

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA: INGENIERÍA ELÉCTRICA

**Tesis previa a la obtención del título de:
INGENIERO ELÉCTRICO**

**TEMA:
FACTIBILIDAD TÉCNICA DE IMPLEMENTACIÓN DE SMART METERING EN
EL ÁREA URBANA RESIDENCIAL CON TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIÓN
INALÁMBRICA 4G**

**AUTOR:
GONZALO VICENTE PÉREZ CÁSERES**

**DIRECTOR:
ING. EDWIN QUEL HERMOSA**

Quito, febrero de 2015

DECLARATORIA DE AUTORÍA:

Yo, Gonzalo Vicente Pérez Cáseres autorizo a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de grado y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaro que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Quito, 25 de Febrero del 2015

Gonzalo Vicente Pérez Cáseres
CC: 1716369416

AUTOR

CERTIFICA:

Haber dirigido y revisado prolijamente cada uno de los capítulos técnicos y financieros del informe de la monografía, intitulado “**FACTIBILIDAD TÉCNICA DE IMPLEMENTACIÓN DE SMART METERING EN EL ÁREA URBANA RESIDENCIAL CON TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA 4G**” realizada por el SR. Gonzalo Vicente Pérez Cáseres, previa a la obtención del título de Ingeniero Eléctrico en la Carrera de Ingeniería Eléctrica.

Por cumplir los requisitos autoriza su presentación

Quito, 25 de febrero del 2015

Ing. Edwin Quel Hermosa
DIRECTOR

DEDICATORIA.

Gonzalo Pérez López

Este proyecto es dedicado con mucho amor a Dios por haberme reservado los mejores padres del mundo a mi Madre, esposa e hija/os porque me impulsaron a seguir adelante, a mis familiares y amigos /as con quienes he pasado tiempo y de una u otra manera me han alentado a continuar. A mis hermanas quienes han compartido buenos y malos momentos conmigo brindándome su ayuda cuando lo he necesitado, en especialmente Dios que es una bendición en mi vida.

AGRADECIMIENTO

Gonzalo Vicente Pérez Cáseres

Agradezco a la comunidad Salesiana por ser la institución que me formó profesionalmente y permitió ser la persona que el mundo conoce hoy. Al Ing. Edwin Quel Hermosa por ayudarme a terminar el trabajo de fin de carrera, por iluminar mi mente y darme fuerza para alcanzar esta meta en mi vida y cumplirla. A mis profesores que estuvieron durante toda mi carrera, mil gracias.

INDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA:	II
CERTIFICA:	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	2
1.1. Redes Inteligentes Smart Grid	2
1.1.1. Definición de Smart Grid	3
1.1.2. Características y rentabilidad del Smart Grid.	4
1.1.3. Modelo estructural de las Smart Grid.	6
1.1.4. Tecnologías de Smart Grid.....	7
1.2. Smart Metering a nivel mundial.....	9
1.2.1. Definición de Smart Metering.....	11
1.2.2. Características y rentabilidad del Smart Metering.	12
1.2.3. Arquitectura del Smart Metering.....	13
1.2.4. Evolución del Componente de Campo.....	14
1.2.5. Despliegue de Smart Meter a nivel mundial.	15
CAPITULO II	17
2.1. Tecnologías de comunicación inalámbrica	17
2.1.1. Evolución de la IMT- Avanzada	18
2.2. Tecnologías GSM	22
2.2.1. Arquitectura del sistema GSM.....	22
2.3. Tecnologías UMTS.....	23
2.3.1. Arquitectura del sistema UMTS.....	23
2.4. Tecnología Long Term Evolution Advanced LTE-A	24
2.4.1. Arquitectura del sistema LTE-A	26
2.4.2. Duplexación FDD y TDD	28
2.4.3. Agregación de Portadoras (CA).....	30

2.4.4.	Tecnología en la capa física	32
2.4.5.	Mejoras en las estructuras Multi-antena (MIMO).....	33
2.4.6.	Bandas atribuidas para la operación de redes IMT 4G	36
2.4.7.	Características técnicas de las bandas 4G	40
2.4.8.	Redes 4G en el Ecuador	45
2.4.9.	Operadoras de telefonía móvil y bandas de frecuencia en el Ecuador	50
CAPITULO III.....		54
3.1.	Situación geográfica del área urbana	54
3.2.	Demanda de medición inteligente en el área urbana residencial.....	56
3.3.	Arquitectura de operación de Smart Metering	57
3.3.1.	Equipos de Medición.....	58
3.3.2.	Sistema de Gestión de Datos de Medición.....	59
3.4.	Análisis del equipamiento disponible para la implementación de Smart Metering.....	59
3.4.1.	Equipos para la EPC (Red troncal de paquetes evolucionada)	60
3.4.2.	Equipos para la E-UTRAN (Red de acceso evolucionada).....	60
3.4.3.	Determinación de la capacidad para la transmisión de la información de Smart Metering en el área rural	62
3.4.4.	Planificación de la Radiofrecuencia y Demanda de tráfico	63
3.4.5.	Análisis de Coberturas para las zonas urbanas.....	63
CAPITULO IV		65
4.1.	Análisis del uso de la tecnología LTE-A en sus bandas atribuidas aplicadas a Smart Metering	65
4.1.1.	Equipo de Red Troncal EPC	65
4.1.2.	Equipo para la red de acceso inalámbrica E-UTRAN.....	66
4.2.	Caracterización de la red de transporte y factibilidad técnica para la implementación de Smart Metering en zonas urbanas residenciales	67
4.1.3.	Modelo de Comunicación	67
4.1.4.	Análisis del uso de tecnología LTE-a en las bandas atribuidas a las IMT	69
4.1.5.	Información almacenada en los núcleos de paquetes evolucionado	72
4.3.	Análisis del uso de tecnología LTE-a en las bandas atribuidas a las IMT	74
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		76

REFERENCIAS	78
ANEXOS	82

INDICE DE FIGURAS

Figura I.1 Infraestructuras Eléctrica y de TIC`s	3
Figura I.2 Sistemas de electricidad inteligente.	4
Figura I.3 Visualización del modelo de arquitectura de Smart Grid.	6
Figura I.4 Áreas de tecnología de la red eléctrica inteligente.	8
Figura I.5 Mapa de proyectos de Smart metering en el mundo.	10
Figura I.6 Ingreso de medidores inteligentes en el mundo 2012-2020.	11
Figura I.7 Estructura de Smart Metering.	12
Figura I.8 Beneficios de Smart Meter.	13
Figura I.9 Arquitectura tradicional de comunicaciones en AMI	14
Figura I.10 Evolución de la Tecnología Smart Metering	15
Figura I.11 Países en constante avances Smart Metering	16
Figura II.1 La cobertura se divide en células.	18
Figura II.2 Evolución de las tecnologías de comunicaciones móviles.	20
Figura II.3 Arquitectura LTE-A.	28
Figura II.4 Enlaces de transmisión FDD – TDD.	29
Figura II.5 Diferencia entre FDD y TDD.	30
Figura II.6 El component carrier de diferentes anchos de banda.	31
Figura II.7 Alternativas de agregación de Bandas.	32
Figura II.8 Direcciones DL y UL.	34
Figura II.9 Coordinación de Operación Multipunto.	36
Figura II.10 Atribución de frecuencias.	39
Figura II.11 Número de celdas necesarias para brindar cobertura.	47
Figura II.12 Segmentación de la banda de 700 MHZ.	48
Figura II.13 Segmentación de la banda de 1700-2100 MHZ.	49

Figura II.14 Segmentación de la banda de 2.5 GHZ.	50
Figura II.15 Densidad del internet móvil anual de cada operadora.	51
Figura III.1 Sistema de gestión de red.	60
Figura III.2 Nodo B DBS3900 HUAWEI	61
Figura III.3 Medidor OpenWay Centron (Itron, 2015).	62
Figura III.4 Terminales de acceso al medio SC-FDMA y OFDMA	63
Figura IV.1 Características de eOMC910.	66
Figura IV.2 Terminales de acceso al medio SC-FDMA y OFDMA	67
Figura IV.3 Smart Metering con señales LTE.	74

INDICE DE TABLAS

Tabla I.1 Tecnologías Smart Grid.....	9
Tabla I.2 Principales beneficios de Smart Metering.....	13
Tabla II.1 Bandas de frecuencia Identificadas para las IMT.....	26
Tabla II.2 Frecuencias de la banda de 450 MHz.....	41
Tabla II.3 Frecuencias de la banda de 698 -960 MHz.....	42
Tabla II.4 Frecuencias de la banda de 698 -960 MHz.....	43
Tabla II.5 Frecuencias de la banda de 698 -960 MHz.....	44
Tabla II.6 Frecuencias de la banda de 698 -960 MHz.....	44
Tabla II.7 Frecuencias de la banda de 698 -960 MHz.....	45
Tabla II.8 Disponibilidad de las Bandas aprobadas para la IMT.....	45
Tabla II.9 El PNF recomienda las bandas para IMT.....	46
Tabla II.10 Bandas asignadas a CONECEL.....	52
Tabla II.11 Bandas asignadas a OTECEL.....	52
Tabla II.12 Bandas asignadas a CNT.....	53
Tabla III.1 Habitantes por Zona en el Ecuador.....	55
Tabla III.2 Habitantes con suministro eléctrico y población.....	57
Tabla III.3 Población por área y densidad de población.....	64
Tabla IV.1 Población por área y densidad de población.....	66
Tabla IV.2 Mensajes definidos por IEC 61850 para subestaciones de distribución.....	69

GLOSARIO DE TÉRMINOS

AMI	Infraestructura de Medición Avanzada
AMM	Gestión de Medición Avanzada
AMR	Lectura Automática de Medidores
ANSI	American National Standards Institute
BS	Estación Base
CDMA	Acceso múltiple por división de código
CIS	Sistema de Información del Consumidor
DG	Generación Distribuida
DMQ	Distrito Metropolitano de Quito
DMS	Sistema de Gestión de la Distribución
EIA	Administración de Información Energética de EE.UU.
EMS	Sistema de Gestión de Energía
FAN	Red de Área de Campo
GIS	Sistema de Información Geográfica
GPRS	Servicio General de Radiocomunicación por paquetes
GSM	Sistema Global para Comunicaciones Móviles
HAN	Red de Área de Hogar
HSPA	Acceso a Paquetes de Alta Velocidad
IP	Protocolo de Internet
ITU	Unión Internacional de telecomunicaciones
LAN	Red de Área Local
LTE	Evolución a largo plazo
MDMS	Sistema de Gestión de Datos Medidos
MS	Estación Móvil
NAN	Red de Área Vecina
NEMA	Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos
NIST	Instituto Nacional de Estándares y Tecnología
OMS	Sistema de Gestión de Interrupciones
OSI	Interconexión de Sistema Abierto
PLC	Comunicaciones mediante cable eléctrico
PMU	Unidad de Medición Fasorial
PPP	Protocolo Punto a Punto
QoS	Calidad de Servicio
RTU	Unidad Termina Remota
SCADA	Control de Supervisión y Adquisición de Datos
SG	Red Inteligente
SM	Medidor Inteligente
SMS	Servicio de Mensajes Cortos

TCP	Protocolo de Control de Transmisión
UMTS	Sistema universal de telecomunicaciones móviles
WAN	Red de Área Extendida

Resumen

“Factibilidad Técnica de Implementación de Smart Metering en el Área Urbana Residencial con Tecnologías de Comunicación Inalámbrica 4G”

Gonzalo Vicente Pérez Cáseres
perezgonzalo.6@gmail.com
Universidad Politécnica Salesiana

Resumen—“La Implementación de los Smart Metering es un avance tecnológico importante en la infraestructura de medición avanzada que incorpora la Smart Grid los medidores electrónicos son capaces de obtener mediciones de energía de una forma más precisa, eficiente y obtener Información del consumo de energía eléctrica en tiempo real con implementación de la tecnología de comunicación 4G y transmitir a través de protocolos de comunicación hacia el sistema de gestión de datos, al mismo tiempo, proporcionará datos a las empresas de distribución para controlar la capacidad, detectar problemas en sus sistemas y gestionar la demanda, con el de fin de operar eficientemente.

Palabras Clave: Smart Grid; Smart Metering; lectura automática de contadores (AMR); infraestructura de medición avanzada (AMI); tecnología de la información y la comunicación (TIC); tecnología de cuarta generación (4G).

Abstract

"Technical Factibility of Implementation of Smart Metering in Urban Residential Area, with Wireless Communication Technology 4G”

Gonzalo Vicente Pérez Cáseres

perezgonzalo.6@gmail.com

Universidad Politécnica Salesiana

Abstract- "The Implementation of Smart Metering is a more accurate, efficient and obtain power consumption information important in advanced metering infrastructure that incorporates the Smart Grid technological advance electronic meters are able to obtain measurements of energy from one form electrical real-time implementation of 4G technology and communication transmitted through communication protocols into the system data management at the same time, provide data distribution companies to control the ability to detect problems in their systems and manage demand end to operate efficiently.

Keywords: Smart Grid; Smart Metering; automatic meter reading (AMR); advanced metering infrastructure (AMI); Information Technology and Communication (IMT); technology fourth generation (4G).

INTRODUCCIÓN

Hoy en día la mayoría de empresas eléctricas a nivel mundial se encuentra analizando la factibilidad de implementar y proyectar redes inteligentes a nivel eléctrico por las grandes ventajas que nos ofrecen, sin desmerecer que la eficiencia de las empresas crezca tanto en la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, este sistema es muy beneficioso tanto para los proveedores del servicio, los operadores de las TIC (Tecnología de la Información y la Comunicación) y los usuarios en muchos de los casos las compañías eléctricas no detectan daños en la red sino hasta que los usuarios realizan sus quejas, por ese motivo es importante corregir estos daños en el sistema ya que puede ser el inicio de daños en cascada he ahí el inminente análisis de los sistema de medición inteligente, estado de las líneas (monitorización del sistema eléctrico) y suministro de energía eléctrica, ahora también vamos analizar la alternativa tecnológica más actual de comunicación como es la conexión inalámbrica 4G LTE-A la cual nos ofrece una comunicación bidireccional muy rápida y eficiente, analizaremos también la cantidad de información que pudieran manejar las operadoras, para analizar si es factible que las operadoras puedan gestionar la información de la red eléctrica debido a la gran demanda de los consumidores respecto a la bandas de la operadora que actualmente está ofreciendo el servicio.

El presente documento analiza la factibilidad de las bandas de telecomunicación 4G LTE-A, para la implementación de la medición inteligente, las operadoras móviles de acuerdo a la demanda, y la cantidad de información que se pretenda enviar para así mejorar el sistema de gestión de la demanda eléctrica o determinar la necesidad de las operadoras móviles virtuales.

CAPITULO I

REDES INTELIGENTES Y SMART GRID A NIVEL MUNDIAL

En este capítulo nos enfocamos a conocer las redes inteligentes o Smart Grid la cual es la evolución del sistema que gerencia la demanda eléctrica todo se inicia por los grandes avances tecnológicos que cada vez se adaptan a mas aplicaciones en nuestro caso la energía eléctrica inteligente y es también por la necesidad de satisfacer la demanda creciente esto nos obliga a tener un sistema más sostenido, confiable, eficiente y planificado desde la generación hasta el consumidor es por lo que las empresas de generación de energía eléctrica podrán producir de acuerdo a la demanda que los consumidores lo requieran y no se produzcan perdidas, el Smart Grid nos abre muchas oportunidades de mejora en todos los aspectos relacionados a la energía eléctrica una de las grandes ventajas será incluir la generación distribuida al sistema eléctrico y así formar parte de la red.

Los objetivos de Smart Grid nos permitirán el control de nuestro sistema, interoperabilidad de las redes eléctricas, minimizara el impacto ambiental, aumenta la fiabilidad del suministro, aumentar la eficiencia eléctrica y reducirá los costos, desde todos los puntos de vista, es completamente una solución a la optimización de la cadena de valor generando la necesidad de investigación en generación, transmisión, generación distribuida y distribución, cada una de las etapas muestran la innovación que presenta por ejemplo a nivel mundial cada vez se investiga protocolos de comunicación para los contadores inteligentes que se encuentran dentro de la estructura de la Medición Inteligente Avanzada.

1.1. Redes Inteligentes Smart Grid

Las redes inteligentes se basan en la evolución del cambio, nuevos estudios que ayuden a las nuevas generaciones, debido a la demanda de los usuarios y a nuevas tecnologías que evolucionaron (Generación Distribuida) se vio factible realizar cambios en la matriz, en todo el sistema eléctrico creando así las Smart Grid que constituyen cambios innovadores en todas las vías del sistema, permitiendo que la electrónica avance en los sistemas eléctricos de potencia se ve la modernización que se logró hacer y se seguirá realizando en todo el mundo creando conciencia en los usuarios que el sistema eléctrico puede llegar a tener sostenibilidad, economía y confiabilidad logrando eficiencia. Smart Grid es tener el

control del sistema eléctrico mediante comunicaciones que manejen sus protocolos de acuerdo a la capa que se automatice, por ejemplo la parte de potencia para así lograr una coordinación desde la etapa de generación hasta los consumidos.

1.1.1. Definición de Smart Grid

Se define como Smart Grid, a una red de energía eléctrica acorde a los adelantos tecnológicos del siglo XXI y la era digital, que incorpora las tecnologías de la comunicación y la computación a la infraestructura de la red eléctrica de distribución principalmente[1] se considera también como la modernización del sistema eléctrico de modo que controla, protege y optimiza automáticamente el funcionamiento de sus elementos interconectados desde la central de generación a través de las redes de alta tensión al sistema de distribución para usuarios industriales, sistemas de automatización, instalaciones de almacenamiento de energía y para los consumidores finales [2] además cuenta con un flujo en ambas direcciones tanto de energía como de información entre la empresa y los clientes y/o usuarios.

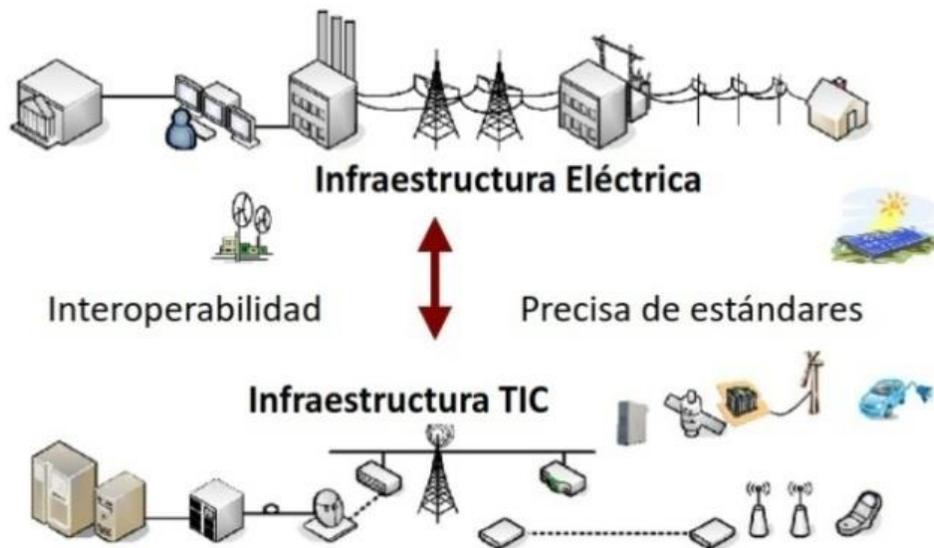


Figura I.1 Infraestructuras Eléctrica y de TIC's

Fuente: I.Mario Hernández, "Inteligencia en la Red Eléctrica, Universidad de las palma en gran Bretaña," Inst. Univ. SIANI, 2012

Las Smart Grid son consideradas como la combinación de comunicaciones avanzadas, en la infraestructura de detección y medición en las redes eléctricas para tener un manejo

correcto de respuesta a la demanda/manejo de cargas, administración de voltaje/potencia, generación distribuida, administración de alimentadores de distribución, automatización de subestaciones y soluciones de confiabilidad de la red eléctrica vea en la Figura I.2.

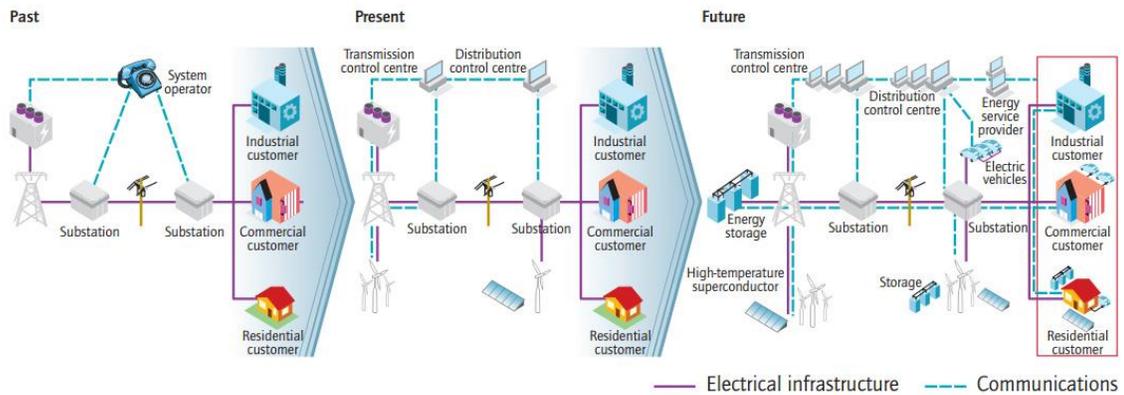


Figura I.2 Sistemas de electricidad inteligente.

Fuente: International Energy Agency, "Technology Roadmap Smart Grids," http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/smartgrids_roadmap.pdf, 2011

1.1.2. Características y rentabilidad del Smart Grid.

Las Smart Grid poseen una serie de elementos, la naturaleza altamente regulada del sistema eléctrico, los encargados de las Smart Grid son, los fabricantes de equipos, operadores de sistema y los consumidores, todos deben asegurarse de que se involucran para desarrollar soluciones técnicas, financieras y regulatorias a medida que permiten el potencial de las redes inteligentes [4] a continuación las principales características de las Smart Grids.

Automatización. Integración masiva de sensores, actuadores, tecnologías de edición y esquemas de automatización en todos los niveles de la red.

Inteligencia y control. Se enfatiza la creación de un sistema de información e inteligencia distribuidos en el sistema.

Autoajuste. Automáticamente detecta y responde a transmisiones actuales y problemas en la distribución. Su enfoque se basa en la prevención, minimiza el impacto en el consumidor.

Participación del consumidor y generación distribuida. Incorporación masiva de generación distribuida, la que permite coordinarse a través de la red inteligente. En

esta generación participa el usuario con la entrega del exceso energético generado localmente.

Resistencia ante ataques. Resistente ante ataques y desastres naturales con una rápida capacidad de restauración.

