuando se reciben señales de múltiples caminos.

6.3.7.4. Evolución de los servicios 4G

La evolución de 3G a 4G estará impulsada por servicios que ofrecen mejor calidad (p.ej., vídeo y sonido) gracias a un mayor ancho de banda, a más sofisticación en la asociación de una gran cantidad de información, y a personalización mejorada. La convergencia con servicios de otras redes (empresas, fijas) tendrá lugar con la alta velocidad de la sesión. Se espera que el impacto en la capacidad de la red sea importante.

La transmisión máquina-máquina afectará a dos tipos básicos de equipo: sensores (que miden parámetros) y etiquetas (que generalmente es equipo de lectura/escritura).

Se espera que los usuarios requieran altas velocidades, similares a las de las redes fijas, para aplicaciones de datos y de emisión. Se espera que el uso de los terminales móviles (ordenadores personales, agendas personales digitales, portátiles) crezca rápidamente a medida que sean más amigables. El vídeo fluido de alta calidad y la reactividad de la red son importantes requisitos de usuario.

Los requisitos clave para el diseño de la infraestructura incluyen: respuesta rápida, velocidad de sesión alta, gran capacidad, tarifas de usuario bajas, rápido retorno de la inversión para los operadores, inversión que está en línea con el crecimiento de la demanda y sencillos terminales autónomos. La infraestructura será mucho más distribuida que en los actuales despliegues, al facilitar la introducción de una nueva fuente de tráfico local: máquina-a-máquina.

6.3.7.5. Transferencia y Movilidad

Las tecnologías de transferencias basadas en tecnología IP móvil se han considerado para voz y datos. Las técnicas de IP móvil son lentas pero se pueden acelerar con métodos clásicos (jerárquico, IP móvil rápido). Estos métodos son

aplicables a los datos y probablemente también a la voz. En redes de frecuencia única, es necesario volver a considerar los métodos de transferencia.

Se pueden usar varias técnicas cuando la relación portadora-interferencia es negativa (p. ej., VSF-OFDM, repetición de bits), pero el inconveniente de estas técnicas es la capacidad. En OFDM, existe la misma alternativa que en CDMA, que es utilizar la macro-diversidad.

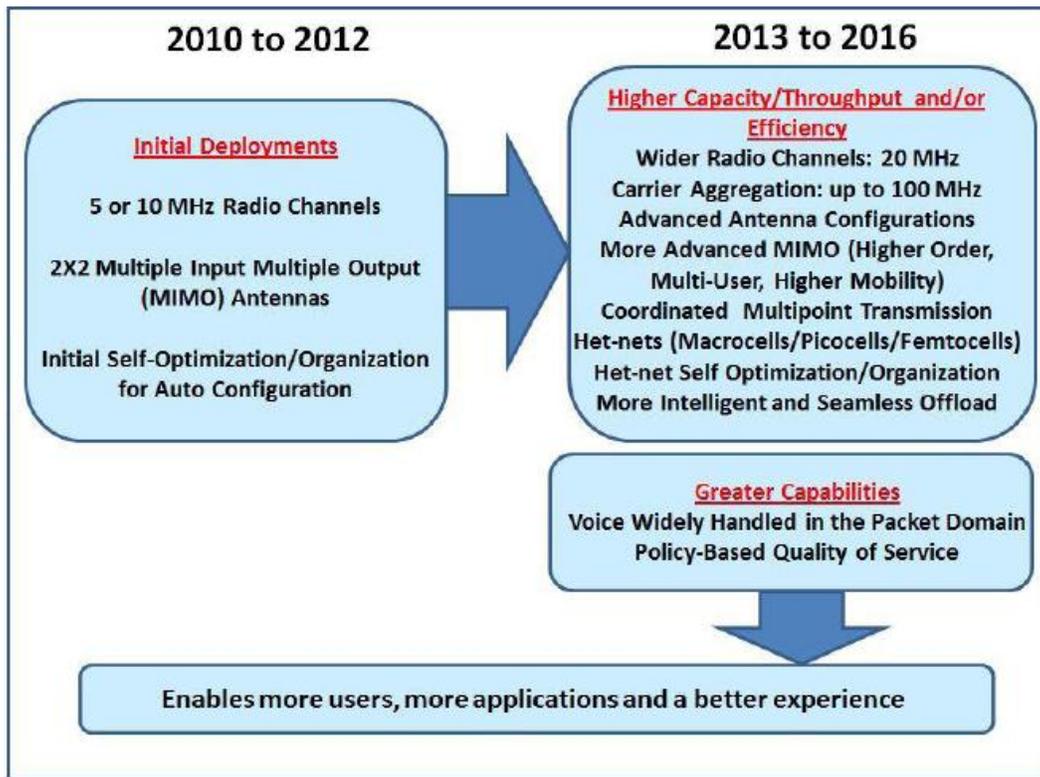
En el caso de OFDM, MIMO permite tratamiento de macro-diversidad con ganancias en las prestaciones. No obstante, la instalación de la macro-diversidad implica que el tratamiento MIMO se centralice y que las transmisiones son sincronas. Esto no es tan complejo como en CDMA, pero esta técnica sólo se utilizaría en situaciones en las que el espectro es muy escaso.