Gestión de la demanda Incorporación por parte de los usuarios como: los electrodomésticos y equipos eléctricos inteligentes, que permiten ajustarse a esquemas de eficiencia energética, señales de precio y seguimiento de programas de operación predefinidos.

Calidad eléctrica. Calidad eléctrica que satisface a industria y clientes. Identificación y resolución de problemas de calidad eléctrica. Varios tipos de tarifas para varios tipos de calidades eléctricas.

Vehículos eléctricos La incorporación de los vehículos eléctricos a la red está demandando nuevas infraestructuras especializadas destinadas a la recarga y a permitir que cada vehículo pueda convertirse en pequeñas fuentes de generación.

Capacidad para todas las opciones de generación y almacenamiento. Gran número de diversos dispositivos generadores y almacenadores de energía, para completar a las grandes plantas generadoras. Conexiones “Plug And Play”. Más enfocado en energías renovables.

Optimización del transporte eléctrico Sistemas de control inteligentes que permitan extender los servicios intercambiados entre los distintos agentes del mercado eléctrico y asimismo, aprovechar eficientemente la capacidad de transmisión de la red.

Preparación de mercados. Buena integración de los mercados al por mayor, prósperos mercados al por menor, congestiones de transmisión y limitación es mínimas.

Optimización de bienes y funcionamiento eficiente. Monitoreado y medida de las condiciones de la red, tecnologías integradas para la gestión de los bienes, mantenimiento basado en las condiciones de la red. [4][5][6]

1.1.3. Modelo estructural de las Smart Grid.

Debido a la mejora continua de las tecnologías en las redes eléctricas institutos internacionales como por ejemplo National Institute of Standards and Technology (NIST), International Electrotechnical Commission (IEC), etc. Se ven en las necesidades de establecer un modelo de arquitectura de las Smart Grids cabe recalcar que conforme a los avances esta estructura podría variar. El modelo de arquitectura de las Smart Grids se plantean en el EU Mandate M/490's que creó un grupo de trabajo para estructurar un modelo Figura I.3. Proporcionando un conjunto de conceptos, puntos de vista, así como un método para mapear la información de casos de uso y por lo tanto un enfoque estructurado para el desarrollo de la arquitectura de red inteligente. Con su conjunto coordinado de puntos de vista, que permite representar aspectos interrelacionados de las arquitecturas de redes inteligentes (información, comunicación, etc.) y es compatible con la identificación y la coordinación de los elementos en diferentes niveles. Además, sus puntos de vista apoyan la identificación de la interoperabilidad cuestiones y fomentar la conciencia de los aspectos interrelacionados definido en varios proyectos.

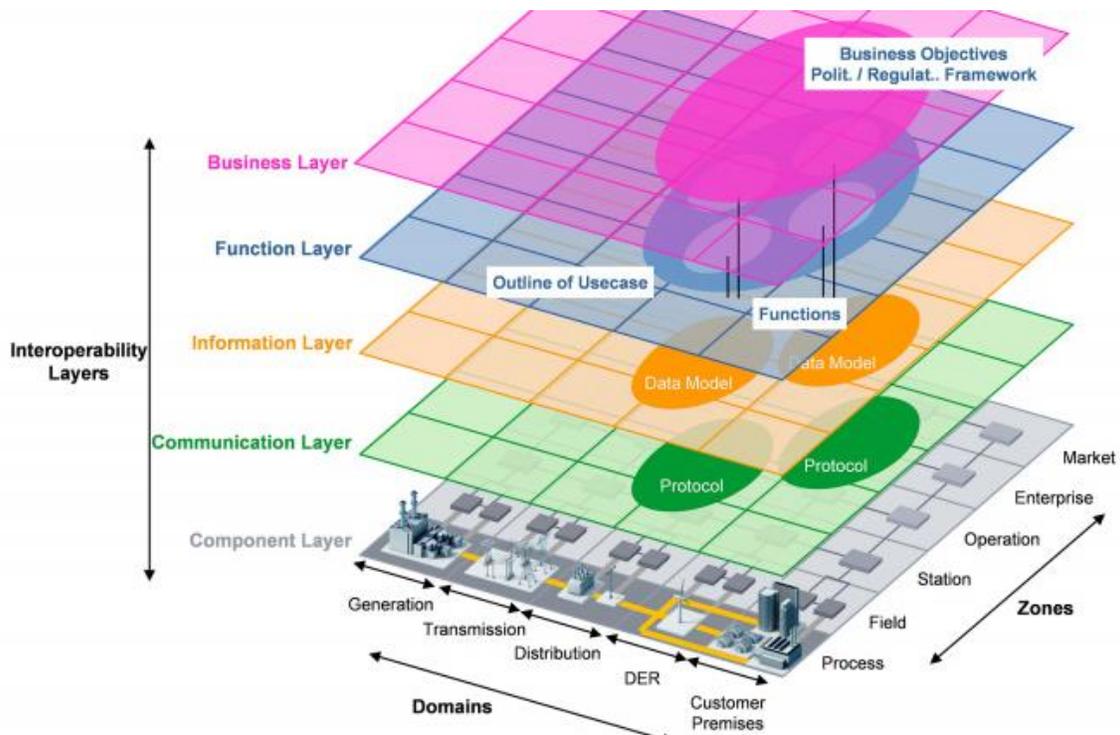


Figura I.3 Visualización del modelo de arquitectura de Smart Grid.

Fuente: Trefke, S. Rohjans, M. Uslar, S. Lehnhoff, and A. Saleem, "Smart Grid Architecture Model Use Case Management in a large European Smart Grid Project," no. 978, pp. 1–5, 201

El sistema central de la SGAM (Modelo de la Arquitectura del Smart Grid) son cinco capas cubicas, que básicamente combina la relación entre si y los puntos de vista. La cadena de conversión de energía incluye los siguientes dominios: Generación, Transmisión, Distribución, y recursos energéticos distribuidos (DER).Las zonas jerárquicas de la administración del sistema de potencia son: proceso, campo, estación, operación, empresa y mercado.

Estas cinco capas son interoperables en toda la red de tal forma que los cinco dominios en las seis zonas de: negocios, funciones, información, comunicación y componentes inteligentes son compatibles.

Capa de negocios: Trata de los aspectos específicos de los negocios del intercambio de información, tal como procesos de negocios de acuerdo a su dominio y zona, entidades organizacionales y condiciones regulatorias.

Capa Funciones: Describe la función lógica de servicios, así como la relación desde una perspectiva técnica para los aspectos comerciales.

Capa Información: representa los datos que intercambian las funciones realizadas por las redes inteligentes al sistema eléctrico para poder alcanzar una optimización de recursos.

Capa comunicación: consiste en protocolos y mecanismos de intercambio de información específica del sistema eléctrico interconectado.

Componentes Inteligentes: Comprende en bienes físicos, como dispositivos inteligentes y equipamiento de redes, considerando también como actores principales a los operadores que manejan información específica de la red inteligente.

1.1.4. Tecnologías de Smart Grid

En la figura I.4 se muestra el despliegue de las nuevas tecnologías a lo largo de una red eléctrica inteligente.

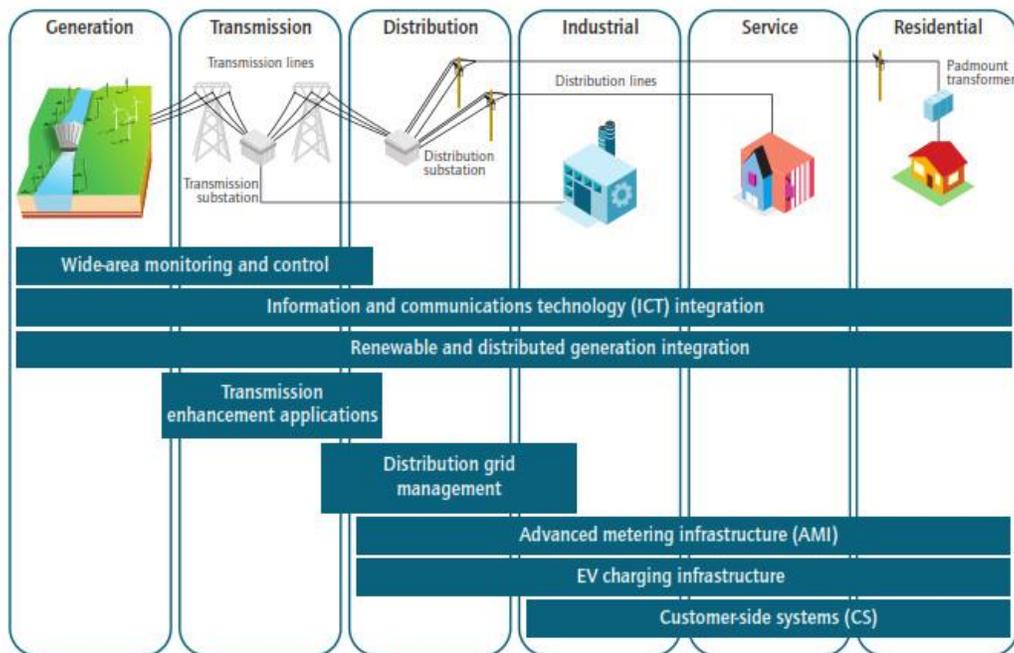


Figura I.4 Áreas de tecnología de la red eléctrica inteligente.

Fuente: International Energy Agency, "Technology Roadmap Smart Grids," http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/smartgrids_roadmap.pdf, 2011

Cada tecnología aplicada en las siguientes etapas, (Generación, Transmisión, Distribución y Consumidores) tienen distintos aspectos tecnológicos que son entrelazados uno a otro como se muestra en la Tabla I.1:

Los principales conceptos teóricos de los sistemas que se identifican en cada área tecnológica tienen su respectivo avance para mejorar la confiabilidad en cada sistema e incrementar la eficiencia energética.

Área de Tecnología	Hardware	Software y Sistemas
Control y monitoreo de toda la red inteligente	Unidades de medición de las fases (PMU) y otros equipos de detección.	supervisión, control y adquisición de datos (SCADA), protección de control y automatización en toda el área de la red (WAAPCA)
Integración tecnológica en Comunicación e información	Equipos de comunicación (Power line carrier, WIMAX, LTE, RF mesh network, celular, router, relay, switches, gateway, computers))	Planificación de recursos empresariales(ERP), Sistema de información del Cliente (CIS)

Área de Tecnología	Hardware	Software y Sistemas
Generación distribuida y energías renovables	Equipo de acondicionamiento de energía para mayor potencia, soporte de la red de comunicación, control de elementos de generación y permitiendo tecnologías de almacenamiento	Sistema de gestión de energía (EMS), Sistema de gestión de la distribución (DMS), Sistema de información geográfica (SIG)
Mejoramiento del sistema de Transmisión	Superconductores FACTS, HVDC	Análisis de estabilidad de la red, sistema automático de recuperación
Gerencia de la red de distribución	Re-conectores, interruptores automáticos y relés con mando a distancia, generación y almacenamiento distribuido, Sensores, transformadores.	Sistema de información geográfica (SIG), sistema de gestión de la distribución (DMS), sistema de gestión de apagones (OMS), sistema de gestión de fuerza de trabajo (WMS)
Infraestructura de medida avanzada (AMI)	Medida inteligente en hogares, servidores, etc.	sistema de gerencia de medición de datos (MDMS)
Infraestructura de carga de los vehículos	Infraestructura de carga, baterías, inversores.	facturación de energía, red inteligente a vehículo de carga (G2V) y descargando (V2G) las metodologías de vehículo a la red
Sistemas de líneas de Consumo	Aplicaciones inteligentes, routers, in-home display, sistemas de automatización,	Tableros de control de energía, sistemas de gestión de la energía, aplicaciones de energía para un teléfonos y tabletas inteligente

Tabla I.1 Tecnologías Smart Grid.

Fuente: International Energy Agency, "Technology Roadmap Smart Grids," http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/smartgrids_roadmap.pdf, 2011

1.2. Smart Metering a nivel mundial

La medición inteligente es un pilar fundamental de la Infraestructura de medición avanzada (AMI) donde se establece modelos de comunicación bidireccional entre la Tecnología de Comunicación e Información (TIC) y la infraestructura del sistema eléctrico el cual lograra la eficiencia y fiabilidad de la red.

A continuación se muestra en la Figura I.5 la tendencia de los países en el mundo con la iniciativa de implementar la infraestructura de medición avanzada que es el primer paso para el Smart Grid, el Ecuador es uno de ellos.



Figura I.5 Mapa de proyectos de Smart metering en el mundo.

Fuente: G. maps S. M. P. Map, “Smart Metering Projects Map,”

https://www.google.com/maps/d/viewer?msa=0&mid=zReklSu043lk.kZ_YiimMzyXc, 2013.

El crecimiento de la medición inteligente 2010-2020 es una tendencia en muchos de los continentes estos datos se muestran en la Figura I.6.

En otros países, el crecimiento esperado en la medición inteligente se ha retrasado por el momento, donde las regulaciones internas de cada país han cambiado el ritmo de los nuevos despliegues de medidores inteligentes en el corto plazo. La única gran excepción es China, donde el plan del gobierno de cinco años continúa a buen ritmo con la instalación de nuevos medidores, además de mejoras importantes en los sistemas de transmisión, redes de distribución, y las capacidades de generación [9].

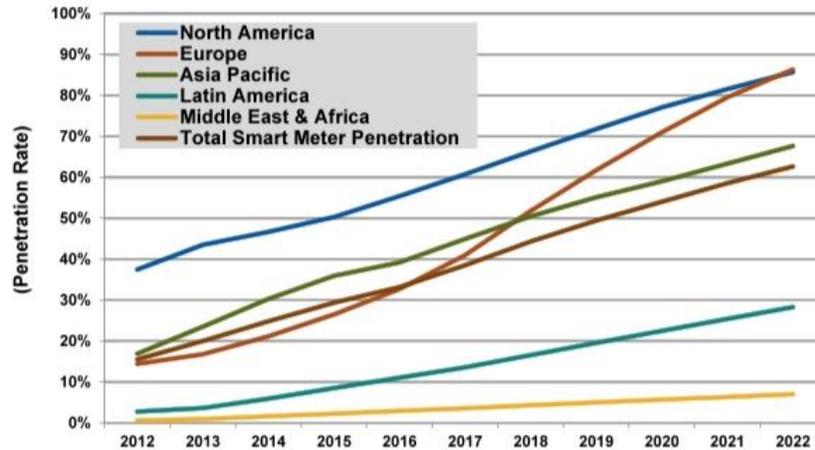


Figura 1.6 Ingreso de medidores inteligentes en el mundo 2012-2020.

Fuente: “smart-meter-market-penetration.. Available: <http://www.energymanagertoday.com/assets/smart-meter-market-penetration.jpg?9b37fd>.

1.2.1. Definición de Smart Metering.

El principal objetivo de la medición inteligente es recopilar datos de contadores inteligentes de consumo de electricidad a distancia y transferir su información a centros de control de compañías eléctricas, la red de medición es un sistema de distribución para usos de cientos de miles de dispositivos inteligentes de medida y control, la arquitectura del software que gestionara el sistema debe ser muy robusto, muy seguro y óptimo para esto es necesario incorporar técnicas avanzadas en todas las áreas de tecnología para no tener interrupciones de energía por falta de comunicación, deben ser totalmente confiables en todos los niveles e intercambiar datos con otros subsistemas.

El incrementando de monitoreo y capacidad de control en la red eléctrica refleja directamente el aumento de la eficiencia operativa de la red eléctrica convirtiéndola en una red inteligente donde se benefician empresas distribuidoras, grades consumidores, clientes, etc. Figura 1.7. Los sistemas de medición manejan gran cantidad de datos los cuales deben ser construidos de una manera modular y escalable para poder gestionarlos, todos los datos se enviaran en una base de datos en grupos diferentes, para hacer frentes a los enormes necesidades comunicacionales y computacionales de redes inteligentes. Uno de los componentes claves relacionados con la aplicación de este concepto en los sistemas de distribución de energía es la Infraestructura de Medición Avanzada (AMI).

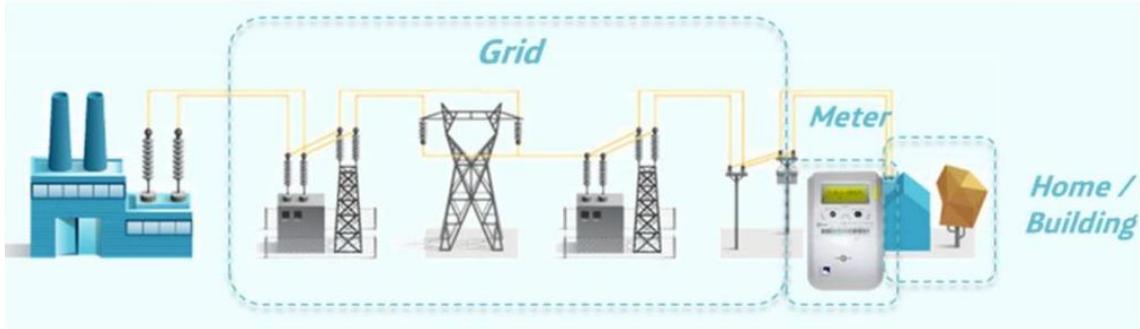


Figura I.7 Estructura de Smart Metering.

Fuente: Movilforum/telefonica, "Proyectos de Smart Metering de Telefónica," 2013

1.2.2. Características y rentabilidad del Smart Metering.

Las redes inteligentes utilizan en toda su estructura elementos de última tecnología, los medidores inteligentes poseen comunicación bidireccional, "la comunicación de red inteligente realiza la transmisión desde los medidores inteligentes instalados a el sistema de gestión de datos medidos" los cuales pueden ser capaces de enviar información la cual nos permita lograr visualizaciones de consumos eléctricos o control de cortes o re-conexiones de energía además de tener información de precios en horas picos (tarifas dinámicas). Las mejoras también podrían venir al ocurrir una falla eléctrica y poder localizarla en tiempo real; la restauración del sistema eléctrico más rápido después de los cortes, otros beneficios podría venir de la aplicación de gestión de la Demanda. Tras la integración de sistemas AMI con otros subsistemas, podemos esperar hasta el doble de ahorro. La comunicación y la integración son aspectos clave de los sistemas inteligentes de medición, lo que sin duda impactarán en gran medida a la adopción de los productos en el mercado.

Los principales Beneficios de Smart Metering Tabla I.2:

Los principales beneficios de Smart Metering a corto plazo son:
Lecturas más frecuentes de los consumos.
Detección de fraudes eléctricos.
Esquema de precios variables.
Facilitaran la integración de la generación distribuida y cargas flexibles.
Ahorro de energía como resultado de la mejora de información.
Facturas más exactas y frecuentes.

Los principales beneficios de Smart Metering a largo plazo son:
Reducción de la demanda pico por medio de la integración de la demanda
Mejor planificación de generación, red y mantenimiento
Operación en tiempo real en el lado de distribución.
Capacidad para vender otros servicios.
Control remoto de Generación distribuida, recompensas a clientes y costes bajos.
Integración del vehículo eléctrico mientras se minimiza el incremento de la demanda pico.

Tabla I.2 Principales beneficios de Smart Metering.
Fuente: L. H. Ciemat, "Smart Grid / Smart Metering," 2014.

Cada uno de los beneficios que se muestran en la Figura I.8 corresponde a una gerencia específica como son costos o finanzas, cadena de suministros, tecnología y procesos, valores y compromisos del consumidor, dentro de cada una se podrá analizar el impacto de la eficiencia de sus respectivos actores, componentes de potencia y comunicación dando así la evolución del sistema eléctrico y aumentando sus prestaciones.

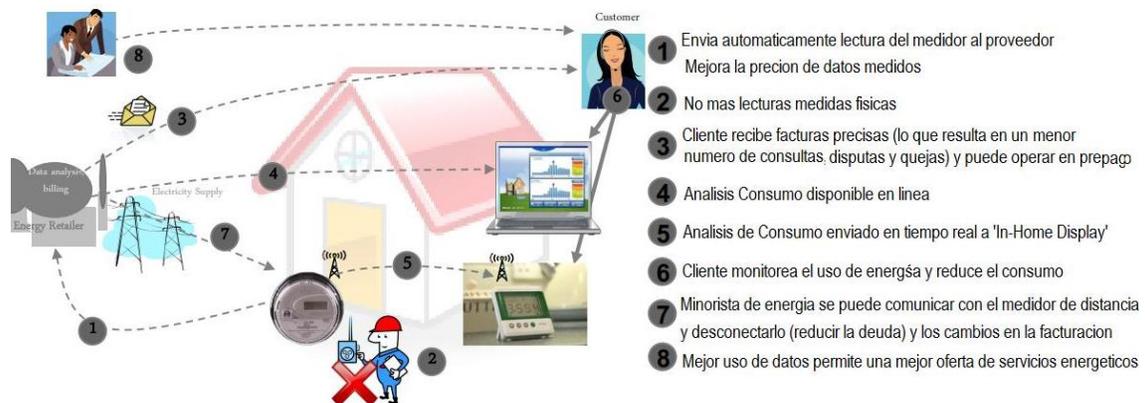


Figura I.8 Beneficios de Smart Meter.

Fuente: Ernst&Yung and E. S.-S. Infrastructure, "Driving Successful Smart Metering Programs," http://www.esi-africa.com/wp-content/uploads/i/p/Bollack-Stephenson_Metering.pdf, no. May, 2013.

1.2.3. Arquitectura del Smart Metering.

Actualmente existen diferentes arquitecturas para la infraestructura de medición avanzada, es por tal motivo se toma la arquitectura general Figura I.9. La arquitectura general de las redes de medición inteligente tiene su inicio desde el consumidor, con los datos de medición obtenidos en un tiempo determinado que serán enviados hacia el sistema de medición de

cada distribuidora por redes de comunicación los cuales se encargan también del envío de dicha información hacia el sistema de gestión de datos centralizado.

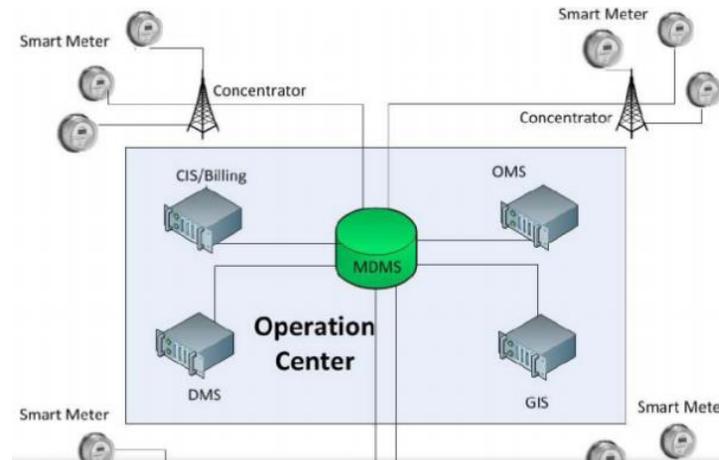


Figura I.9 Arquitectura tradicional de comunicaciones en AMI

Fuente: J. Zhou, R. Hu, and Y. Qian, "Scalable distributed communication architectures to support advanced metering infrastructure in smart grid," *IEEE Trans. Paralle Distrib. Syst.*, vol. 23, no. 9, pp. 1632–1642, 2012.

La comunicación en tiempo real del sistema de distribución eléctrica es uno de los aspectos que impactara a la red, anteriormente se utilizaban equipos de análisis del flujo de carga en la parte de distribución con variables en tiempo real y un software especializado que puedan determinar algoritmos que permitan una estabilidad en el sistema ahorrando energía, planificando eficientemente y logrando calidad. Los principales componentes de la arquitectura del sistema de medición inteligente se consideran tres componentes principales, el componente de campo, el componente de comunicaciones y el componente de gestión de datos.

1.2.4. Evolución del Componente de Campo

El desarrollo del sistema de medición de energía tiene tres fases de prueba las cuales son AMR, AMM (AMR PLUS) y AMI Figura I.10.

AMI en cambio es un sistema que necesita un constante uso de la infraestructura debido a que la información que recopila en frecuencias de cada 30 o 15 minutos que representa una gran cantidad de información que debe ser trasladada en doble vía.

AMR es el registro remoto de lecturas medidas de un medidor físico este puede comunicarse con distintos protocolos de comunicación se limita a una probable frecuencia

mensual de medición lo cual implica que no requiere un uso constante de red de comunicación.

AMM es una extensión de AMR con la habilidad de gestionar remotamente también que nos permita desconectar y reconectar los medidores de los consumidores [14].

AMM es una forma de transición de AMR a AMI que solo permite entregar información en una única dirección, es la lectura automática de la medida de electricidad que deshace el duro trabajo manual de las personas que tomaban las lecturas [15].



Figura 1.10 Evolución de la Tecnología Smart Metering

Fuente: Electa, K. Arenberg, B.- Leuven, and G. Deconinckgesat, "An evaluation of two-way communication means for advanced metering in Flanders (Belgium)," 2008

1.2.5. Despliegue de Smart Meter a nivel mundial.

Medidores de electricidad inteligentes se están introduciendo en todo el mundo. América del Norte y Asia-Pacífico son dos de las regiones más dinámicas de mercados que verán proyectos masivos durante los próximos cinco a diez años.

Asia del Este se encuentra en la fase más temprana de la adopción de la tecnología de medición inteligente. Despliegues a gran escala a los clientes residenciales sólo recientemente han comenzado en Japón y Corea del Sur, mientras que China sigue permaneciendo en la fase pionera. Sin embargo los restantes países tienen visiones claras para la adopción de la tecnología durante la década siguiente. Japón ya cuenta con sistemas de monitoreo del mundo muy avanzado en la red eléctrica y varias de las principales empresas de servicios públicos han anunciado planes para despliegues de medidores inteligentes en los próximos diez años. China está invirtiendo masivamente en la expansión

de la infraestructura energética de la nación para seguir el ritmo de la demanda de electricidad en rápido aumentos. Australia y Nueva Zelanda comenzaron instalaciones masivas de contadores inteligentes al final si la última década. La adopción es impulsada por los reglamentos en el caso de Australia y por los principales actores de la industria en Nueva Zelanda [16]. Países de la UE tienen un mandato para desplegar contadores inteligentes y el 80% de los clientes para el año 2020, a menos que puedan hacer un argumento económico para no hacerlo. El despliegue de contadores inteligentes en Europa será constante durante los próximos 10 años, con la actividad más intensa entre 2015 y 2019[17]. América del Sur es una de las más atractivas regiones de mercados emergentes para la red inteligente. Se compone de los países con marcos regulatorios cada vez más proactivas y los indicadores básicos de casos de negocios que apuntan hacia beneficios inmediatos de red inteligente. A lo largo de América del Sur, Smart Grid se considera actualmente como una solución a muchos de los desafíos que enfrenta la región. Ocho de los diez países que ya tienen proyectos piloto significativos en su lugar, mientras que la mitad de los países han comenzado a desarrollar algún tipo de hoja de ruta de red inteligente. Brasil está liderando el camino con proyectos piloto que se remonta a mediados del 2000-2020, más de un millón de contadores inteligentes desplegados y una serie de proyectos de ciudad inteligentes que están probando una variedad de aplicaciones de redes inteligentes [18].

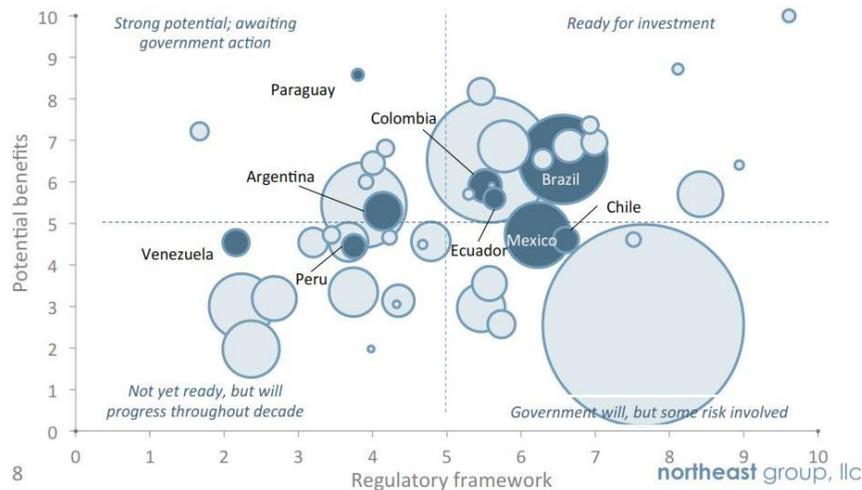


Figura 1.11 Países en constante avances Smart Metering

Fuente: L. Northeast Group, "South America Smart Grid Market Forecast (2013 - 2023)," <http://www.giiresearch.com/report/ng273785-south-america-smart-grid-market-forecast.html>, 2013.

CAPITULO II

ANÁLISIS TÉCNICO DE LAS BANDAS 4G Y TECNOLOGIA LTE

En el presente capítulo se analizará la operación de las tecnologías de los sistemas móviles de cuarta generación (4G), dentro del cual un análisis implica la revisión de la tecnología antecesora de tercera generación (3G) en la cual se manejaban servicios de audio, imágenes y datos, basadas en las recomendaciones de IMT-2000 (International Mobile Telecommunications 2000) y 3GPP (Third Generation Partnership Project). La evolución de sistema hace que pueda manejar transferencia de video en tiempo real con velocidades similares a 100 Mbps, latencia muy baja y velocidades mayores en picos de transferencia. Todos los beneficios que ofrece LTE-A en la arquitectura, no se da por la saturación del espectro radioeléctrico, sino por la necesidad de ofrecer mejores servicios a los usuarios de telefonía móvil que cada vez se suman elementos electrónicos conectados a la nube de internet, se analizará las características de las bandas de frecuencia y la arquitectura de las redes que al momento se encuentra implementada en nuestro país dentro de estas podremos analizar la infraestructura actual que utiliza la tecnología de cuarta generación (4G) conociendo sus beneficios los cuales serán útiles para los estudios de implementación del Smart Metering (zonas urbanas residenciales), protocolos de comunicación de LTE y su tecnología a nivel físico. Se debe tener en cuenta que el espectro radioeléctrico es un recurso natural conformado por un conjunto de ondas electromagnéticas cuya frecuencia se fija convencionalmente por debajo de 3000 GHz y están dentro de las recomendaciones de la ITU-R.

2.1. Tecnologías de comunicación inalámbrica

Las tecnologías de comunicación inalámbrica se basan en radiofrecuencia, son la clave para las comunicaciones a grandes distancias y grandes capacidades de usuarios móviles, la adopción de nuevas tecnologías de radio pocas veces representa un proceso disruptivo sino que resulta habitual que tecnologías nuevas se incorporen al espectro de frecuencias, es común encontrar operadores móviles que ofrecen sus servicios a través de, por ejemplo, GSM, UMTS R99 y UMTS HSPA, LTE y en ciertos países LTE-A. Por otro lado, existen soluciones tecnológicas que son en cierta medida complementarias en cuanto a su idoneidad para ser utilizadas en determinados entornos de operación.

2.1.1. Evolución de la IMT- Avanzada

Las telecomunicaciones han evolucionado conforme los tiempos, en estos últimos años se han incrementado de una manera sorprendente todo referente a la tecnología móvil o también conocidas como IMT (Tecnología Móvil Internacional), lo cual ha cambiado las estructuras y destino de la telecomunicaciones a nivel mundial, pero el principio de funcionamiento sigue siendo sus celdas de forma hexagonal (Figura II.1) para proporcionar una transmisión más efectiva aproximadamente a un patrón circular eliminando espacios entre círculos adyacentes.

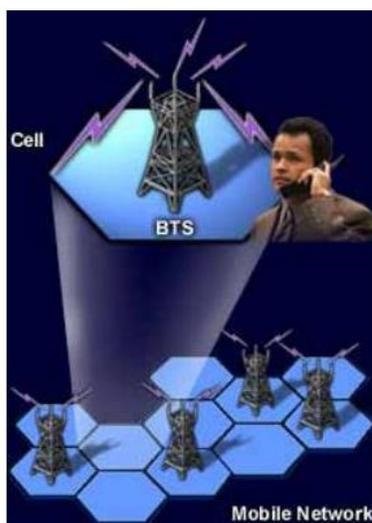


Figura II.1 La cobertura se divide en células.

Fuente: E. Tècnica and S. D. Enginyeria, "Plan de comunicaci3n sobre la telefonía móvil," 2000.

Es importante conocer el desarrollo tecnológico de las telecomunicaciones móviles a continuación se presenta una breve reseña de las IMT.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) es un organismo especializado en telecomunicaciones de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) encargado de regular las telecomunicaciones a nivel mundial continuamente elabora estándares técnicos y recomendaciones de interconexión de redes. La ITU comprende de tres sectores que son ITU-T (Sector de normalización de las telecomunicaciones), ITU-R (Sector de Normalización de las Radiocomunicaciones), ITU-D (Sector de Desarrollo de las Telecomunicaciones) además crea comités que puedan ayudar a avances tecnológicos conforme avanza la tecnología electrónica, dentro de ellos crea a un comité llamado IMT-2000 que data de 1999 estableciendo un estándar global para la tercera generación (3G) de

redes de comunicaciones inalámbricas que como principal requisito fue que la velocidad de transferencia de datos en baja movilidad fuera de 2 Mbps que sirve además como marco regulatorio para el acceso inalámbrico mundial, la cual funcionan en las frecuencias de bandas 806-960 MHz, 1710-2025 MHz, 2110-2200 MHz y 2500-2690 MHz para ser utilizadas en todo el mundo por administraciones que deseen implementar sistemas IMT-2000[20].

2.1.1.1. Proyecto de Asociación de Tercera Generación 3GPP

Paralelo a las investigaciones de la ITU respecto a la tercera generación surge el proyecto asociación de tercera generación, **3GPP** que se estableció en Diciembre del año 1998 que se formó de la colaboración de grupos de asociaciones de telecomunicaciones, conocidos también como miembros organizadores:

The Association of Radio Industries and Businesses (ARIB)	JAPON
The Alliance for Telecommunications Industry Solutions (ATIS)	EEUU
China Communications Standards Association (CCSA)	CHINA
The European Telecommunications Standards Institute (ETSI)	EUROPA
Telecommunications Technology Association (TTA)	COREA-SUR
Telecommunication Technology Committee (TTC)	JAPON

El objetivo con el que se crea el 3GPP era crear especificaciones de un sistema global de comunicaciones de tercera generación (3G) para telefonía móvil basándose en las especificaciones del “Sistema Global de Comunicaciones Móviles” (GSM) la cual surgió en 1992 y fue el primer estándar disponible con *roaming de datos*.

En el año de 2004 el proyecto 3GPP inicio sus estudios relacionados con la evolución de la red 3G hacia la cuarta generación móvil (4G) en todo este avance tecnológico se marca la llamada tecnología Long Term Evolution (LTE) en la release 8 en el 2008 que es considerada el inicio de la cuarta generación.

En el proceso gradual de las revisiones del proceso de 3GPP se da en el 2011 la release 10 en donde se establecen los requisitos para las LTE- A o IMT-A 4G que se compatible con la LTE del release 8. De manera similar que a finales de los 90 la ITU creó un comité

para definir lo que era una tecnología de tercera generación, en 2008 creó un nuevo comité denominado **IMT-Advanced** para determinar las tecnologías móviles que podían ser candidatas a llevar el nombre de cuarta generación (4G). Entre los requisitos técnicos del estándar que deben cumplir la tecnología de cuarta generación (4G) están las velocidades máximas de transmisión de datos, eficiencia espectral, alta seguridad y que esté basada completamente en el protocolo IP (Figura II.2).

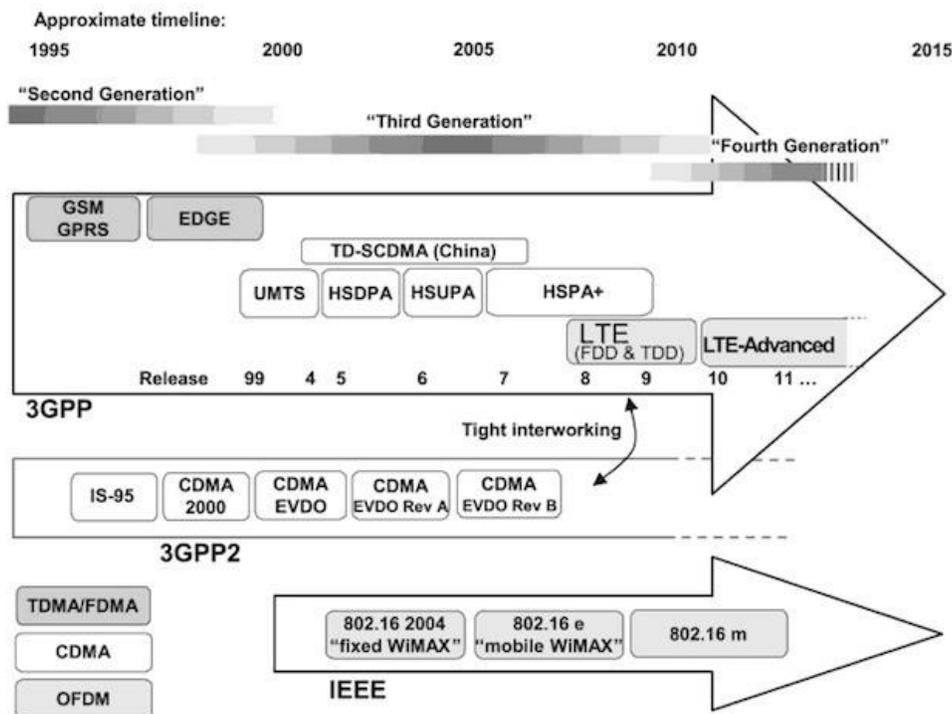


Figura II.2 Evolución de las tecnologías de comunicaciones móviles.

Fuente: P. Rodríguez, "LTE-Advanced, ," <http://www.xatakamovil.com/conectividad/lte-advanced-todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-la-autentica-cuarta-generacion-de-la-internet-movil>, 2014.

2.1.1.2. Generalidades de IMT-Advanced

La UIT proporciona una plataforma a nivel mundial para las especificaciones de la IMT-A las cuales deben admitir varios requisitos tal como aplicaciones de baja y alta movilidad o capacidad de acceso de un usuario a servicios de telecomunicación, una amplia gama de velocidades de datos y calidad de servicio, la cuarta generación de servicios móviles contribuye de la misma manera con beneficios en seguridad de datos.

La ITU-R especifica que en el montaje de IMT-A se considera [22]:

- a) que los sistemas IMT son sistemas móviles de banda ancha, incluyendo a las IMT-2000 y las IMT-Avanzadas;
- b) que los sistemas IMT-Avanzadas incluyen las nuevas capacidades que van más allá de las IMT-2000;
- c) que estos sistemas proporcionan acceso a una amplia gama de servicios de telecomunicaciones, incluidos los servicios móviles avanzados, con el apoyo de redes móviles y fijas, que se basan cada vez en paquetes de datos;
- d) que los sistemas IMT-Avanzadas admiten aplicaciones de baja de alta movilidad y una amplia gama de velocidades de datos de acuerdo con las demandas del usuario, latencia muy baja y servicios en múltiples entornos de usuario;
- e) que las IMT-Advanced también tiene capacidades para aplicaciones multimedia de alta calidad en una amplia gama de servicios y plataformas que proporcionan una mejora significativa en el rendimiento y la calidad del servicio;
- f) que las características fundamentales de las IMT-Avanzadas son:
- g) que estas características permiten que las IMT-Avanzadas puedan hacer frente a las cambiantes necesidades de los usuarios;
- h) que las capacidades de los sistemas IMT-Avanzadas se están mejorando continuamente en función de la evolución de la tecnología;
- i) que la necesidad de servicios no interrumpa casos prioritarios (por ejemplo, que las llamadas de emergencia se admite como mayor prioridad que otros servicios comerciales);
- j) que, debido a los grandes anchos de banda las comunicaciones sean efectivas, necesarias para apoyar a las muy altas velocidades de datos necesarios para los distintos servicios que se oferten, los subsidios se deben hacer, ya sea para anchos de banda de una sola portadora de mayor tamaño mucho (incluso como eficiencias espectrales aumento) o agregación de portadoras de RF (Radio Frecuencia);
- k) que el rápido desarrollo de la tecnología de la información incluya protocolos de Internet, agregación de portadora y la convergencia de diferentes redes y dispositivos digitales.

Las bandas de frecuencia consideradas por la UIT para las comunicaciones móviles inteligentes son 700 MHz, AWS 1700/2100 MHz y 2.5 GHz a nivel mundial, estas bandas

de frecuencia poseen una gran ventaja respecto a costos, debido a la gran oportunidad que representan a nivel mundial con esta aportación podremos tener una comunicación más rápida a un costo no tan elevado y con tecnología de punta con compatibilidad de servicios dentro de las IMT y las redes fijas basados en paquetes de datos, utilización de terminales de reducidas dimensiones a escala mundial [23].

Uno de los beneficios más importante que vale mencionar radica en el hecho de que el costo por unidad producida disminuye a medida que aumenta el número de unidades producidas, es uno de los beneficios más importantes y más relevantes al momento de prestar el servicio a muchos países en el mundo. A nivel mundial se tiene un alto grado de uniformidad de aplicaciones en a nivel mundial manteniendo al mismo tiempo la flexibilidad de admitir una amplia gama de servicios y aplicaciones rentables, respecto al estudio presente se podrá determinar Factibilidad Técnica de Implementación de Smart Metering en el Área Urbana residencial con tecnologías de Comunicación Inalámbrica 4G haciendo posible la interoperabilidad entre las TIC y la Infraestructura Eléctrica de Potencia contribuyendo así a las nuevas tecnologías.

2.2. Tecnologías GSM

El sistema Global para Telecomunicaciones Móviles está presente desde el inicio de las comunicaciones móviles, con el avance de las tecnologías y las necesidades de los usuarios, la tecnología GSM es considerada de segunda generación, los servicios que ofrece son de voz e implementa mensajería corta, mensajes multimedia, acceso a internet, la banda de frecuencia adoptada por el sistema GSM es la de 900MHz. La estructura básica del sistema GSM se organiza como una unidad de celdas radioeléctricas continuas que proporcionan cobertura al área de servicio [24].

2.2.1. Arquitectura del sistema GSM

- MT Terminal Móvil.
- BSS Subsistema de estación base.
 - BTS estación base de transmisión
 - BSC Controlador base de la estación
- NSS Subsistema de red.
 - MSC Centro de conmutación de servicios móviles.

- HLR Registro de posición base
- VLR registro de posición visitante
- AuC Centro de autenticación
- OSS Subsistema de operación y apoyo.
 - OMC Centro de operación y mantenimiento
 - NMC Centro de gestión de la red

2.3. Tecnologías UMTS

Se la conoce como tecnología de tercera generación es reconocido como un estándar por la IUT, posee mayores velocidades de transmisión de datos cuyas características son el incremento de velocidades de transmisión de datos, mayor capacidad de cobertura, nos permitieron tener acceso a internet con banda ancha y roaming internacional. La característica más relevante en cuanto a diferencia con las tecnologías anteriores es que trabajan con técnicas de acceso múltiple variando el tiempo, la frecuencia y el código, en la tecnología UMTS se cambia de acceso de red a Wideband Code Division Multiple (WCDMA) el cual posee dos modos de operación Duplexación por División de Tiempo TDD y Duplexación por División de Frecuencia FDD Figura II.4.

2.3.1. Arquitectura del sistema UMTS

La arquitectura del sistema UMTS (Sistema de Telecomunicaciones Móviles Universales) está elaborada en capas basándose en el modelo OSI (Sistema de Interconexión Abierto) que permitan la administración y funcionamiento del sistema de una manera óptima, cada capa tiene una función específica para evitar fallas a causa de sobrecargas de datos y cada capa posee su protocolo de comunicación. Cuenta con tres capas para su funcionamiento; capa física, capa de enlace de datos y capa de red.

➤ Capa Física.

Proporciona los requerimientos eléctricos y de procedimiento para poder activar, codificar y decodificar FEC (Técnica de corrección de errores) de los canal de transporte y transmitir información a través de este medio. En alguno de los requerimientos eléctricos se encuentran la duración en tiempo para las señales y control de potencia, tipo de transmisión, tipo de duplexaje y tipos de códigos de dispersión.

➤ Capa MAC

Determina cuantos tipos de información provienen de las capas superiores de la estructura WCDMA, la capa MAC (Control de Acceso al Medio) interactúa con la subcapa del control de radio enlace (RLC) sobre el número de canales lógicos, es el responsable del manejo de canales dedicados.

➤ **Capa RLC**

Es la encargada de establecer la conexión entre la estación móvil y la UTRAN (Red de Acceso de Radio Territorial) sus principales funciones son transferencia de datos, detección y corrección de errores, control de flujo, segmentación y concatenación de los datos y proporciona la transmisión de datos mediante la petición de repetición automática.

2.4. Tecnología Long Term Evolution Advanced LTE-A

El Proyecto Asociación de Tercera Generación o también llamado 3GPP (3rd Generation Partnership Project) mediante varias recomendaciones de las cuales se establece en la release 10 el estándar LTE-A donde se estructuran los requerimientos, características, las mejoras realizadas a la tecnología antecesora cumpliendo con todas las requisitos de la IMT-Advanced 4G además toma en cuenta a la industria para que pudiera aportar con tecnologías reales que existan o estén probadas al momento y pudieran aportar mejoras en el sistema de comunicación. Por otro lado LTE es una nueva tecnología inalámbrica proveniente de la evolución de GSM, la cual puede utilizar diversos anchos de banda de frecuencia, LTE es espectralmente más eficiente con canales de radio más anchos.