En tal sentido, MIMO considera todas actuaciones básicas de transmisión de redes de 4G.

6.3.7.6. Plataforma móvil del 2010 al 2016

Es fundamental referir la plataforma que debe soportar la tecnología de 4G al año 2016, con fines de diseño y planeación para los proveedores de telecomunicaciones; en la siguiente imagen se ilustra cuál es esta plataforma y su interacción con los servicios móviles.

Imagen 32. Plataforma y su interacción con los servicios móviles



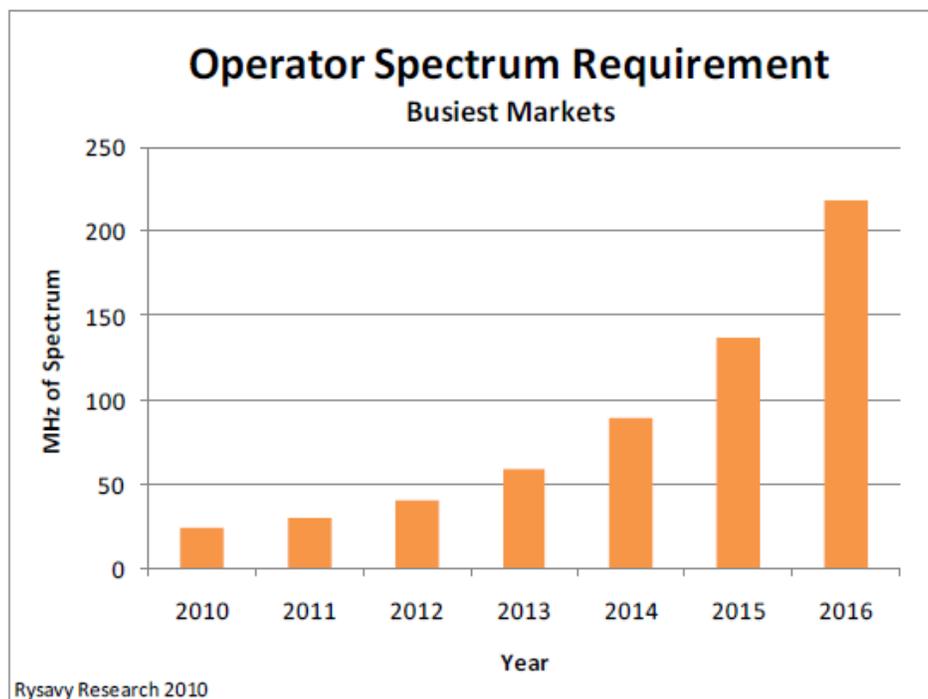
Fuente: MINTIC.

6.3.7.7. Espectro requerido por proveedor para 4G al año 2016

Para los servicios móviles todos los operadores deben considerar dentro de su portafolio de requerimientos, el espectro que requiere la operación de la tecnología 4G, la imagen anterior muestra a modo ilustrativo cual es dicho espectro.