Principales características técnicas de LTE-Advanced son [25]:

- Agregación de banda hasta 100 MHz, por ejemplo a partir de agregar múltiples componentes agregadas de 20 MHz para poder alcanzar un ancho de banda de 100 MHz y así proporcionar las velocidades de transmisión más elevadas previstas en los requerimientos.
- Extensión de soluciones multi-antena, con 8 niveles en downlink y 4 niveles en uplink, para así incrementar las velocidades de transmisión alcanzables sobre el enlace mejorando el handover.
- Coordinated multipoint transmission and reception (CoMP), que permite mejorar las prestaciones observables en el extremo de la célula a través de efectuar la

transmisión/recepción desde distintas células. CoMP es un término relativamente general, que incluye diferentes tipos de coordinación (packet scheduling ,beam-forming , etc.) entre transceptores separados geográficamente.

- Repetidores, como mecanismo para mejorar la cobertura y reducir el coste de despliegue.
- Se recomienda la utilización de espectros de banda que se encuentran definidos por la ITU-R Tabla II-1

La propuesta de LTE-Advanced es cumplir con los requerimientos que establece IMT-Advanced a más de ello incluye la tecnología de radio para componentes TDD y FDD como resultado LTE-A fue aceptada por la IMT-Advanced como Tecnología de cuarta generación. 3GPP establece que LTE-Advanced es compatible con las versiones anteriores para que se pudiera ir incorporando progresivamente permitiendo a los operadores de red seguir sirviendo a sus clientes LTE, esta actualización progresiva permite que los operadores de red realicen inversiones en capacitaciones a su personal.

LTE-A fue diseñado y asignado para trabajar en diferentes tamaños del espectro incluyendo asignaciones de más de 20 MHz, las bandas operativas de LTE-A que fue recomendado por la ITU.

De estas bandas que propone la IMT (Anexos 5) se resume a la Tabla II.1 con el propósito de mantener la interoperabilidad entre IMT-A e IMT-2000 es por ese motivo que todas las bandas propuestas se esperan que se pudieran mantenerlas total o parcialmente a nivel mundial para con el futuro poder lograr el roaming global.

Banda de frecuencias identificadas para las IMT	
Banda (MHz)	Reglamento de Radiocomunicaciones que identifican la banda para las IMT
450 -470	5.286AA
698 - 960	5.313A, 5.317A
1710 - 2025	5.384A, 5.388
2110 - 2200	5.388
2300 -2400	5.384A

2500 -2690	5.384A
3400 -3600	5.430A, 5.432A, 5.432B, 5.433A

Tabla II.1 Bandas de frecuencia Identificadas para las IMT.

Fuente: Stephen M. Blust, "Normas de las IMT-Avanzadas para comunicaciones móviles de banda ancha - Banda ancha móvil | ITU Noticias.

2.4.1. Arquitectura del sistema LTE-A

La evolución de Long Term Evolution Advanced se la conoce en la Release 10 en donde se hace referencia su **arquitectura de red All-IP** (InternetProtocolo) que proporciona la tecnología necesaria para ofrecer la máxima flexibilidad con el objetivo de integrar todos los servicios en entorno a una red IP, cuenta con nodos relay (RN), agregación de portadora, técnicas de acceso múltiple OFDMA (Orthogonal Frequency Division Múltiple Access) y técnicas multi-antena MIMO (Multiple-input Multiple output).

2.4.1.1. Red de acceso de Radio evolucionada E-UTRAN

Es la red de comunicación que existe entre el equipo del usuario y el eNodeB Evolucionado e integra, la función de red de acceso proporcionando, la conectividad entre los equipos de los usuarios y a la red troncal EPC. La red troncal envía sus datos previamente destinados a S-GW, MME y en la dentro de su sistema se comunica entre otros eNodeB y UEs en acceso de downlink. Por tanto la red de acceso por radiofrecuencia LTE-Advanced tiene una arquitectura plana con un solo tipo de nodo, el eNodeB que es responsable de todas las funciones relacionadas con la radiofrecuencia en una o varias células.

eNodeB está conectado a la red de núcleo por medio de la interfaz S1, más específicamente a la pasarela de servicio (S-GW) por medio de la parte de plano de usuario, mediante la interfaz S1-u, y a la Entidad de Gestión de la Movilidad (MME) por medio de la parte del plano de control, S1-c. Un eNodeB puede interconectar a múltiples MME / S-GW con el propósito de compartir la carga y redundancia. La interfaz X2, se la utiliza para interconectar varios eNodeB uno con otro, se utiliza principalmente para soportar la movilidad de modo activo. Esta interfaz también se puede utilizar para múltiples funciones de las células de gestión de recursos de radio (RRM), tales como ICIC. La interfaz X2

también se usa para apoyar la movilidad sin pérdidas entre las células vecinas mediante el reenvío de paquetes.

2.4.1.2. Red Troncal (EPC)

El núcleo de conmutación de paquetes de la tecnología antecesora se ha rediseñado para que pudiera satisfacer los requisitos de IMT-A y se lo ha llamado Evolución del Sistema de Arquitectura (SAE) o también llamado Red troncal de paquetes evolucionada (EPC) los cuales presentan grandes beneficios que se mencionan en sección 2.1.2, la arquitectura EPC sigue los mismos parámetros de diseño de las redes 3GPP sin embargo divide las funciones del Gateway de control (SGSN en UMTS) en;

- El plano de control comandado por el MME (Mobility Management Entity)
- El plano de usuario liderado por el SGW (Serving Gateway).

MME (Mobility Management Entity) Es la entidad clave que se encuentra en el plano de control, el MME obtiene datos del suscriptor a través de la información almacenada en el Home Subscription Server (HSS), esta entidad se encarga de gestionar de la movilidad de los usuarios, roaming and handover también tiene las funciones de autenticar, autorizar, y selecciona la ServingGateways (S-GW) y Paquete de Datos Red Gateway (PDN-GW) para establecer el enlace a la red.

S-GW (Serving Gateway) es un equipo que se encuentra en el plano de usuario que es controlado por el MME y es parte de la infraestructura de red y se encuentran ubicados en centros de operación. El SGW tiene establecidas varias funciones que dentro de las cuales se menciona la principal que es la canalización y conmutación a nivel del plano del usuario y como función secundaria en el plano de control al ser responsable de retransmitir las solicitudes recibidas por otras entidades (P-GW) hacia la entidad requerida (MME) para controlar el canal para el eNodeB del mismo modo, cuando el MME inicia una solicitud, el S-GW señala hacia el PDN-GW.

PGW (PDN Gateway) es un router que es parte de la infraestructura de red y se encuentran ubicados en centros de operación, además tiene un importante rol en el control de la movilidad por lo general el P-GW asigna la dirección IP al usuario, quien la utiliza

para comunicarse con otros host IP en las redes externas. EL P-GW realiza también funciones de liberación y filtro según se defina en las políticas establecidas para el equipo del usuario.

HSS (Home Subscriber Server) es un registro de datos de la suscripción de todos los usuarios almacena y administra todo lo relativo a los datos de suscripción de los usuarios.

La evolución de LTE ha logrado hacer cambios en varias etapas en la conmutación de datos sin embargo posee la misma arquitectura que LTE-A salvo de una diferencia en su arquitectura que es la red de nodos a continuación se muestra un esquema global de su arquitectura Figura II.3.

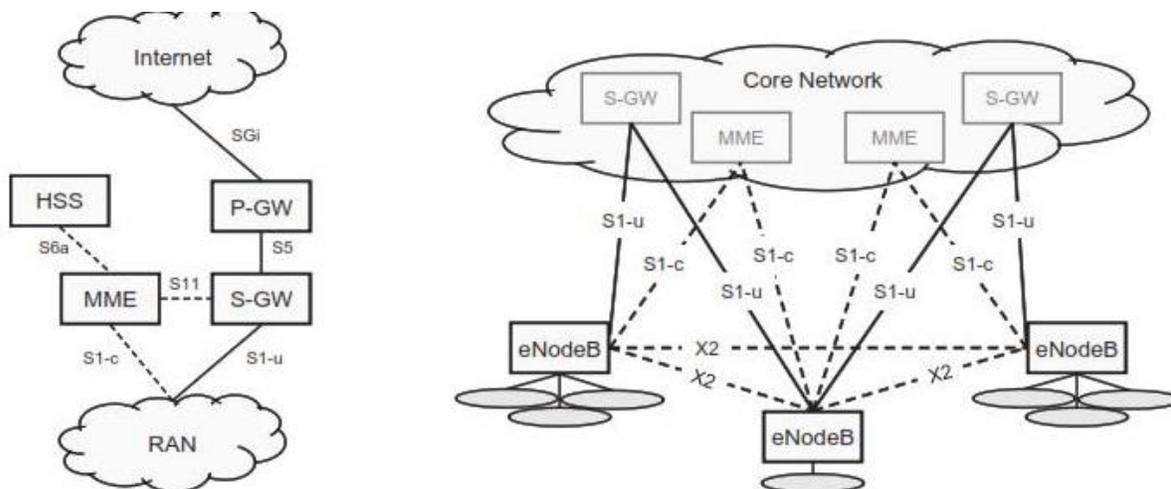


Figura II.3 Arquitectura LTE-A.

Fuente: J. S. Erik Dahlman, Stefan Parkevall, 4G LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband. (Libro).

2.4.2. Duplexación FDD y TDD

La recomendación de la IMT-Advanced para las comunicaciones móviles establece dos tipos de transmisión de datos duplexación por división de frecuencia (FDD) y duplexación por división de tiempo (TDD), el modo de transmisión es soportado por LTE lo que hace factible la migración hacia LTE-Advanced. En FDD los canales son identificados en dos bandas de frecuencia diferentes y para TDD los canales se identifican en diferentes ranuras de tiempo a continuación se detalla (Figura II.4) los conceptos de duplexacion para la trasmisión de datos.

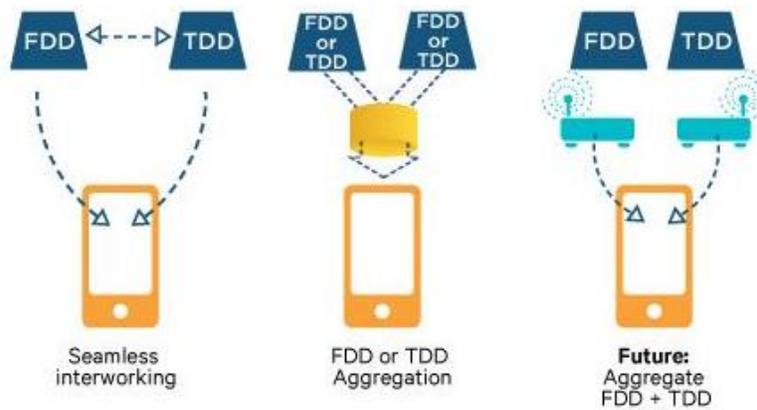


Figura II.4 Enlaces de transmisión FDD – TDD.

Fuente: Stephen M. Blust, “Normas de las IMT-Avanzadas para comunicaciones móviles de banda ancha - Banda ancha móvil | ITU Noticias.

Duplexación por división de frecuencia FDD La duplexación por división de frecuencia es un modo de transmisión y recepción de señales que nos permiten la comunicación full dúplex o comunicación bidireccional simultánea (Figura II.5), permite un enlace de transmisión continua que es una ventaja considerable que no introduce retardos ni latencia adicional, por lo que es eficiente también utiliza dos frecuencias diferentes una para el enlace descendente y otra para el enlace ascendente manteniendo siempre una separación de una banda entre ellas para que no exista interferencia uno con el otro esta separación es la mayor desventaja que tiene este enlace de transmisión de datos ya que utiliza una gran cantidad de espectro de frecuencia, en FDD existe más dificultad respecto a las técnicas especiales de antenas de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO) y la información [28].

Duplexación por división de tiempo TDD En la duplexación por división de tiempo (TDD) se utiliza una misma frecuencia tanto para el enlace descendente como para el ascendente quiere decir que comparte el canal entre la transmisión y la recepción por la que se transmiten por turnos, lo que hace que la transmisión sea discontinua como se puede ver en la Figura II.5. La duplexación por división de tiempo es preferido por la mayoría de implementaciones debido a su flexibilidad para escoger las *tasas de transferencia* de datos de los enlaces según convenga, capacidad de explotar la reciprocidad del canal, capacidad de implementación en una banda no dividida y el diseño del transceptor es menos complejo sin embargo TDD posee una desventaja que no es normalmente adecuado para su uso a través de largas distancias por los aumentos de tiempo de guarda ya que la eficiencia del

canal descende. Dado que los datos no son capaces de ser enviados inmediatamente en una transmisión se tiene como resultado que la multiplexación de tiempo entre transmisor y receptor, tiene pequeños retrasos entre los datos que se generan y los que se transmiten realmente.

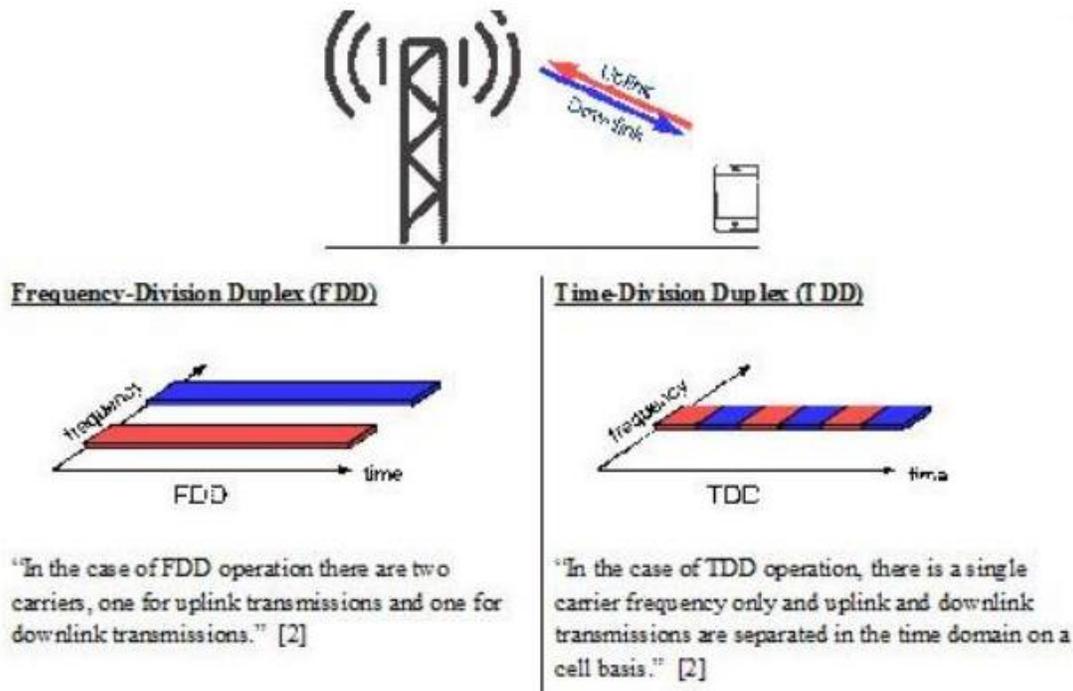


Figura II.5 Diferencia entre FDD y TDD.

Fuente: 4G Americas, "LTE Carrier Aggregation October 2014,"

http://www.4gamericas.org/files/8414/1471/2230/4G_Americas_Carrier_Aggregation_FINALv1_0_3.pdf, no. October, 2014.

2.4.3. Agregación de Portadoras (CA)

Todos estos beneficios están centrados en la agregación de portadora esta nueva tecnología del futuro presenta la función clave en la redes LTE-Advanced que se convirtió en la principal característica o funcionalidad que se desplegó al mundo. LTE-Advanced (tecnología 4G) tiene como requisito operar con ancho de banda de 100Mhz este ancho de banda se logra a la ayuda de la agregación de portadora de hasta cinco componentes de portadora (Component Carriers CCs).

La Agregación de Portadoras (Carrier Aggregation CA) es una funcionalidad clave de LTE-Advanced que les permite a los operadores crear mayores anchos de banda "virtuales" de portadora para los servicios LTE al combinar distintas asignaciones de espectro [30].

Como se muestra en la Figura II.6, la agregación de portadora está diseñada para soportar una variedad de arreglos distintos de diferentes component carriers (CCs) los cuales pueden tomar un ancho de banda de canal de 1.4, 3, 5, 10,15 y 20 MHz

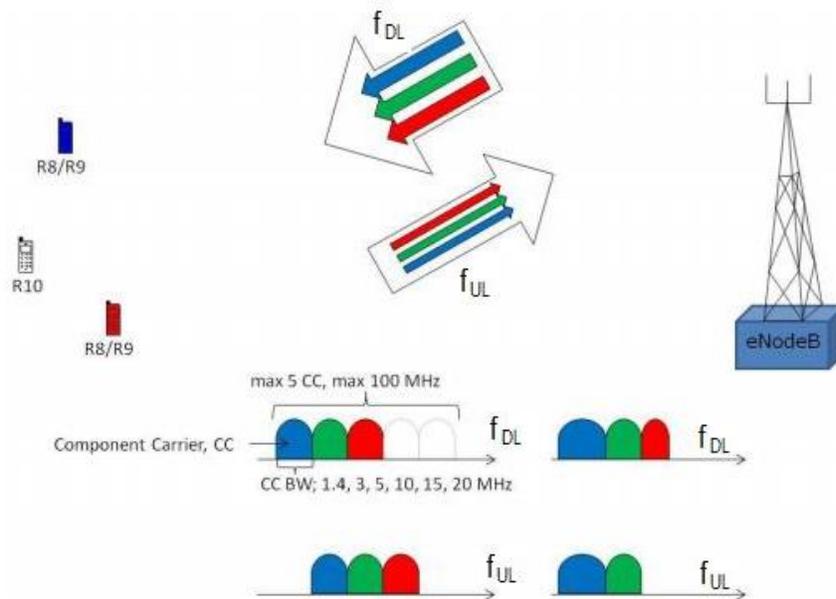


Figura II.6 El component carrier de diferentes anchos de banda
Fuente: LTE-Advanced, " http://www.3gpp.org/IMG/pdf/lte_advanced_v2.pdf, no. May, 2012.

En la agregación de portadora la componente de la misma no necesita ser continua de esta manera el espectro fragmentado puede suministrar servicios de alta velocidad usando porciones del espectro de distintas bandas como se mencionó anteriormente hasta cinco componentes de portador.

La configuración de la agregación de portadoras está dividida en:

- Intra-band continua
- Intra-band no continua
- Inter-band

La combinación de Intra-band continua e inter-band agrega dos componentes de portadora de bajada de datos esta configuración se encuentra en la Release 10.

A continuación se muestra en la Figura II.7 los tipos de configuración de la agregación de portadora.

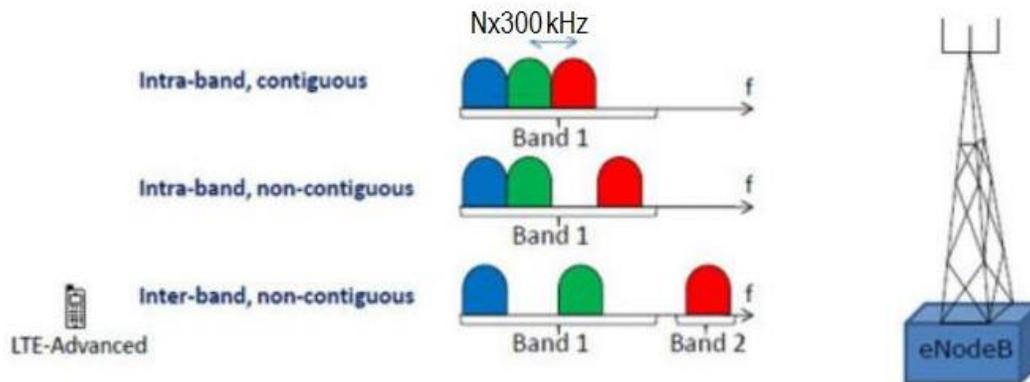


Figura II.7 Alternativas de agregación de Bandas.

Fuente: 4G Americas, "LTE Carrier Aggregation October 2014,"

http://www.4gamericas.org/files/8414/1471/2230/4G_Americas_Carrier_Aggregation_FINALv1_0_3.pdf, no. October, 2014.

Para la ITU-R la tecnología del futuro estándar 4G, denominada IMT-Advanced (International Mobile Telecommunications Advanced), requiere una transferencia de datos de 1Gbps para usuarios que se trasladan de un lugar (caminado) y de 100Mbps para usuarios móviles a velocidades superiores a 300Km/h y se espera sus respectivas evoluciones [32].

2.4.4. Tecnología en la capa física

Tecnologías en la capa física empleadas en LTE, y que constituyen una de las principales diferencias en relación a los sistemas predecesores de comunicaciones móviles, en tanto que permiten conseguir mayores niveles de capacidad y eficiencia en el uso de los recursos del espectro radioeléctrico. En la capa física se emplean los fundamentos de la técnica de transmisión OFDMA (Orthogonal Frequency División Múltiple Access) y SC-FDMA (Single Carrier Frequency División Múltiple Access), para los enlaces descendente y ascendente, respectivamente.

La técnica de transmisión OFDM constituye un mecanismo de transmisión multi-portadora consistente en multiplexar un conjunto de datos sobre un conjunto de subportadoras, gracias a las propiedades de ortogonalidad de dichas subportadoras, es posible efectuar la transmisión simultánea de todos los símbolos manteniendo la capacidad de separación de los mismos en recepción de aquí se fundamentan OFDMA y SC-FDMA.

Acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal (OFDMA) es una técnica de transmisión con la finalidad de realizar descarga de datos que surge de la modulación de la frecuencia, en función del tiempo y de la amplitud los tres datos se modulan y se obtienen los datos hacer asignados a sus diferentes etapas, permite que los subconjuntos de subportadoras se asignen dinámicamente entre los diferentes usuarios de un canal, permitiendo establecer una velocidad de conexión más veloz y con menos probabilidad de error. De esta manera, es posible acomodar varias transmisiones simultáneas correspondientes a diferentes flujos de información al viajar en subportadoras diferentes. El sistema OFDM, es el único usuario puede transmitir sobre todas las subportadoras en cualquier momento y se utilizan técnicas de acceso múltiple por división en frecuencia o en tiempo para soportar múltiples usuarios.

Acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal de portadora simple (SC-FDMA) el acceso múltiple por división de portadora simple (SC-FDMA) para la subida de datos necesaria para nuestro estudio, se lo realiza mediante un transmisor sencillo pero un receptor complejo, por eso es ideal para el Uplink, donde la unidad móvil debe ser sencilla y económica mientras que la complejidad del receptor y los altos costos que se pudiesen generar se dejan a la Estación Base. El acceso múltiple por división de portadora simple se basa en los mismos principios de transmisión de OFDM, pero en este caso se efectúa una pre codificación de los datos que se van a transmitir previa al proceso de transmisión OFDMA, lo que nos permitirá reducir las variaciones en la potencia instantánea y reducir consumo. El transmisor de un sistema SC-FDMA convierte una señal de entrada binaria a una secuencia de subportadoras moduladas efectuando las operaciones de procesamiento de señales para que puedan llegar al equipo del usuario.

2.4.5. Mejoras en las estructuras Multi-antena (MIMO)

En los sistema de comunicación móvil actuales se utiliza MIMO (Multiple-input Multiple-output) la cual es una técnica en la que se utiliza una configuración de múltiples antenas inteligentes que son utilizadas en los receptores y transmisores esta técnica logra mejorar la eficiencia espectral. Para dar cumplimiento a los requerimientos que propone la IMT-A definidos en relase 8. Las capas espaciales para el Downlink hasta 8 receptores en el equipo del usuario, lo que permite un MIMO de 8x8 para multiplexacion espacial,

respecto al UpLink el equipo del usuario posee hasta 4 transmisores y el eNB hasta 4 receptores para disponer así de un sistema MIMO 4x4.

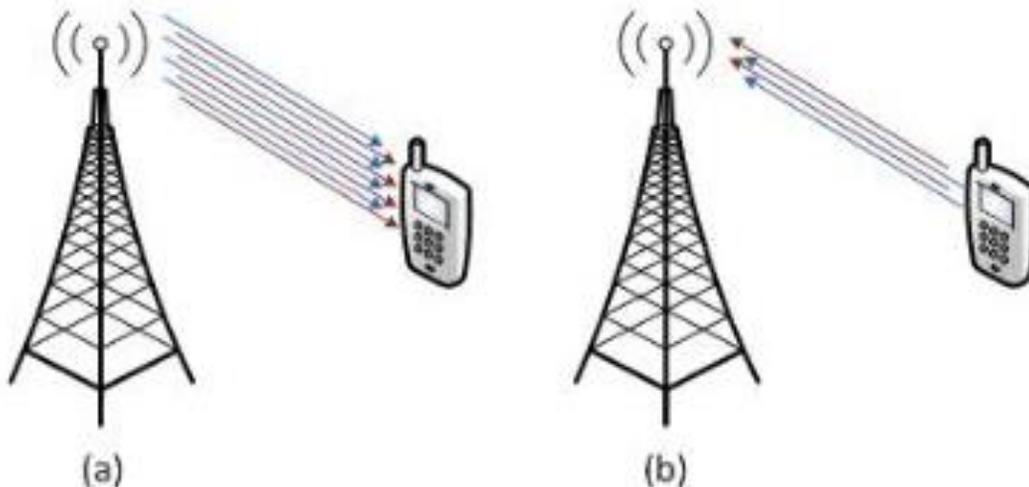


Figura II.8 Direcciones DL y UL

Fuente: 4G Americas, "LTE Carrier Aggregation October 2014,"

http://www.4gamericas.org/files/8414/1471/2230/4G_Americas_Carrier_Aggregation_FINALv1_0_3.pdf, no. October, 2014

En LTE existen siete modos de transmisión de datos basados en múltiples antenas de entrada y salida para DL en LTE-Advanced su transmisión se incrementa a nueve siendo TM9 para un MIMO de 8x8 y para UL LTE trabaja TM1 mientras que en LTE-Advanced trabaja en modo de TM2 para operar en MIMO de 4x4. Se han visto las ventajas de usar sistemas de varias antenas para conformar el haz e incrementar la direccionalidad, enfocando mejor la energía y disminuyendo la interferencia con otros usuarios [33].

Se muestra los tres principales modos de funcionamiento MIMO:

Único Usuario MIMO o conocido como SU-MIMO esta conformación utiliza la tecnología MIMO para incrementar las velocidades de los datos para un único usuario.

Multiusuario MIMO o conocido MU-MIMO este modo permite que múltiples terminales móviles puedan conectarse al sistema mejorado MIMO, esto permite aumentar la capacidad de la celda (mas celulares conectados a una antena).

MIMO Cooperativo permite mejorar la calidad en los equipos del usuario que se encuentran al límite de la celda utilizando técnicas CoMP (Cooperative Multipoint se detalla más adelante) esta técnica incrementa más del doble de la eficiencia espectral gracias a la cooperación de varios eNBs hacia el mismo UE [34].

Beneficios de utilizar las técnicas MIMO:

Diversidad Espacial: Sitúa varias antenas en el receptor y en el transmisor, las señales que viajan entre las antenas deben encontrarse suficientemente separadas para garantizar que la propagación sea independiente. La información se envía en una sola frecuencia pero se recibe por dos o más trayectos distintos.

Conformación de haz (Beamforming): El uso de haces dirigidos mejora la capacidad de las ganancias de los enlaces, logrando la máxima potencia posible en el receptor con mínima interferencia sobre otros receptores.

Reducción de la interferencia: Se logra un aumento sustancial en el rendimiento del sistema y se minimizar la interferencia facilitando la transmisión de información con mayores velocidades [35].

Múltiples puntos de transmisión y recepción coordinados (CoMP) La tecnología coordinated multipoint que identifico LTE-Advanced tiene como objetivo mejorar la eficiencia espectral en el borde de la célula tanto para la transmisión y para la recepción donde múltiples antenas de varias celdas son utilizadas de tal manera que tanto las antenas de la celda de servicio así como las antenas vecinas ayudan a mejorar la calidad de la señal recibida en el equipo del usuario y en el eNodeB el objetivo principal es que todos los equipos de usuarios reciban la mejor señal de todas eNBs que lo rodean e incrementar el rendimiento en los bordes de la celda sin importar la carga del sistema móvil. Los beneficios de CoMP tanto para los usuarios como para los operadores de red son varios dentro de los más importantes tenemos:

- CoMP Transmission/Reception mejora significativamente la señal al borde la celda empleando multi-celda.
- Reducción de interferencia en las comunicaciones haciendo que la interferencia de las otras antenas vecinas contribuyan con la comunicación.
- Que se reduzca notablemente las caídas de conexión.

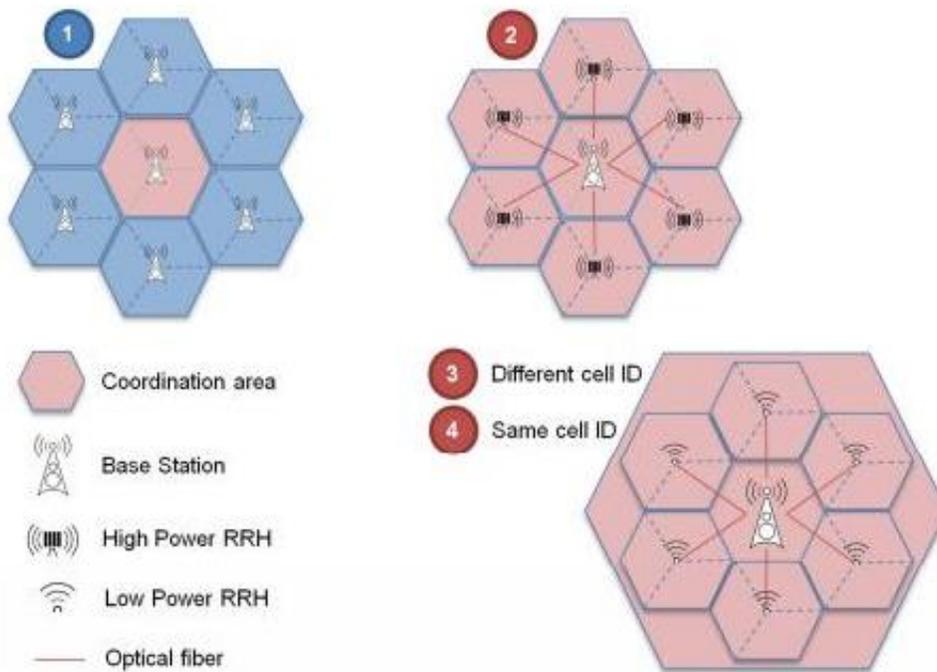


Figura II.9 Coordinación de Operación Multipunto.

Fuente: *Technology Introduction White Paper,* " http://cdn.rohde-schwarz.com/pws/dl_downloads/dl_application/application_notes/1ma232/1MA232_1E_LTE_Rel11.pdf

2.4.6. Bandas atribuidas para la operación de redes IMT 4G

Es necesario conocer el entorno internacional que refiere a las bandas IMT a nivel mundial, en las secciones 2.1.1, 2.1.2, 2.1.3 se conocerá los organismos de radiocomunicaciones empleados a nivel mundial, de tal manera que esta información sea extendida por todo el mundo para poder lograr una comunicación más rápida y a menor costo de operación garantizando la eficiencia y seguridad en las nuevas tecnologías de comunicación que se pretende implementar.

2.4.6.1. Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones

Las Conferencias Mundiales de Radiocomunicación se celebran cada tres o cuatro años, el objetivo es revisar y si es necesario realizar cambios en el RRM (Gestión de Recursos de Radio) los cambios se los puede realizar sobre la base de un determinado consejo de la ITU. La última Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (CMR-12) se la celebro en noviembre 2012 en donde se firmaron actas se acordaron resoluciones y se dictaron recomendaciones y se fijó uno de los objetivos a tratarse en la Conferencia Mundial de

Radiocomunicaciones del 2015 que es la identificación de más espectro de banda ancha móvil.

2.4.6.2. Bandas y tecnología IMT (Grupo de Trabajo 5D de la ITU-R)

La ITU formo en grupo de trabajo llamado GT-5D para que sea responsable de aspectos globales referentes a los sistemas de IMT que conlleva a aspectos de hardware de comunicaciones, funcionamiento del espectro y elaboración de nuevas recomendaciones sobre hardware que necesiten las IMT. El grupo 5D es importante en las reuniones que se realizan entre operadores telefónicos y fabricantes de tecnología en el mundo ya que conforme los avances tecnológicos de los fabricantes se puede obtener nuevos sistemas de telecomunicaciones siempre con el objetivo de la ITU (compatibilidad con la tecnología antecesora).

2.4.6.3. Comisión Interamericana de Telecomunicaciones CITEL

La CITEL es el órgano asesor de la Organización de los Estados Americanos en asuntos relacionados con las telecomunicaciones/TIC. Fue establecido por la Asamblea General en 1994, con la misión de promover el desarrollo integral y sostenible de las telecomunicaciones/TIC en el Hemisferio. El Ecuador es uno de los estados miembros de esta comisión a la cual está regida y toma en cuenta las reglas, procedimientos y recomendaciones que hace la ITU.

2.4.6.4. Bandas atribuidas a IMT

La Unión Internacional de Telecomunicaciones es un organismo que pertenece al sistema de las Naciones Unidas referente a las telecomunicaciones, formado de 192 Estados Miembros y entidades del sector privado para que aporten con las decisiones de la industria de telecomunicaciones. La ITU dentro de su organización está dividida en ITU-Telecomunicaciones y la ITU-Radiocomunicaciones dentro de estos organismos la ITU-R es la que se encarga de la gestión de espectro radioeléctrico el cual es un recurso natural limitado en todo el mundo debido a la creciente demanda.

El avance de las TIC se ha hecho vertiginoso y el despliegue de soluciones convergentes es cada vez mayor. Por esto, es necesario actualizar permanentemente la reglamentación nacional e internacional sobre el uso del espectro radioeléctrico, para ello los países del

mundo, reunidos durante las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones (CMR) de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), revisan periódicamente el Reglamento de Radiocomunicaciones, en el cual se define, entre otros elementos, la atribución del espectro radioeléctrico en todo el planeta [37]. El espectro radioeléctrico se subdivide en nueve bandas de frecuencias, que se designan por números enteros, en orden creciente, de acuerdo con el siguiente cuadro. Dado que la unidad de frecuencia es el hertzio (Hz), las frecuencias se expresan [38].

- en kilohertzios (KHz) hasta 3000 KHz, inclusive;
- en mega hertzios (MHz) por encima de 3 MHz hasta 3 000 MHz, inclusive;
- en giga hertzios (GHz) por encima de 3 GHz hasta 3 000 GHz, inclusive.

Esta atribución del espectro es producto de estudios técnicos, económicos, sociales, y del consenso entre los estados miembros de la UIT, para el mejoramiento y el empleo racional del espectro radioeléctrico, con el fin de evitar interferencias perjudiciales entre las estaciones de radiocomunicación de los distintos países. Las telecomunicaciones móviles internacionales-2000 (IMT-2000) son sistemas móviles de tercera generación que facilitan el acceso a una amplia gama de servicios de telecomunicación que soportan las redes de telecomunicación fijas (por ejemplo, la red telefónica pública con conmutación/red digital de servicios integrados (RTPC)/ (RDSI)/Protocolo Internet (IP) y a otros servicios específicos de los usuarios móviles. Las bandas de frecuencias de la tecnología 4G recomendadas por la UIT son las mismas que se definieron en la IMT-2000 por tanto la cuarta generación por ser una red móvil también trabajara con la mismas. Con el fin de que todo el mundo pudiera unificar las bandas de radiofrecuencia la UIT atribuyo y asigno las bandas de radiofrecuencia dividiendo al mundo en regiones:

REGIÓN 1 Europa, África, El Medio Oriente, Mongolia y las Repúblicas de la ex-Unión Soviética.

REGIÓN 2 conforman los países de las Américas.

REGIÓN 3 conforma el resto del Mundo, principalmente Asia y Oceanía

A continuación se muestran las regiones que se refieren a distintas zonas geográficas. El Ecuador hace parte de la región 2.

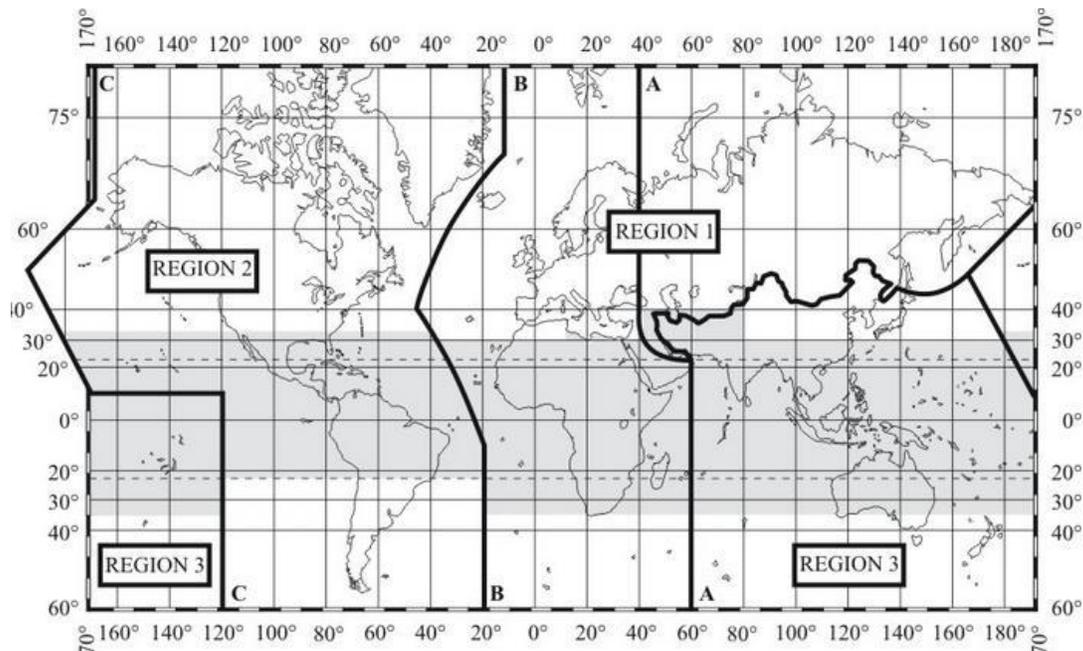


Figura II.10 Atribución de frecuencias.

Fuente: A. N. del Espectro, “Cuadro Nacional de atribución de Bandas de Frecuencia,”
<http://www.ane.gov.co/cnabf/images/documento/CNABF2014.pdf>.

El Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT identifica bandas previstas para implementar las IMT, incluidas las IMT-2000 y las IMT-Avanzadas. Entre las características técnicas fundamentales de las tecnologías IMT-Avanzadas, cabe destacar el uso de las bandas de frecuencias de las IMT para su funcionamiento al igual que la interoperabilidad con las IMT-2000 para permitir la itinerancia mundial. La UIT ha tratado de armonizar en la medida de lo posible el uso de estas bandas IMT a escala mundial, aunque en algunas de estas bandas y en algunas partes del mundo no se ha logrado esta armonización debido a que las necesidades de otros servicios radioeléctricos entran en conflicto.

La necesidad de ofrecer mejores servicios obliga a incrementar el espectro en las bandas de telecomunicaciones de ahí que ITU tomo en cuenta que las bandas que atribuyo a las IMT cumplan con condiciones de propagación para que puedan ofrecer una apropiada cobertura y calidad de señal en diferentes lugares, que las pérdidas de la propagación de la

onda sea la menor posible, que sean lo más resistentes a las interferencias y con el complemento de equipos que nos brinden la seguridad y eficiencia en la conexión .

Evidentemente la ITU analizo las características de propagación, aspectos técnicos, aspectos económicos y se trata de un proceso completo en la identificación de las bandas, se debe tomar en cuenta que las bandas atribuidas a la IMT son varias en todo el mundo se muestra en la Anexo 5. Cada país debe tomar en cuenta decisiones sobre la identificación del espectro a utilizar por ejemplo:

- Estudios de compatibilidad con otros servicios en la misma banda o en bandas adyacentes con las IMT;
- Armonización mundial o regional de bandas del espectro;
- Disponibilidad de bloques amplios de bandas para las IMT;
- Desarrollos tecnológicos de la industria de las telecomunicaciones;
- Estado de desarrollo de los servicios actuales y previsiones para futuras necesidades de servicios, incluyendo aquellas relativas al espectro;
- Evaluación de la posible interferencia entre sistemas IMT-2000 o posteriores a IMT-2000 y otros servicios.

2.4.7. Características técnicas de las bandas 4G

Las características de banda ancha móvil trae muchos beneficios a los usuarios a continuación se destacan las características de cada una de las frecuencias ya que al ser de diferente banda nos ofrecen distintas características la bandas de menor frecuencia para la operación de sistemas IMT tienen ciertas ventajas comparadas con las más altas en lo referente a cobertura (menores frecuencias mayores coberturas) este referente a cubrir mayor territorio geográfico a un menor costo de infraestructura, una característica de las baja frecuencia es que ofrece mayor penetración cuando se presentan obstáculos como por ejemplo interiores de edificios. Las bandas que se encuentran en un rango de media frecuencia poseen otras características como por ejemplo para zonas medias pobladas en donde su cobertura no es mayor pero su alcance de portadores (abonados) es mayor que la de las frecuencias bajas lo cual eleva la capacidad de red es decir aumentar el número de usuarios en una zona donde exista crecimiento paulatino. Una de las características que poseen las bandas de alta frecuencia es la ventaja que ofrece respecto a las anterior ya que

están pueden manejar muchos usuarios que son las de mayor tráfico en el menor tiempo posible es una característica fundamental en todo sistema de radiocomunicación.

2.4.7.1. Disposiciones de frecuencias en las bandas 450-470 MHz.

Las bandas de baja frecuencia se las utiliza como una alternativa para aumentar la cobertura de las células especialmente para zonas rurales, en muchos de los casos los operadores hace uso de estas bandas de frecuencia cuando ya está implementado el servicio y la demanda es mayor pero para el caso del Ecuador en este año se empieza con la promoción de la cuarta generación, esta banda está en las disposiciones de frecuencias recomendadas en estas bandas, se indica en la Tabla II.2:

Frecuencia arrangements	Paired arrangements			dúplex separación (MHz)	un- paired arrange ments
	Mobile stationTransmitt er (MHz)	Centre Gap (MHz)	base stationTransmit er (MHz)		
D1	450.000-454.800	5.2	460.000- 464.800	10	None
D2	451.325-455.725	5.6	461.325- 467.725	10	None
D3	452.000-456-475	5.525	462.000- 466.475	10	None
D4	452.500-457.500	5.025	462.500- 467.475	10	None
D5	453.000-457.500	5.5	463.000- 467.500	10	None
D6	455.250-459.975	5.275	465.250- 469.975	10	None
D7	450.000-457.500	5.0	462.500-470.00	12.5	None
D8					450-470 TDD
D9	450.000-455.00	10.0	465.00-470.00	15	457.500- 462.500 TDD
D10	451.000-458.000	3.0	461.000-468.00	10	None

Tabla II.2 Frecuencias de la banda de 450 MHz.

Fuente: Recomendación UIT-R M.1036-2," https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.1036-2-200306-S!!PDF-S.pdf, 2003

Actualmente esta banda es utilizada para sistemas de Radios de Dos Vías y se está realizando una migración de los usuarios de estos sistemas para permitir la explotación del servicio de Telefonía Fija Inalámbrica en Áreas Rurales.

2.4.7.2. Disposiciones de frecuencias en las bandas 698 -960 MHZ.

Una de las bandas de frecuencia recomendada por la IMT-R es 698-960 MHZ (Tabla II.3) esta banda se ha propuesto con la segmentación representada con la letra “A” y adoptado por el Ecuador actualmente esta banda se encuentra atribuida para servicios de telefonía Móvil y Fija. Operadores de servicio de audio y video por suscripción bajo la modalidad de UHF codificado en la provincia de Pichincha y Guayas dejarían de operar en esta banda en el 2016 ya que se encuentran haciendo uso de esta banda.

Disposiciones de frecuencia	Estación móvil transmisora (MHz)	separación central (MHZ)	estación de base transmisora (MHz)	separación dúplex (MHz)
A1	824-849	20	869-894	45
A2	880-915	10	880-915	45
A3	832-862	11	791-821	41
A4	698-716 776-793	12 ,13	728-746 746-763	30.30
A5	703-748	10	758-803	55
A6	None	None	None	

Tabla II.3 Frecuencias de la banda de 698 -960 MHz.

Fuente: UIT-R M.1036-2, " https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.1036-2-200306-S!!PDF-S.pdf, 2003.

2.4.7.3. Disposiciones de frecuencias en las bandas 1710-2200 MHZ.

Las bandas de 1700-2200MHZ se ha considerado una banda de alta frecuencia por tal motivo es considerada por la gran ventaja que nos ofrece en las ciudades pobladas donde el crecimiento de los usuarios es cada vez mayor, actualmente se encuentra atribuida para servicios de telefonía Móvil y Fija lo cual facilita el uso de dicha banda de frecuencia de

acuerdo con las recomendaciones de la ITU-R esta segmentada o arreglo está representada con la letra “B” Tabla II.4.