En la siguiente gráfica se ilustra la necesidad mínima del requerimiento del espectro que todo proveedor y operador de servicios móviles debe planear hasta el año 2016.

Gráfica 6. Requerimiento del espectro



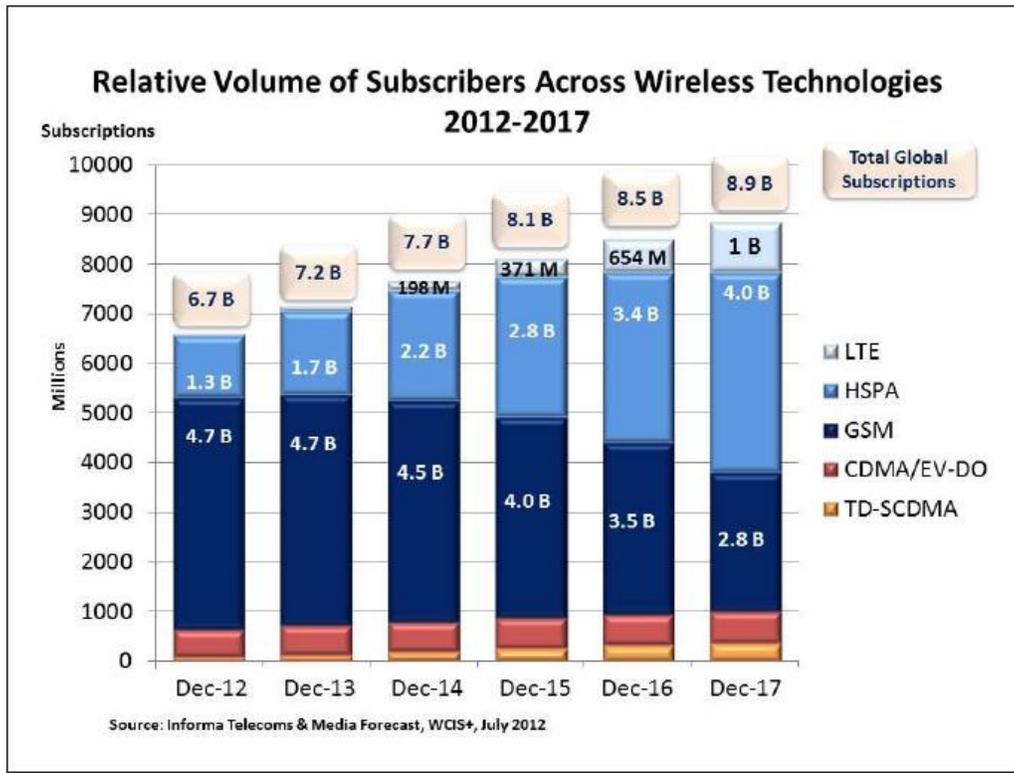
Fuente: MINTIC.

6.3.7.8. Proyección de suscriptores en redes móviles al año 2017

En la siguiente gráfica se ilustra cuál es la proyección que se planea para los servicios móviles, que tiene por finalidad que los proveedores consideren en sus diseños y planeaciones la vida útil que deben dar a las redes físicas para suplir la necesidad de conexión para todos los servicios ofertados.

Se evidencia en este cuadro el comportamiento que tendrán los operadores de servicios móviles proyecto la capacidad de los servicios y usuarios que se contempla tendrá vida útil al año 2017.

Gráfica 7. Comportamiento que tendrán los operadores



Fuente: Telecom Media Forecast.

7. CONCLUSIONES

Las redes wireless del futuro necesitaran soportar diversas aplicaciones multimedia a través de IP para así permitir compartir recursos entre múltiples usuarios. Tendrá que existir una baja complejidad de implementación y medios eficientes de negociación entre usuarios finales y la infraestructura wireless. La cuarta generación promete contemplar la mete de PCC (Personal Computing and Communication)

Las velocidades de transmisión de datos a mega bits por segundo de miles de terminales móviles y radioeléctricos por kilómetro cuadrado generan varios retos. Algunas tecnologías clave permiten la introducción progresiva de estas redes sin poner en peligro las inversiones existentes. Se necesitan tecnologías que trabajen en conjunto como una sola para obtener alta capacidad a bajo coste, lo cual se está realizando de forma progresiva. Con la tecnología 4G se conseguirá globalizar el mundo de la comunicación móvil permitiendo a este un mayor aprovechamiento de la información y tecnología.