Disposiciones de frecuencias	Estación móvil transmisora (MHz)	Separación central (MHz)	Estación de base transmisora (MHz)	Separación dúplex (MHz)	Espectro no apareado (por ejemplo para DDT) (MHz)
B1	1920-1980	130	2 110 -170	190	1880 -1920 , 2010-2025
B2	1 710-1 780	20	1805 -1880	95	Ninguno
B3	1 850-1 910	20 130	1930 -1990	80	1910 - 1930
B4 (armonizada con B1 y B2)	1710-1785 1920-1980	20 340	1805 -1880 2110 -2170	95 190	1900 - 1920, 2010 -1930
B5 (armonizada con B3 y partes de B1 y B2)	1850 -1910 1710 -1770	20 340	1930 - 1990 2110 -2170	80 400	1910 -1930

Tabla II.4 Frecuencias de la banda de 698 -960 MHz.

Fuente: UIT-R M.1036-2 https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.1036-2-200306-S!!PDF-S.pdf, 2003.

2.4.7.4. Disposiciones de frecuencias en las bandas 2300-2400 MHz

La banda 2300-2400 MHz es considerada una banda de alta frecuencia que se encuentra ocupada en radiodifusión, telefonía móvil y fija la banda ha ganado un gran impulso para aplicaciones IMT en modo de duplexaje TDD por lo que de acuerdo con la demanda creciente sea ocupada en muchos países, de acuerdo con las recomendaciones de la ITU-R esta segmentada o arreglo está representada con la letra “E” como se indica en la tabla II.5.

Frecuencia	Paired Arrangements	Un-paired
------------	---------------------	-----------

arrangements	Mobile station transmitter (MHz)	Centre gap (MHz)	Base station (MHz)	Dúplex separación (MHz)	arrangements (for TDD)
E1					2300-2400 TDD

Tabla II.5 Frecuencias de la banda de 698 -960 MHz.

Fuente: UIT-R M.1036-2, " https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.1036-2-200306-S!!PDF-S.pdf, 2003.

2.4.7.5. Disposiciones de frecuencias en las bandas 2500-2690 MHz

La banda 2500-2690 MHz actualmente se encuentra atribuida a servicios de telefonía Móvil y Fija. La banda ayudara a superar la creciente demanda de usuarios móviles, principalmente en las ciudades donde se encuentren la mayoría de usuarios esta banda se la utiliza ahora en el Ecuador para brindar calidad y velocidad a la tecnología LTE-A, de acuerdo con las recomendaciones de la ITU-R esta segmentada o arreglo está representada con la letra "C" como se indica en la tabla II.6.

Frecuencia arrangements	PairedArrangements				Un-paired arrangements (for TDD)
	Mobile stationtransmitter (MHz)	Centre gap (MHz)	Base station (MHz)	Dúplex separación (MHz)	
E1					2300-2400 TDD

Tabla II.6 Frecuencias de la banda de 698 -960 MHz.

Fuente: Recomendación UIT-R M.1036-2, " https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.1036-2-200306-S!!PDF-S.pdf, 2003.

2.4.7.6. Disposiciones de frecuencias en las bandas 3400-3600 MHz.

La banda de 3400-3600 MHz está recomendada por la ITU para formar parte de la comunicación de la IMT, esta banda actualmente está siendo utilizada por telefonía fija, telefonía fija por satélite y radio localización como se indica en la Tabla II.7.

Frequency Arrangements	Paired Arrangements				Un-paired arrangements (for TDD)
	Mobile station transmitter (MHz)	Centre gap (MHz)	Base station transmitter (MHz)	Duplex separation (MHz)	
F1					3400 - 3600
F2	3410 - 3490	20	3510 - 3590	100	None

Tabla II.7 Frecuencias de la banda de 698 -960 MHz.

Fuente: RECOMENDACIÓN UIT-R M.1036-2, " https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.1036-2-200306-S!!PDF-S.pdf, 2003.

2.4.8. Redes 4G en el Ecuador

Las redes de cuarta generación están siendo tomadas en cuenta por el Gobierno del Ecuador cumpliendo con su mandato de la constitución de la República y el Plan Nacional del Buen Vivir, a través del Ministerio de Telecomunicaciones y sociedad de la información dieron a conocer la estrategia Ecuador Digital 2.0 en donde hace referencia al plan Nacional de Banda ancha este informe incluye los posibles escenarios para la asignación de frecuencias en el Ecuador atribuidas para la IMT considerando las bandas de 700 MHz, 1700/2100 MHz y 2.5 Ghs.

DISPONIBILIDAD DE BANDAS	
BANDAS	DISPONIBILIDAD
Banda de 700 MHz	60 MHz disponibles
Banda de 1900 MHz	60 MHz disponibles
Banda de 1700-2100 MHz	80 MHz disponibles
Banda de 2500 MHz	190 MHz disponibles

Tabla II.8 Disponibilidad de las Bandas aprobadas para la IMT.

Fuente: Senatel-Conatel, "Atribucion de frecuencias en el Ecuador" <http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/frecuencias.pdf>

Las operadoras de telefonía móvil CNT E.P. OTECEL S.A. y CONECEL S.A. solicitaron al CONATEL la asignación del espectro radio eléctrico recomendado en las bandas de 700 MHz, 1700-2100 MHz y 2.5 GHz donde hasta la fecha el CONATEL aprobó la asignación establecida es de 50 MHz para Movistar y 60 MHz para Claro en las bandas de 1700 y 1900 para cada una de las empresas de telefonía destinarán 40 MHz para

la banda 4G y el resto para la ampliación de cobertura del 3G. En el caso de Claro serán 20 MHz y en el de Movistar, 10 MHz para el 3G el dos de febrero del 2015 mientras que la operadora telefónica CNT E.P mediante el consejo Nacional de Telecomunicaciones, ente que preside, autorizó el uso de 30 MHz en la banda de 700 MHz y de 40 MHz en la banda de 1700-2100 para CNT para el despliegue de 4G que según la según la operadora inicio a partir del segundo semestre de 2013.

2.4.8.1. Bandas de frecuencia para los sistemas IMT en el Ecuador

El Plan Nacional de Frecuencias ha impulsado el desarrollo y ha permitido que las bandas recomendadas por la IMT estén libres para que se pueda ir incrementando el espectro radioeléctrico dependiendo de la demanda de las bandas de la IMT Tabla II.9.

Bandas MHz
698 - 806
824 - 849
1710 - 2025
2110 - 2200
2500 - 2690

Tabla II.9 El PNF recomienda las bandas para IMT

Fuente: Senatel-Conatel, "Atribucion de frecuencias en el Ecuador"

<http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/frecuencias.pdf>

Existen tres bandas principalmente que son recomendadas para el despliegue de LTE en la región 2 en donde se encuentra Ecuador entre estas tenemos de las cuales se mencionan sus características beneficios y segmentación. Estas bandas pueden ofrecer excelente cobertura y una excelente capacidad, en conjunto ofrecen una gran oportunidad para masificar los servicios de banda ancha móvil en Ecuador. A continuación se detallan cada una de estas bandas.

2.4.8.2. Banda de 700 MHz

La banda 700 MHz, mediante la resolución de RTV-268-11-CONATEL-2012 aprobó la modificación en el cuadro de atribuciones del Plan Nacional de Frecuencias que se encuentra distribuida de 698 MHz a 806 MHz, nos ofrece grandes beneficios sobre bandas

más altas en lo que se refiere a cobertura en vista a la propagación y además posee una gran penetración de señal es por esto que la Compañía Nacional de Telecomunicaciones logro que 30 MHz de esta banda para que pudieran ser unos para la IMT en el Ecuador el ahorro de costo desde de la banda de 700 MHz ya que al ser una frecuencia más baja tiene mayor cobertura por lo que la instalación sería menos costosa permitiendo la penetración, en un mayor porcentaje, de la población.

Es importante para el Ecuador ya que permite incrementar el crecimiento de la utilización de datos en zonas rurales y menos pobladas para poder ofrecer a más personas el servicio con una buena cobertura esto brinda mejores precios frente a la competencia de las dos restantes operadoras de nuestro país.

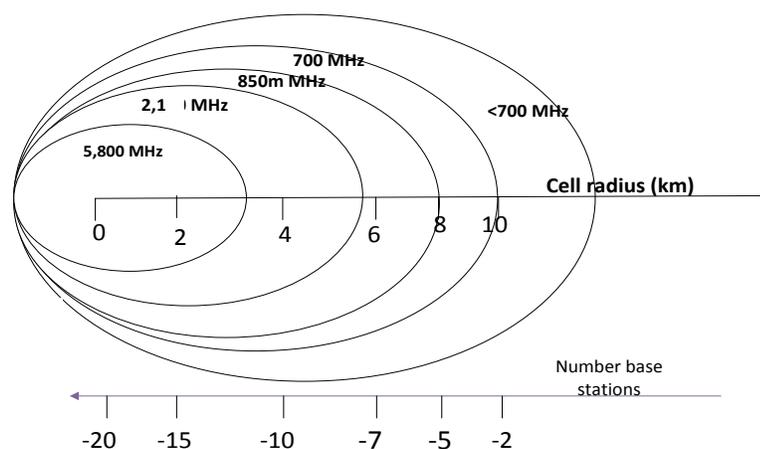


Figura II.11 Número de celdas necesarias para brindar cobertura.
Fuente: 4G Americas 2011

2.4.8.3. Segmentación de la banda de 700MHz

La banda de 700 MHz resolvió mediante RTV-679-24-CONATEL-2012 resolvió adoptar el esquema de segmentación APT (Tele comunidad Asia-Pacífico) A5 para el rango de frecuencias 698-806 MHz conocida como la banda de 700 MHz y especialmente configurado para el despliegue tecnologías de banda ancha móvil entre estas LTE. Así mismo permite flexibilidad en el tamaño de los bloques del espectro para un mejor ajuste con las características tecnológicas disponibles, evita la utilización de bandas de guarda para la coexistencia entre los FDD y TDD, que han sido normalizados por el 3GPP y

recomendado por la UIT como segmentaciones A5 y A6, respectivamente. Este plan divide la banda en bloques contiguos de frecuencias que son tan grandes como sea posible teniendo en cuenta la necesidad de evitar interferencias con los servicios en otras bandas de frecuencia.

La transmisión de duplexación por división de tiempo TDD (segmentación A6) incluye 100 MHz de espectro continuo, mientras que la transmisión de datos duplexación por división de frecuencia FDD (segmentación A5) comprende dos grandes bloques:

Ambos esquemas FDD y TDD para la banda de 700 MHz incluyen bandas de guarda de 5 MHz y 3 MHz en sus bordes inferior y superior, respectivamente. La versión FDD también incluye un centro de brecha de 10 MHz Las bandas de guarda sirven el propósito de mitigar la interferencia con las bandas adyacentes, mientras que se requiere la brecha centro FDD para evitar la interferencia entre transmisiones de enlace descendente y de enlace ascendente.



Figura II.12 Segmentación de la banda de 700 MHz.

Fuente "La revolución 4G se enfrenta al monopolio | Plan V,"

<http://www.planv.com.ec/investigacion/investigacion/la-revolucion-4g-se-enfrenta-al-monopolio/pagina/0/2>.

2.4.8.4. Banda de 1700-2100MHz

La banda de 1700-2100 MHz mediante RTV-804-29-CONATEL-2012 resolvió adoptar el esquema de segmentación B5 para la banda AWS (Advanced Wireless Services). La banda AWS, se compone de 1710 a 1770 MHz para enlaces de subida y 2110-2170 MHz para enlaces de bajada, son bandas de frecuencia alta, porque ofrecen una gran cantidad de espectro que permite acomodar muchos operadores, la banda AWS al tener un radio de cobertura más limitado que la banda de 700 MHz se puede colocar mayor número de radio bases pudiendo aportar con mayor número de portadores, en la banda AWS existen ya tecnologías y economías de escala bien desarrolladas en virtud de su puesta en operación en diversos países de ahí el Ecuador ha adoptado la segmentación B5 en la banda AWS y a la

fecha todas las operadoras se encuentran brindando el servicio de IMT en el país en esta banda.

2.4.8.5. Segmentación de banda 1700/2100MHZ

El CONATEL de acuerdo a la recomendaciones en la resolución TEL.804-29-CONATEL-2012 en Diciembre del 2012 resolvió en el artículo 2 adoptar el esquema de segmentación B5 para la banda de que está formada por una frecuencia apareada de 1700 MHz con 2100 MHz. La segmentación B5 utiliza frecuencias en dos segmentos: 1710-1770 MHz para el enlace ascendente y 2110 a 2170 MHz para enlace descendente, como se puede observar en la figura III-13:

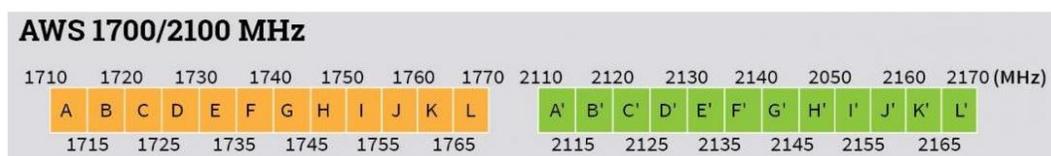


Figura II.13 Segmentación de la banda de 1700-2100 MHz.

Fuente: “La revolución 4G se enfrenta al monopolio | Plan V,”

<http://www.planv.com.ec/investigacion/investigacion/la-revolucion-4g-se-enfrenta-al-monopolio/pagina/0/2>.

2.4.8.6. Banda 2.5 GHz

La Banda de 2.5 GHz se define como aquel segmento que va de los 2500 a los 2690 MHz y contiene 190 MHz segmentos continuos. La banda 2.5 GHz a diferencia de la banda 700 MHz, es la banda más alta que el Ecuador ha destinado para la implementación de sistema IMT, por esta razón existen una gran diferencia en la cobertura que pudiera alcanzar las radio bases de esta banda comparado, especialmente con la banda más baja (700 MHz), es así que la banda de 2.5 GHz se utilizaría para dar soporte de cobertura en las zonas densamente pobladas, esto con la finalidad de que en estas aéreas críticas la calidad y velocidad de acceso, especialmente a internet, no se vea desmejorada, dadas las tecnologías disponibles actualmente, y la amplitud de la banda, hacen a ésta idónea para la prestación de servicios de telecomunicaciones móviles avanzados, particularmente de banda ancha, que demandan alta capacidad de red y se caracterizan por mayores velocidades de transmisión. Las características técnicas de las bandas, de menor rango de propagación de la señal en relación con las frecuencias menores a 1 GHz y una menor capacidad para

penetrar en interiores, tiende a considerarse como banda complementaria de aquéllas en las cuales se prestan los servicios de telefonía móvil (Bandas de 700, 1700 y 1900 MHz), resultando ideal para desplegar redes en zonas urbanas y suburbanas, en donde se requiere ofrecer mayor capacidad de red y mayores velocidades de transmisión y no la más adecuada para cubrir zonas rurales, debido a que demanda la instalación de mayor infraestructura, respecto a las bandas del espectro radioeléctrico menores a 1 Jhs. Todo esto se complementa, con las ventajas que trae consigo las nuevas tecnologías principalmente LTE, la cual en sus versiones avanzadas pueden realizar agregación de portadora con lo cual virtualmente se podría tener portadoras de hasta 100 MHz. La UIT ha propuesto tres opciones de segmentación de la Banda de 2.5 GHz, que son C1, C2 y C3 de las cuales el Ecuador ha adoptado la segmentación C1.

2.4.8.7. Segmentación de 2.5 GHZ

El CONATEL en la resolución TEL-804-29-CONATEL-2012 en Diciembre del 2012 resolvió en el artículo 2 adoptar el esquema de segmentación C1 como se puede observar en la figura IV-10 para la banda de 2.5 GHz. La segmentación C1, divide las bandas de frecuencias para Uplink en el rango de 2500-2570 MHz agrupadas con bandas en el rango de 2620 – 2690 para el Downlink esto es para el uso en modo FDD, con una separación dúplex de 120 MHz, y la banda en el rango 2570-2620 MHz para el uso en modo TDD.

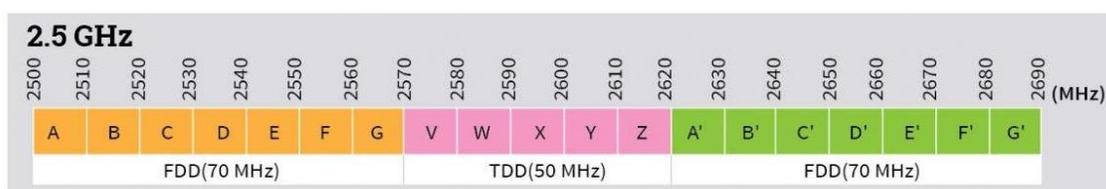


Figura II.14 Segmentación de la banda de 2.5 GHZ.

Fuente: “La revolución 4G se enfrenta al monopolio | Plan V,”

<http://www.planv.com.ec/investigacion/investigacion/la-revolucion-4g-se-enfrenta-al-monopolio/pagina/0/2>.

2.4.9. Operadoras de telefonía móvil y bandas de frecuencia en el Ecuador

De cada una de las operadoras de telefonía que se encuentran actualmente en el país se presenta un gráfico de barras en el cual podemos observar el crecimiento de la demanda

figura II.15, se ha tomado como un punto importante en materia de la evolución de la telefonía en el país.

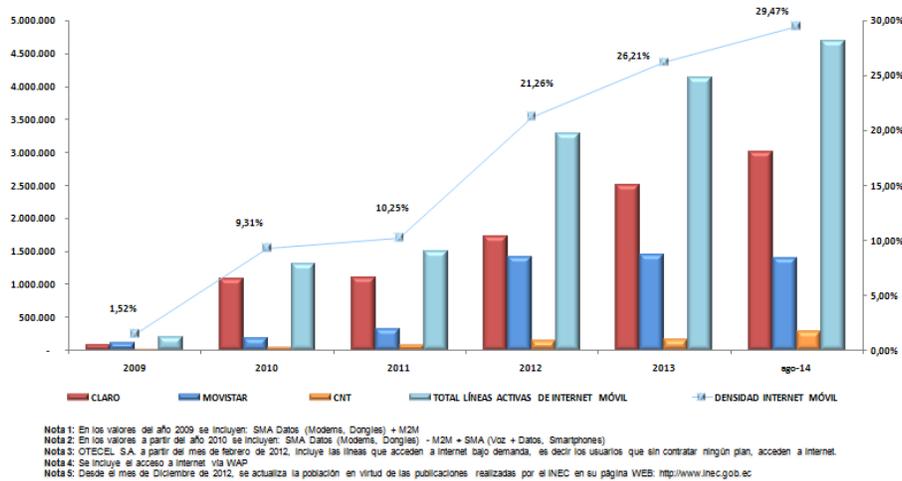


Figura II.15 Densidad del internet móvil anual de cada operadora.
Fuente: “La revolución 4G se enfrenta al monopolio | Plan V,”

<http://www.planv.com.ec/investigacion/investigacion/la-revolucion-4g-se-enfrenta-al-monopolio/pagina/0/2>.

2.4.9.1. Conecel S.A. Claro

La operadora CONECEL S.A. más conocida con su nombre Claro, fue creada en 1993 operando con tecnología AMPS; en 1997 pasa a tecnología D-AMPS de 2G y desde mayo del 2003 migro a la tecnología mundial GSM, operando en la banda de 850 MHz Más tarde, ese mismo año, concluye con la instalación y configuración del portador de datos GPRS. En el 2006 logra la concesión de espectro de 10 MHz en la banda de 1900 MHz Entre el 2008 y 2009 se renovó la concesión por otros 15 años, para brindar Servicio Móvil Avanzado (SMA), se encuentra brindando los servicios 3.5G tales como video llamada y acceso inalámbrico a Internet a alta velocidad desde finales del 2008 e inicios del año 2009 con las tecnologías 3G (UMTS) y 3.5G (HSDPA), el 2 de Febrero del 2015 se le asignan 60 MHz de la banda AWS para que pueda hacer uso del espectro para la tecnología de cuarta generación 4G.

CONECEL S.A es compañía subsidiaria del grupo mexicano América Móvil, el proveedor líder de servicios inalámbricos en América Latina con diversas operaciones en el continente y más de 100 millones de suscriptores celulares en la región.

Bandas	800 MHz	190 MHz
A	824-835 845-846,5	
A	869-880 890-891,5	
E		1885 - 1890
E		1965 - 1970

Tabla II.10 Bandas asignadas a CONECEL.

Fuente: “La revolución 4G se enfrenta al monopolio | Plan V,”

<http://www.planv.com.ec/investigacion/investigacion/la-revolucion-4g-se-enfrenta-al-monopolio/pagina/0/2>.

2.4.9.2. Otecel S.A. Movistar

Empieza en Ecuador en noviembre de 1993 bajo el nombre comercial de Celular Power, en donde obtuvo la concesión para brindar el Servicio de Telefonía Móvil Celular STMC. Luego entre 1996 y 1997 lanza su primera red digital TDMA (D-APMS) en la frecuencia de 800 MHz, ya con el nombre de Bellsouth. Dicha empresa ha seguido por dos caminos en 2G y 3G, primero con la adopción de la tecnología CDMA a partir del diciembre del 2002, y en el año 2003 actualizando a CDMA1x para transmisión de datos e Internet. En Octubre del 2004 pasó a manos de Telefónica de España, y a partir del 2005 adoptó tecnologías de 3GPP como son GSM, GPRS y EDGE, operando en la banda de 850 MHz El 17 de abril del 2008 Otecel renovó el contrato de concesión con el estado ecuatoriano. En el 2009 esta operadora, empezó a brindar servicios de banda ancha inalámbrica 3.5G con tecnología UMTS/HSDPA en la banda de los 1900 MHz, el 2 de Febrero del 2015 se le asignan 50 MHz de la banda AWS para que pueda hacer uso del espectro para la tecnología de cuarta generación 4G. Movistar tiene concesiones asignadas en las bandas de 800 y 1900 y lo podemos ver en la Tabla II.11:

Bandas	800 MHz	1900 MHz
B	835-845 846,5-849	
B	880-890 891,5-894	
D		1865 - 1870
D		1945 - 1950

Tabla II.11 Bandas asignadas a OTECEL

Fuente: “La revolución 4G se enfrenta al monopolio | Plan V,”

<http://www.planv.com.ec/investigacion/investigacion/la-revolucion-4g-se-enfrenta-al-monopolio/pagina/0/2>.