Como la historia de las comunicaciones móviles lo muestra, se realizaron intentos para reducir el número de tecnologías a un solo estándar global. Los sistemas 4G se proyectan para ofrecer un estándar que pueda abarcar a todo el mundo a través de su concepto clave: integración.

8. RECOMENDACIONES

Se debe llevar a cabo actividades pedagógica en la IUE, ilustrando los aspectos básicos de la tecnología 4G a los Estudiantes y comunidad educativa en general, para que estén al tanto de la tecnología de punta y la proyección al año 2017.

BIBLIOGRAFÍA

4G AMÉRICAS. MIMO and Smart Antennas for Mobile Broadband Systems [en línea].

<<http://www.4gamericas.org/documents/MIMO%20and%20Smart%20Antennas%20for%20Mobile%20Broadband%20Systems%20Oct%202012x.pdf>> [Consultado en septiembre de 2012]

4G AMÉRICAS. Mobile Broadband Explosion [en línea].

<<http://www.4gamericas.org/documents/4G%20Americas%20Mobile%20Broadband%20Explosion%20August%2020121.pdf>> [Consultado en agosto de 2012]

ASOCIACIÓN DE EMPRESAS DE ELECTRÓNICA, TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y TELECOMUNICACIONES DE ESPAÑA –AETIC–. Infraestructuras de tecnología móvil. Instalación, funcionamiento e influencia en el desarrollo territorial. p. 7 [en línea]. <<http://moviles.gva.es/Docs/AETIC.pdf>> [Consultado en julio de 2012]

BETANCOURT MACHADO, Tomas. Sistemas de televisión clásicos y avanzados. España: IORTV, 1990.

BETANCOURT MACHADO, Tomas. Televisión digital. España: Colección Beta: Temas audiovisuales, 2003. 304 p.

CARDOZO, Carlos. 4G: Tecnologías y sistemas de la cuarta generación móvil. Asunción: Universidad Católica Nuestra Señora de La Asunción, 2007. p. 5 [en línea]. <<http://www.jeuazarru.com/docs/4G.pdf>> [Consultado en agosto de 2012]

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE COMUNICACIONES. Estudio integral de Redes de Nueva Generación y convergencia. Bogotá: Centro de conocimiento del negocio, 2007.

COMISIÓN NACIONAL DE TELEVISIÓN –CNTV–. Así se eligió el estándar de televisión digital terrestre para Colombia [en línea]. <http://www.cntv.org.co/cntv_bop/tdt/contenido16.html> [Consultado en junio de 2012]

CUBERO, Manuel. La Televisión Digital. España: Marcombo, 2009.

KATZ, David & GENTILE, Rick. Industrial control design line. Fundamentals of embedded video, part 2, Chroma subsampling [en línea]. <www.industrialcontroldesignline.com/howto/202> [Consultado en mayo de 2012]

MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA DE ESPAÑA. Investigación analítica sobre redes multimedia de distribución y acceso de archivos audiovisuales educativos y culturales [en línea]. <<http://ares.cnice.mec.es/informes/13/index.htm>> [Consultado en junio de 2012]

MINISTERIO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES. Cuadro nacional de atribución de bandas de frecuencia. Bogotá: Dirección Desarrollo del Sector, 2010. p. 421.

PADILLA AGUILAR, Jhon Jairo. Sistemas móviles celulares [en línea]. <<http://jpadilla.docentes.upbbga.edu.co/moviles/10%20SISTEMAS%20MOVILES%20CELULARES.pdf>> [Consultado en septiembre de 2012]

SIMONETY, José. Televisión Digital Avanzada. Argentina: Intertel, 2008.