2.4.9.3. CNT E.P.

La Compañía Nacional de Telecomunicaciones da sus inicios en diciembre de 2003 Alegro PCS comercializó un servicio que en Ecuador se denomina Servicio Móvil Avanzado (SMA), En el año 2005 lanza la tecnología CDMA 1X (EV-DO) en la banda de 1900 MHz, para ofrecer transmisión de datos y acceso a Internet. Al inicio adoptó tecnologías norteamericanas muy costosas (CDMA), pero luego en el año 2007 tuvo que rentar redes de Otecel, para brindar el servicio de telefonía móvil con tecnología GSM, debido a que estaba perdiendo competitividad en el mercado, a la tendencia que sigue América Latina con la adopción de tecnologías 3GPP, y debido a que los terminales y equipos de conectividad son más baratos.

En enero de 2010, mediante Decreto Ejecutivo Nro. 218, se creó la Corporación Nacional de Telecomunicaciones, como Empresa Pública (CNT), conformada por la fusión de las empresas de telecomunicaciones ANDINATEL S.A. y PACIFICTEL S.A. y la operadora móvil TELECSA (ALEGRO) de propiedad del Estado. La CNT presta todos los servicios de telecomunicaciones con cobertura nacional, en régimen de competencia con empresas operadoras privadas y el segundo semestre la compañía es la primera que ofrece en el mercado LTE en la bandas de 30 MHz en la banda de 700 MHz y de 40 MHz en la banda de 1700-2100 para CNT para el despliegue de en la tabla se muestra la banda asignadas Tabla II.12.

andas	1900 MHz
F	1890 - 1895
F	1970 - 1975
C	1895 - 1910
C	1975 - 1990

Tabla II.12 Bandas asignadas a CNT.

Fuente "La revolución 4G se enfrenta al monopolio | Plan V,"

<http://www.planv.com.ec/investigacion/investigacion/la-revolucion-4g-se-enfrenta-al-monopolio/pagina/0/2>.

CAPITULO III

REQUERIMIENTOS TÉCNICOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SMART METERING

En este capítulo se analizará la situación del país tanto en cobertura del SMA (Sistema Móvil Avanzado), como la cantidad de frecuencias que se están utilizando, las nuevas tecnologías con la que contamos hasta la actualidad por ejemplo tenemos ya el lanzamiento al mercado internacional del medidor inteligente OpenWay CENTRON 4G LTE, las normas internacionales a las cuales se rigen todos los países en cuanto a telecomunicaciones, teniendo en cuenta las recomendaciones de las normas IEC-ANSI que nos ayudan como soporte en la actualización de los sistemas de telecomunicación y para nuestro estudio, para conseguir ser uno de los primeros países que se encuentre en vía de desarrollo en el cambio de la matriz energética, es importante destacar la importancia de la norma o estándar IEC 61968 donde se hacen las recomendaciones de la arquitectura de los sistemas móviles inteligentes los cuales se encuentra subdividido en funciones que pueden interconectarse y pueden ser compatibles a medida que la implementación del sistema se dé, se presenta un sistema OSI de capas que se aplicó en teoría funcionaría bien, con la experiencia de los fabricantes lo podrían llevar a la eficiencia inteligente y más aún cuando el Ecuador cuenta ya con una operadora que está prestando el sistema 4G, muy de cerca las dos operadoras restantes tienen aprobado la negociación del espectro radio eléctrico para cuarta generación.

3.1. Situación geográfica del área urbana

La situación geográfica del área urbana residencial en el Ecuador se centra en las principales ciudades del país en donde existe una gran demanda de espectro radioeléctrico y por tanto ahí habitan la mayoría de personas. Para conocer el número de habitantes en las zonas urbanas nos hemos ayudado en la página del INEC que nos da un número aproximado de habitantes por provincia según el censo del 2010, con estos datos podemos obtener la densidad de población. Para el estudio vamos a enfocarnos en las provincias de Guayas y Pichincha que son los lugares más críticos que se presentan al tener la mayor cantidad de habitantes y en donde se centra la gran parte de la economía del país.

PROVINCIAS	ÁREA KM2	Urbana	Rural	Total
AZUAY	8309,58	380,445	331,682	712,127
BOLIVAR	3945,38	51,792	131,849	183,641
CAÑAR	3146,08	94,525	130,659	225,184
CARCHI	3780,45	82,495	82,029	164,524
COTOPAXI	6108,23	120,97	288,235	409,205
CHIMBORAZO	6499,72	187,119	271,462	458,581
EL ORO	5766,68	464,629	136,03	600,659
ESMERALDAS	16132,23	265,09	269,002	534,092
GUAYAS	15430,4	3,080,055	565,428	3,645,483
IMBABURA	4587,51	209,78	188,464	398,244
LOJA	11062,73	249,171	199,795	448,966
LOS RIOS	7205,27	415,842	362,273	778,115
MANABI	18939,6	772,355	597,425	1,369,780
MORONA SANTIAGO	24059,4	49,659	98,281	147,94
NAPO	12542,5	35,433	68,264	103,697
PASTAZA	29641,37	36,927	47,006	83,933
PICHINCHA	9535,91	1,761,867	814,42	2,576,287
TUNGURAHUA	3386,25	205,546	299,037	504,583
ZAMORA CHINCHIPE	10584,28	36,163	55,213	91,376
GALAPAGOS	8010	20,738	4,386	25,124
SUCUMBIOS	18084,42	73,04	103,432	176,472
ORELLANA	21692,1	55,928	80,468	136,396
TSACHILAS	3446,65	270,875	97,138	368,013
SANTA ELENA	3690,17	170,342	138,351	308,693

Tabla III.1 Habitantes por Zona en el Ecuador.

Fuente: http://www.inec.gob.ec/cpv/index.php?option=com_content&view=article&id=232&Itemid=128&lang=es

Actualmente la población sigue experimentado un crecimiento alrededor de las zonas pobladas como se mencionó en la anterior sección, se obtiene de (Tabla III.1) la superficie de las provincias de análisis, siendo así Pichincha con 9535,91 Km² teniendo 2'576287 habitantes y con una densidad poblacional de 270 hab/Km², para Guayas tenemos que el número de habitantes es 3'645.483 y el superficie de la provincia es 15430,4 Km² por lo que tenemos una densidad poblacional de 236 hab/Km².

	URBANA		
Provincia	Poblacion	Superficie Km ²	Densidad
Guayas	3080055	15430,4	199,609537
Pichincha	1761867	9535,91	184,761287

Tabla III.2 Densidad poblacional urbana

Fuente: Autor

Para objeto de nuestro estudio vamos a determinar la densidad poblacional de las provincias de Pichincha y Guayas de las zonas urbanas dividiendo el número de habitantes en las zonas urbanas para la superficie y obtenemos Tabla III.2.

3.2. Demanda de medición inteligente en el área urbana residencial

Se muestra en (Tabla III.3) el total de usuarios con servicio eléctrico por provincias donde siguen siendo las provincias de Guayas y Pichincha en donde se centra la mayoría de abonados a las empresas eléctricas respectivamente, en las poblaciones urbanas el número de abonados con suministro eléctrico es 2.656.388 de un total de 2.801.651 de viviendas en la zonas urbanas lo que nos da una cobertura de 94,82%.

PROVINCIA	URBANO		
	Usuarios con servicio eléctrico	Total Viviendas	% Cobertura
AZUAY	115,569	117,022	98.76%
BOLÍVAR	27,763	30,56	90.85%
CAÑAR	32,085	33,102	96.93%
CARCHI	27,497	27,741	99.12%
CHIMBORAZO	68,37	71,718	95.33%
COTOPAXI	55,148	58,346	94.52%
EL ORO	129,592	133,181	97.31%
ESMERALDAS	76,097	82,633	92.09%
GALÁPAGOS	6,03	6,058	99.54%
GUAYAS	802,905	867,71	92.53%
IMBABURA	63,01	63,947	98.53%
LOJA	75,073	77,354	97.05%
LOS RÍOS	137,168	151,213	90.71%
MANABÍ	236,466	258,276	91.56%
MORONA SANTIAGO	14,665	16,846	87.05%
NAPO	12,12	12,981	93.37%
ORELLANA	15,894	17,54	90.62%
PASTAZA	10,641	11,246	94.62%

PICHINCHA	521,603	524,805	99.39%
SANTA ELENA	40,824	44,819	91.09%
STO DOMINGO TSACHILAS	76,023	78,327	97.06%
SUCUMBIOS	24,542	26,866	91.35%
TUNGURAHUA	75,524	76,575	98.63%
ZAMORA CHINCHIPE	11,779	12,785	92.13%
ZONAS NO DELIMITADAS	-		0.00%
Total general	2,656,388	2,801,651	94.82%

*Tabla III.3 Habitantes con suministro eléctrico y población.
Fuente: <http://www.conelec.gob.ec/contenido.php?cd=1102&>.*

Para objeto de estudio tomamos la mayor cantidad de usuarios de Figura III.1 la zona de mayor número de habitantes, y de la mayor cantidad de usuarios con suministro eléctrico donde se observa que la Empresa Eléctrica de Guayaquil y Empresa Eléctrica Quito vuelven a ser las de mayor cantidad, con este argumento podemos centrarnos en las dos provincias pudiendo determinar la capacidad de las eNodoB, después de tener la cantidad de información que va a llegar desde todos los medidores podemos determinar la cantidad de información que va a los sistemas de gestión de datos. Se conoce de Figura III.3 que la población de Pichincha tiene 521603 viviendas en las zonas urbanas con suministro eléctrico, la población de Guayas tiene 802905 viviendas en las zonas urbanas con suministro eléctrico.

3.3. Arquitectura de operación de Smart Metering

Los contadores inteligentes o unidades perimetrales comunicadas pueden registrar valores de energía (potencia, voltaje, corriente, etc.) almacenarlos y luego convertirlos para ser enviados los cuales después que lleguen a los EPC deben ser interpretados por nuestro sistema de gestión de datos medidos. Podemos definir al Smart metering como un sistema de medición bidireccional dentro de los cuales el medidor inteligente es el que proporcionara los datos que se deseen enviar o recibir y con la frecuencia que haya sido configurado para que enviara los datos a la empresa de distribución, identificando claramente tres componentes en la arquitectura de medición.

3.3.1. Equipos de Medición

El sistema se encarga de realizar lecturas automáticas y de ser necesario realizar conexiones/recolección a través de sistemas automatizados. La transmisión de las lecturas del medidor va dirigida al sistema Gestión de Datos Medidos MDM (Meter Data Management). Es importante señalar que los sistemas de medición son significativamente diversos en cuanto a las tecnologías inalámbricas utilizadas, los protocolos empleados, la capacidad y la frecuencia de recolección de datos. La norma IEC 61968-9 Medición, Lectura y Control Eléctrico propone el Modelo Común de Información (CIM), el cual plantea el sistema general de medición y propone a su vez un modelo de referencia para la medición inteligente dentro de la cual se estable sus funciones y sus sub-funciones de las cuales nos enfocaremos a la IMT.

3.3.1.1. Sistema de Telecomunicaciones

Las empresas emplearán diferentes medios de comunicación que estén de acuerdo a la tecnología actual y teniendo en cuenta el costo del medio de comunicación, para caso de estudio vamos a mencionar los sistemas de RF.

Las principales normas relacionadas con RF consisten en:

802.11 (WI-FI): estándar inalámbrico que especifican una interfaz entre un cliente inalámbrico y una estación base o punto de acceso. La norma se aplica a redes LAN inalámbricas y proporciona 102 Mbps transmisión en la banda de 2,4 GHz utilizando Hopping Spread Spectrum (FHSS) o secuencia directa de aspecto extendido (DSSS).

802.15.4 (Zigbee): estándar abierto para el monitoreo y control de redes de baja potencia, basados en el estándar IEEE 802.15.4.

802.16 (WMAX): Una familia de estándares IEEE para acceso de banda ancha inalámbrica, que ofrece hasta 70 Mbps de transferencia conjunta de punto a múltiplo con frecuencias entre los 10 a los GHz, con coberturas por entre los 60 km.

LTE-A: Está en etapa de análisis y pruebas es también objeto del estudio el cual vamos a determinar en las conclusiones.

3.3.2. Sistema de Gestión de Datos de Medición

La capa más importante para el sistema es la gestión de datos del medidor MDM, tiene la capacidad de almacenar gestionar grandes volúmenes de información con la ayuda de software que nos permitan gestionar el volumen de la información que ingresa de nuestro sistema AMI es el principal uno de los pilares fundamentales en asegurar todos esos datos para mejorar la economía interna o externa. Los componentes de sistema MDM se los define en tres subsistemas;

- Interface para la recopilación de la información de medición de uno o más sistemas AMI.
- Software para estandarizar la información recibida de los medidores a través de funciones tales como validación, edición, estimación, (VEE) sincronización y almacenamiento.
- Que los equipos a utilizarse puedan ser compatibles en todo el sistema.

El Gestor de datos medidos MDM integra de forma organizada funciones de negocio y la provisión de la energía, la confiabilidad del sistema de distribución, gestión de la demanda, y de cumplimiento normativo. La AMI al generar grandes volúmenes de datos debe enviar a la MDM el cual debe recopilar y procesar a diferentes sistemas, en periodos de tiempo muy cortos y la tecnología de comunicaciones 4G nos ayudad al flujo de datos, el cual consideramos como otro punto a nuestro. El Ecuador como tal no tiene saturado su espectro el cual debidamente puede ser reorganizado mediante resoluciones que sean aceptadas por el Conatel siempre y cuando sean para prestar mejores servicios a los usuarios y más favorecer a una operadora y así podremos obtener un sistema de medición de datos con tecnología LTE en la E-UTRAN.

3.4. Análisis del equipamiento disponible para la implementación de Smart Metering

Dentro de los equipos que se puede encontrar a nivel mundial existen marcas de fabricantes que se destacan en la medición inteligente vamos a ver alguno de los modelos que se encuentran actualmente implementados en los países que de alguna manera están adelantados respecto a la medición inteligente a continuación se indica alguno de los equipos

de red propuestos por fabricantes de la marca Huawei, Alcatel, Cisco consideramos también el análisis de los elementos de la red evolucionada dentro de los cuales mencionaremos y nos enfocaremos al medidor inteligente LTE Itron. La empresa de soluciones de energía de Itron ha lanzado una solución de medición inteligente 4G LTE, que estará disponible en el mercado a finales marzo del 2015 para objeto de estudio se analizar los elementos que se encuentran en el mercado mundial que cumplan con las características técnicas del estudio.

3.4.1. Equipos para la EPC (Red troncal de paquetes evolucionada)

Eomc910 es un equipo de la marca huawei que se encarga de gestionar centralmente los elementos de la red móvil, incluyendo LTE / EPC, la Eomc910 proporciona funciones básicas tales como la gestión de configuración, gestión del rendimiento, gestión de fallos, gestión de seguridad, gestión de registros, gestión de topología, software de gestión y administración del sistema, lo podemos ver en el anexo 3.

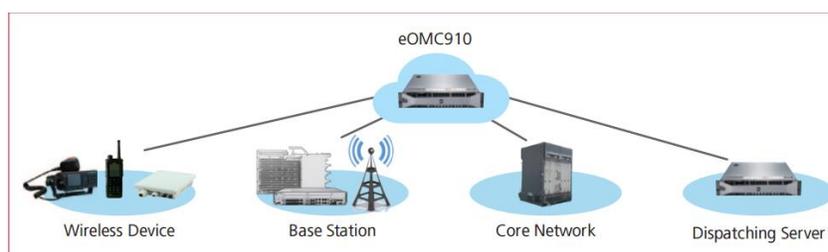


Figura III.1 Sistema de gestión de red.

Fuente: <http://e.huawei.com/en/products/wireless/elte-trunking/network-element/eomc910>

3.4.2. Equipos para la E-UTRAN (Red de acceso evolucionada)

3.4.2.1. eNodoB DBS3900 HUAWEI

El DBS 3900 nos ofrece un Nodo B evolucionado (eNB) y una estación base, el cuales soporta múltiples tecnologías de acceso de radio (GSM, UMTS, CDMA, TD-SCDMA y LTE), soporta un máximo de 3000 usuarios por eNB, en el enlace descendente se puede alcanzar 173 Mbps con una configuración MIMO 2x2, modulación 64 QAM y en un ancho de banda de 20 MHz, mientras que en el enlace ascendente se pueden alcanzar 84 Mbps con 1x2 SIMO, 64 QAM en 20 MHz por celda, su marca comercial es DBS3900, como lo podemos ver en la figura III.1



Figura III.2 *Nodo B DBS3900 HUAWEI*

Fuente: <http://cosconor.fr/GSM/Divers/Equipment/Huawei/DBS3900%20product%20description.pdf>

El eNB realiza principalmente de gestión de recursos de radio (RRM) funciones como la gestión de la interfaz aérea, control de acceso, control de la movilidad, y el equipo de usuario (UE) de la asignación de recursos. Múltiples eNBs constituyen un sistema de E-UTRAN. El DBS3900 tiene sólo dos tipos de módulos básicos: unidad de banda base (BBU) y la unidad de radio remota (RRU), que puede ser configurado con flexibilidad para cumplir los requisitos en diferentes escenarios de uso. Además, el DBS3900 cuenta con un tamaño pequeño, bajo consumo de energía, instalación flexible y fácil implementación del sitio. Por lo tanto, la BBU3900 se puede instalar fácilmente en un espacio libre en un sitio existente. La RRU es compacta y ligera. Puede ser instalada cerca de una antena de acortar la longitud de alimentación y mejorar la cobertura del sistema. La figura V-21, muestra los escenarios típicos para la instalación de los DBS3900 tanto en exteriores como en interiores, respectivamente.

9412 eNodeB Compact es una solución de alta capacidad, sirve para desplegar redes LTE ofreciendo una mayor flexibilidad, está diseñado para integrarse en redes existentes.

3.4.2.2. Equipos para los usuarios (EU)

OpenWay CENTRON 4G LTE meter Figura III.2 es capaz de alcanzar altas velocidades de transferencia almacenando su información en una memoria de 144 K de RAM, aplicando las normas ANSI C12.19, dando a las empresas de energía la opción de implementar comunicación ya sea con radio frecuencia y fibra óptica mediante el módulo C2SDO, bajo el mismo sistema de gestión de red. La solución de medición inteligente incluye LTE de red Wireless y utiliza la red 4G LTE inalámbrica de Verizon, que cubre el 97% de los consumidores estadounidenses.



Figura III.3 Medidor OpenWay Centron (Itron, 2015).

Fuente: Itron, “Medidor polifásico OpenWay®

CENTRON@<https://www.itron.com/na/newsAndEvents/Pages/Itron-Unveils-New-4G-LTE-Smart-Meter-Solution.aspx>

OpenWay CENTRON 4G LTE es uno de los medidores inteligentes de Itron puede funcionar en las redes IP inteligentes de Verizon 4G y ayudan a que la red eléctrica sea la red inteligente del futuro. El nuevo canal de comunicación 4G LTE es útil para lugares o territorios de difícil alcance, la baja latencia de la red permite más velocidad, la agregación de portadora también es una buena opción para aplicaciones de SCADA o la utilización de contadores inteligentes, sensores de la red para monitorear las condiciones del sistema de distribución [47].

3.4.3. Determinación de la capacidad para la transmisión de la información de Smart Metering en el área rural

Para determinar la capacidad de transmisión de datos en las zonas urbanas residenciales es necesario conocer la cantidad de abonados al sistema eléctrico para tener un estimado de cuanta carga se sumaría al sistema tomando en cuenta que los medidores inteligentes tendrían movilidad cero y que las cantidad de personas según el censo de población y vivienda se encuentran en las provincias de Guayaquil y Pichincha.

3.4.4. Planificación de la Radiofrecuencia y Demanda de tráfico

La transmisión de datos descendente, se da en el plano de datos de los usuarios y plano de datos de control, los datos son enviados desde las capas superiores de la pila de protocolos hasta ser multiplexados en la capa física, después serán transmitidos al equipo del usuario. La multiplexion de todos los datos descendentes está facilitada por el OFDMA y la transmisión de datos ascendente transmite de una manera similar a la de descendente y es seleccionada por SC-FDMA como acceso múltiple para cumplir con algunas de las características principales de la IMT-A. Ambos enlaces de transmisión poseen dimensiones de tiempo, frecuencia y espacio. La mayor unidad de tiempo de la trama es de 10ms la cual se encuentra subdividida en 1 ms y esta a su vez se encuentra dividida en 0,5 ms como dato tenemos que cada CP (prefijo cíclico) tiene un valor de $4,6875\mu\text{s}$ y un solo periodo de FFT es igual a $66.667\mu\text{s}$ el cual nos da un OFDMA Figura III.3.

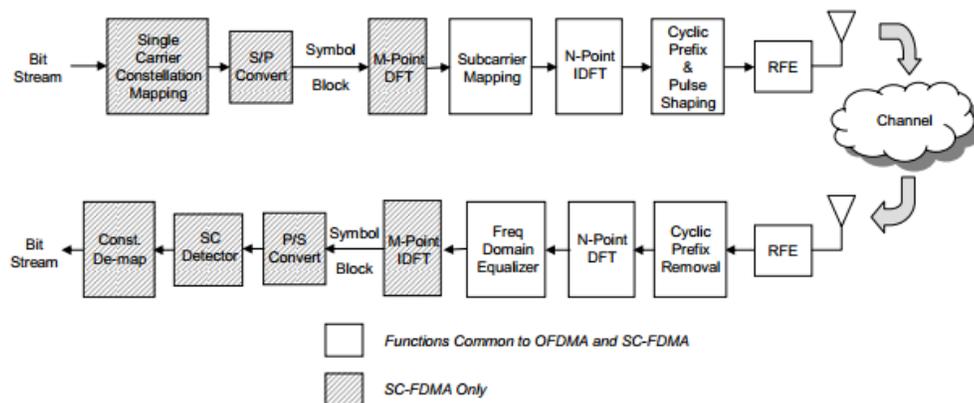


Figura III.4 Terminales de acceso al medio SC-FDMA y OFDMA

Fuente: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:565509/FULLTEXT01.pdf>

3.4.5. Análisis de Coberturas para las zonas urbanas

Se pretende analizar la cobertura en las zonas urbanas residenciales de acuerdo a la extensión territorial del Ecuador que es $256.370,00\text{Km}^2$ según el censo para objeto de estudio no se toma en cuenta el área de la provincia de Galápagos, también tenemos como dato del INEC que la densidad poblacional total es $56,49\text{ hab/Km}^2$ los valores que se han dado pueden variar al ser datos del último censo que fue en el año 2010.

PROVINCIAS	ÁREA KM2	POBLACIÓN	DENSIDAD POBLACIONAL
AZUAY	8309,58	712.127	86
BOLIVAR	3945,38	183.641	47
CAÑAR	3146,08	225.184	72
CARCHI	3780,45	164.524	44
COTOPAXI	6108,23	409.205	67
CHIMBORAZO	6499,72	458.581	71
EL ORO	5766,68	600.659	104
ESMERALDAS	16132,23	534.092	33
GUAYAS	15430,4	3.645.483	236
IMBABURA	4587,51	398.244	87
LOJA	11062,73	448.966	41
LOS RIOS	7205,27	778.115	108
MANABI	18939,6	1.369.780	72
MORONA SANTIAGO	24059,4	147.940	6
NAPO	12542,5	103.697	8
PASTAZA	29641,37	83.933	3
PICHINCHA	9535,91	2.576.287	270
TUNGURAHUA	3386,25	504.583	149
ZAMORA CHINCHIPE	10584,28	91.376	9
GALAPAGOS	8010	25.124	3
SUCUMBIOS	18084,42	176.472	10
ORELLANA	21692,1	136.396	6
SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS	3446,65	368.013	107
SANTA ELENA	3690,17	308.693	84
TOTAL	256.370,00	14483,499	56,49

Tabla III.4 Población por área y densidad de población

Fuente: http://www.inec.gob.ec/cpv/index.php?option=com_content&view=article&id=232&Itemid=128&lang=es

CAPITULO IV

ANÁLISIS TÉCNICO DE FACTIBILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE SMART METERING EN EL ÁREA URBANA RESIDENCIAL CON TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIÓN 4G

En el presente capítulo se analizan los instrumentos que se encuentran cumpliendo con las recomendaciones que la IMT-A para telecomunicaciones LTE 4G y basados a las características de los elementos proceder al cálculo para determinar si es factible la comunicación LTE 4G para las zonas urbanas residenciales, planteando una alternativa técnica de acuerdo a los elementos que se encuentran en el mercado internacional. A la medición inteligente se la ha denominado como el inicio de Smart Grid, es por esto que las funcionalidades y los requerimientos de los elementos que conforman estas infraestructuras en particular tienen que ser los que estén a la vanguardia, y de los sistemas.

4.1. Análisis del uso de la tecnología LTE-A en sus bandas atribuidas aplicadas a Smart Metering

Los equipos que se presentan en este capítulo ya se encuentran en el mercado y muchos de ellos ya se encuentran operando con tecnología de cuarta generación, cumpliendo con las normas ANSI, IEC, IEEE, etc. La arquitectura que presentan los elementos mencionados más adelante es totalmente compatible con versiones anteriores

4.1.1. Equipo de Red Troncal EPC

Vamos a revisar las características técnicas de dos EPC, son modelos que tienen más relevancia dentro de su marca respectivamente y gracias a los avances esta tecnología ha cobrado gran aceptación en muchos de los países como se indica en el capítulo 1.

Eomc910 HUAWEI es un elemento del plano de control, trabaja como la red central de LTE, que integra la función de MME, SGW/P-GW y HSS, para más características las podemos ver en los anexos

Características:

	PC	Small Server	Medium Server	Large Server
Mode 1	10 base stations and 1,000 wireless devices	50 base stations and 4,000 wireless devices	200 base stations and 8,000 wireless devices	500 base stations and 10,000 wireless devices
Mode 2	5,000 wireless devices	10,000 wireless devices	40,000 wireless devices	100,000 wireless devices
Hardware Specifications	CPU: Intel E5300 Memory: 2 GB Hard disk: 160 GB DVDRW/network adapter/audio adapter/sound box/LCD display with a resolution of 1,024 x 768 x 65K OS: Microsoft Windows 7.0	CPU: 2* Intel Xeon E5-2620(2.00GHz, 15M Cache, 7.2GT/s QPI, Turbo, 6C 95W) Memory: 2 x 8GB, 1600Mhz, dual arrays, LVRDIMMs Hard disk: 3*600GB, 2.5-inch, 10K RPM, 6 Gbit/s, SAS, hot-swappable	CPU: Intel Xeon E5-2690 (2.90 GHz, 20M cache, 8.0 GT/s QPI, Turbo, 8C, 135W) Memory: 2 x 16 GB, 1,600 MHz, dual arrays, LVRDIMMs Hard disk: 6 x 600 GB, 2.5-inch, 10k RPM, 6 Gbit/s, SAS, hot-swappable	CPU: Intel Xeon E5-4620(2.40 GHz, 16M cache, 8.0 GT/s QPI, Turbo, Octa-core, 95W) Memory: 4 x 16 GB, 1,600MHz, dual arrays, LVRDIMMs Hard disk: 9 x 600 GB, 2.5-inch, 10k RPM, 6 Gbit/s, SAS, hot-swappable

Figura IV.1 Características de eOMC910

Fuente: http://www.inec.gob.ec/cpv/index.php?option=com_content&view=article&id=232&Itemid=128&lang=es

ALCATEL-LUCENT 5620 es un elemento del plano de control y es el encargado de la garantía de las comunicaciones las operadoras no son las encargadas de desarrollar sus redes.

Las características que este equipo tiene son las siguientes:

- La gestión de extremo a extremo sin hilos de RAN para packetcore.
- Backhaul móvil con opciones sean estas IP / ópticos y enlaces de microondas flexibles. Gestión de red troncal convergente para la óptica DWDM.
- Gestión tanto de servicios empresariales VPN así como residenciales.
- Integración con sistemas de telefonía existentes.
- En la se observa la solución propuesta por
- Alcatel-Lucent, esta integra toda la red troncal.

4.1.2. Equipo para la red de acceso inalámbrica E-UTRAN

El equipo DBS3900 HUAWEI es un elemento del plano de usuarios nos ofrece un Nodo B evolucionado (eNB), el cuales soporta múltiples tecnologías de acceso de radio tiene una arquitectura distribuida, tiene dos tipos de módulos básicos: eBBU530 (unidad de control de banda base) y RRU (Unidad de Radio Remota). El eBBU530 y RRU se conectan mediante cables de fibra óptica a través de interfaz común de la radio pública (CPRI).



Figura IV.2 Terminales de acceso al medio SC-FDMA y OFDMA

Fuente:<http://cosconor.fr/GSM/Divers/Equipment/Huawei/DBS3900%20Dualmode%20base%20Station%20HW.pdf>

El eNodoB es uno de los elementos de la E-UTRAN que muestran muchas características avanzadas respecto a las estaciones base. La DBS 3900 está compuesta por el BBU (Based processing unit) totalmente con una comunicación flexible según sus características técnicas basadas en el procesamiento y RRU. Este proyecto permite modelar de una manera no científica ya que en el momento los programas de software son los que realizan los cálculos de procesamiento de señales. Los algoritmos que se crean son los que nos ayudan a determinar de una manera más exacta cómo reacciona nuestro sistema en el cual ya podemos ingresar modelos de propagación.

4.2. Caracterización de la red de transporte y factibilidad técnica para la implementación de Smart Metering en zonas urbanas residenciales

El sistema de transmisión de LTE-A se encuentra definido por sus medios físicos y protocolos de comunicación empleados por los equipos terminales de cada capa. Las características técnicas de los medios físicos tanto de los proveedores del servicio y los equipos de los usuarios los dan los fabricantes de cada elemento cumpliendo con las normas internacionales establecidas. Se analizarán las características de la red de transporte que vendrían a ser el ancho de banda y la latencia de la tecnología 4G LTE.

4.1.3. Modelo de Comunicación

Existen varios requerimientos en una Smart Grid por tal motivo para realizar un análisis más específico se ha considerado realizarlo con una microred que está compuesta por generación distribuida, un controlador y diferentes cargas, en esta sección nos enfocaremos

en conocer las características de latencia y ancho de banda para diferentes tipos de mensajes que se pretendan compartir en todo el sistema inteligente. Para obtener datos más precisos de cuál sería el tipo de información que maneje la comunicación del Smart Grid se separan en tres principales:

- Comunicaciones en Sub-estaciones / generación distribuida
- Recolección y difusión de datos de consumos.
- Recolección y difusión de datos de las fases del sistema.

Se debe considerar la relación de tamaño que existe entre una Smart Grid y una microred.

Comunicaciones en Sub-estaciones / generación distribuida. El estándar IEC 61850-5 introduce los requerimientos de la comunicación para funciones y modelos de equipos en una subestación, dentro de los requerimientos expuestos por el estándar se define los mensajes para estación de distribución Tabla IV.2.

Basados en la IEC 61850-5 establece dos grupos independientes de clases de rendimiento:

- Control and Protección (P1/P2/P3)
- Medición y calidad de Potencia

Type	Description	Performance Class	Latency (ms)	Rate (Hz)	Resolution (bit/bit)
1A	FastMessage (type A)	P1	10		
1B	FastMessage (type B)	P2,3	3		
2	Medium speedMessage		<100		
3	LowspeedMessage		<500		
		P1	10	480	13/13
		P2	3	960	16/16
		P3	3	1960	16/18
4	Raw data Message				
		M1		1500	12/14
		M2		4000	14/16

		M3		12000	16/18
5	File transfer function		>1000		
6	Time synchronization				
7	Command Message with access control		<500		

Tabla IV.1 Mensajes definidos por IEC 61850 para subestaciones de distribución.

Fuente: <http://cosconor.fr/GSM/Divers/Equipment/Huawei/DBS3900%20Dualmode%20base%20Station%20HW.pdf>

Recolección y difusión de datos de consumos las medidas de las fases de potencia la realizan los PMUs y el almacenamiento lo realizan los Phasor Data Concentrators (PDC) para en un futuro tenerlas de referencia o reenviarlas a las Super PDCs. Este proceso es una función del Wide Area Measurement System (WAMS) que se espera en un futuro no muy lejano estas funciones puedan convertirse en una sola, hay expectativa para encontrar un sistema de control en tiempo real con un tiempo menor a 1 segundo lo ideal será 100-200ms.

Recolección y difusión de datos de las fases del sistema, una de las características claves en la Smart Grid es la gestión cantidad de la demanda, así la información sobre el consumo tiene que ser recolectada y analizada por el control de la red inteligente para que a su vez esta información pueda ser retroalimentada mediante la autenticación de la persona que desea conocer el consumo, con el propósito general de cambiar o eliminar el consumo masivo de energía eléctrica y fomentando la economía de cada usuario que es el que gana.

Para el análisis de la Latencia a continuación se mencionan los tiempos de comunicación tanto en:

PMU, Centros de Control y otros basados en Tabla IV.2 muestran que la latencia de transmisión debería ser 1 segundo (típicamente 100 a 200 microsegundos) para la solución

AMI se necesita que el rango sea menor que 1HZ, 1 segundo de latencia es suficientemente corto para la operación en tiempo real.

4.1.4. Análisis del uso de tecnología LTE-a en las bandas atribuidas a las IMT

Con los datos obtenidos del capítulo III se realiza una reseña de cada uno de ellos para mencionar la información más relevante del estudio de ingeniería. La implementación de

los sistemas inteligentes a nivel mundial logra la eficiencia y lo demuestran los estudios realizados a nivel internacional y a nivel local (Guayaquil entre otras). De acuerdo con los datos del medidor de energía ITRON estudiado posee una memoria RAM de 144 Kbytes y el tiempo que se presenta para el estudio es de 10 minutos entre las medidas automáticas.

Para objeto de estudio tomamos la mayor cantidad de usuarios de Tabla III.3 la zona de mayor número de habitantes con suministro eléctrico, donde se observa que la Empresa Eléctrica de Guayaquil y Empresa Eléctrica Quito vuelven a ser las de mayor cantidad, con este argumento podemos centrarnos en las dos provincias pudiendo determinar la capacidad de las eNodoB, concentradores y a los sistemas de gestión de datos. Se conoce de Tabla III.3 que el 99,39% de la población de Pichincha posee suministro eléctrico dando un número de 5211603 viviendas en las zonas urbanas.

Guayas:

$$D. P_{\text{con medidor}} = \frac{\# \text{ hogares con suministro}}{\text{Area (Km}^2\text{)}} \quad (1)$$

$$D. P_{\text{con medidor}} = \frac{802905 \text{ hogares}}{15430 \text{ Km}^2}$$

$$D. P_{\text{con medidor}} = 52 \text{ hogares/Km}^2$$

Pichincha:

$$D. P_{\text{con medidor}} = \frac{\# \text{ hogares con suministro}}{\text{Area (Km}^2\text{)}} \quad (2)$$

$$D. P_{\text{con medidor}} = \frac{521603 \text{ hogares}}{9535,91 \text{ Km}^2}$$

$$D. P_{\text{con medidor}} = 54 \text{ hog/Km}^2$$

Dónde:

$$D. P_{\text{con medidor}} = \text{Densidad Poblacional}$$

La información del medidor Open Way Centron 4G LTE nos da como dato el será almacenará en una memoria de 144 Kbytes, por lo que a continuación se procede con el cálculo del ancho de banda que utilizará cada medidor para enviar su información hacia el

MME o S-GW.

$$\text{Banda}_{\text{medidor}} = \frac{144 \text{ Kbytes}}{\text{medida}} * \frac{1 \text{ medida}}{10 \text{ minutos}} * \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ seg}} * \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} \quad (3)$$

$$\text{Banda}_{\text{medidor}} = 1920 \text{ bps}$$

Dónde:

$$\text{Banda}_{\text{medidor}} = \text{Ancho de Banda del medidor}$$

Se determinó que la densidad poblacional con suministro eléctrico en Guayas es 52 hogares/Km² y la de pichincha es 54 hogares/Km² en las zonas urbanas. Una vez que conocemos el ancho de banda que es enviado por cada medidor, se realiza el cálculo del ancho de banda gestionado

Guayas:

$$B_{\text{km}} = B_{\text{medidor}} * \# \text{ hogares/Km}^2 \quad (4)$$

$$B_{\text{km}} = 1920 \text{ bps} * 52 \text{ hogares/Km}^2$$

$$B_{\text{EPC}} = 99,8 \text{ Kbps}$$

Pichincha:

$$B_{\text{km}} = B_{\text{medidor}} * \# \text{ hogares/Km}^2 \quad (5)$$

$$B_{\text{km}} = 1920 \text{ bps} * 54 \text{ hogares/Km}^2$$

$$B_{\text{km}} = 103,7 \text{ Kbps}$$

Dónde:

$$B_{\text{km}} = \text{Ancho de Banda por Km}^2.$$

4.1.5. Información almacenada en los núcleos de paquetes evolucionado

Conociendo el ancho de banda de cada medidor pudimos calcular la banda a la cual va la señal hacia el eNodeB DBS3900 como se ve en las ecuaciones 4 y 5 que tiene un radio de cobertura de 5 Km, podemos determinar la cantidad de información que es gestionada por la EPC.

En la sección anterior se determinó el número de viviendas con energía eléctrica en la provincia de pichincha 521.603 hogares y en la provincia del Guayas 802.905 hogares

Con un radio de cobertura de 5 Km podrá recolectar lecturas automáticas con una frecuencia de 10 minutos y con una latencia de 10 segundos.

Guayas:

$$eNodeB = B_{km} * 5 \text{ Km}^2$$

$$eNodeB = 52 * 5 \text{ Km}^2$$

(6)

$$eNodeB = 260 \text{ hogares/nodo}$$

$$eNodeB = 260 \frac{\text{hogares}}{\text{nodo}} * 1920 \text{ bps}$$

$$eNodeB = 500 \text{ Kbps}$$

Pichincha

$$eNodeB = B_{km} * 5 \text{ Km}^2$$

$$eNodeB = 54 * 5 \text{ Km}^2$$

(7)

$$eNodeB = 270 \text{ hogares/nodo}$$

$$eNodeB = 270 \frac{\text{hogares}}{\text{nodo}} * 1920 \text{ bps}$$

$$eNodeB = 518 \text{ Kbps}$$

Dónde:

eNodoB = Ancho de Banda del cada nodo.

Con los datos obtenidos determinar un equivalente de cuantos eNodos necesitaríamos para cubrir las zonas urbanas residenciales en la Provincia de:

Guayas:

$$\#eNodoB = N_{hCON\ MEDIDOR}/eNodoB$$

$$\#eNodoB = 802905/260\ h$$

$$\#eNodoB = 3088\ \text{nodos}$$

Pichincha:

$$\#eNodoB = N_{hCON\ MEDIDOR}/eNodoB$$

$$\#eNodoB = 521603/270$$

$$\#eNodoB = 1931\ \text{nodos}$$

Dónde:

B_{TOTAL} = Ancho de Banda total de transmisión.

$N_{hCON\ MEDIDOR}$ = Número de hogares con medidor

eNodoB = Ancho de Banda del cada nodo.

#eNodeB = Número de Nodos de red

La característica del eNodoB es muy importante ya que se divide en RRU y BBU las cuales soportan frecuencias de AWS para nuestro caso y también son de grandes distancias ya que trabajan en frecuencia de 1700 -2100 MHz las zonas urbanas por lo general se encuentran cerca de las ciudades por lo que se utiliza generalmente modulación QPSK que es la que a su vez impide que ingresen ruidos a nuestra señal respecto al análisis se propone seguir investigando la latencia y el ancho de banda para los sistemas de medición inteligente, hasta la presente se investigó que pronto saldrán los medidores inteligentes con

comunicación 4G LTE, existe poco experimentos de los cuales se destacan las velocidades de transmisión los que supera las expectativas de muchos y quizá se pueda alcanzar las velocidades, latencia, ancho de banda para lograr tener conexión uplink y poder utilizar este red de comunicación para apoyar a los PMUs.

4.3. Análisis del uso de tecnología LTE-a en las bandas atribuidas a las IMT

Las características técnicas de estas infraestructuras determinarán, por lo tanto, el posterior cumplimiento de los objetivos medioambientales y sociales con los que fueron concebidos y más importante aún, condicionarán sobremanera su viabilidad técnico-económica, su rentabilidad como inversiones sufragadas por agentes públicos y privados y su utilidad desde el punto de vista de los requerimientos presentes y futuros de los usuarios finales, operadores de las redes eléctricas, agentes reguladores, etc

Como ya quedara definido en la Orden ITC/3022/2007, un sistema de telegestión es aquel sistema de medida y de comunicación bidireccional entre los equipos de medida, esto es, los contadores, y las distribuidoras eléctricas que, de manera segura, permite acceder remotamente a los contadores para realizar lecturas, gestionar la energía, controlar la potencia demandada y contratada, gestionar la conexión y desconexión de suministros y aplicar mecanismos contra el fraude y las pérdidas de energía.

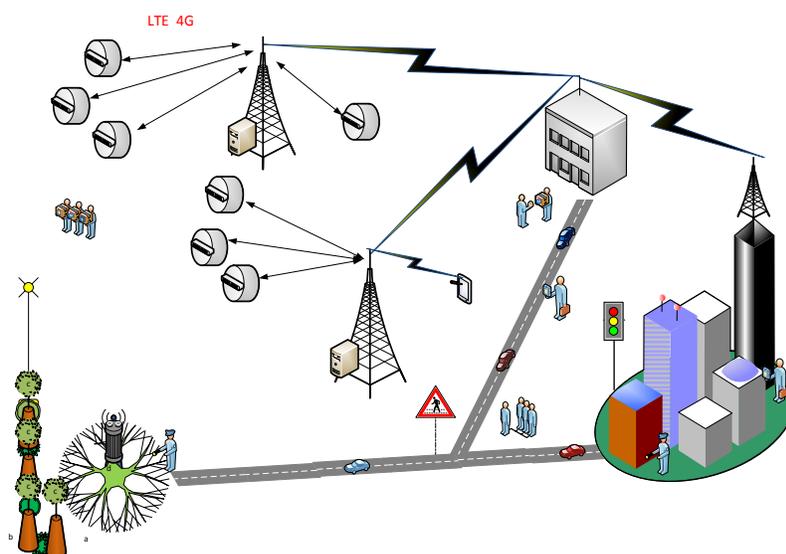


Figura IV.3 Smart Metering con señales LTE
Fuente: Autor

En la figura se muestra la arquitectura del Smart Metering mediante tecnología de comunicación de cuarta generación LTE como se aprecia los medidores inteligentes envían su información mediante paquetes de datos que fueron desplegados desde los equipos de medición hasta los eNodoB que se encarga de la distribución de los mismos para que se dirigen a las entidades como MDM, SGW etc. Tipos de mensajes que son enviados desde el PMU los debemos tener de referencia para futuras investigaciones

ANSI C12.19, dando a las empresas de energía la opción de implementar comunicación ya sea con radio frecuencia y de utilizar fibra óptica mediante el módulo C2SDO, bajo el mismo sistema de gestión de red. La solución de medición inteligente incluye LTE de red Wireless y utiliza la red 4G LTE inalámbrica de Verizon, que cubre el 97% de los consumidores estadounidenses.

Se determina factible la implementación de LTE en la medición inteligente al empezar obteniendo los datos de banda de salida de los medidores con un buen ancho de banda que nos permite estar dentro de los estándares de comunicación más actuales y que se encuentra expandiéndose más a nivel mundial las características que se tomó para el estudio fueron las de nodo evolucionado DBS3900 que nos presta varias ventajas trabaja con dos módulos el BBU(Based processing unit) totalmente con una comunicación flexible según sus características técnicas basado en el procesamiento y RRU este proyecto permite modelar de una manera no científica ya que al momento los programas de software son los que realizan los cálculos de procesamiento de señales los algoritmos que se crean son los que nos s determinar de una manera más exacta cómo reacciona nuestro sistema en el cual ya podemos ingresar modelos de propagación

La norma IEEE Std C37.118-2005 define cuatro tipos de mensajes para la salida de las PMUs: Datos, Configuración Cabecera, Comando, La configuración, datos y el mensaje de comandos son de mensajes binarios; El mensaje de cabecera es un mensaje legible por humanos. La trama de datos indica un equilibrado voltaje en las 3 fases - neutro y una frecuencia constante del sistema. En la mayoría de los casos, las longitudes de alrededor de 100 a 200 bytes incluidos la cabecera IP o TCP (20 bytes).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente análisis determino la factibilidad técnica de la implementación de Smart metering en zonas urbanas residenciales para este análisis se estudió los elementos que pueden trabajar con la tecnología de comunicación LTE, se formuló también a modo de análisis los dos grandes problemas de incorporan la medición inteligente a la red de radiofrecuencia, latencia y el ancho de banda respectivamente. Especialmente en la provincias de Guayas y Pichincha ya que son las zonas de mayor población y es donde el estudio se centró debido a que las provincias que les seguían tenían una diferencia de menos del 50 % de población, se presenta también como recomendación a futuros análisis que se formule tiempos de medida para que la red de radio frecuencia no se sature y así podemos tener un sistema de comunicación que solo saturara si todos los medidores ingresaran sus datos en un mismo tiempo, otra de las importantes características técnicas es la cobertura que alcanzan dentro de las zonas urbanas, se recomienda aplicar modelos de propagación de las ondas en zonas urbanas, suburbanas que nos permitan tener un análisis más a fondo del sistema. Las nuevas características de la comunicación LTE son importantes y caben mencionar al ser las que revolucionaron a la tecnología, los cuales son la implementación de nodos transmisores evolucionados que nos proporcionaron más cobertura y capacidad en los bordes de la células con la integración de MIMO, agregación de portadora para alcanzar altas tasas de transmisión y también el método menos mencionado que nos ayuda en la mejora del espectro al borde de la célula.

Los arquitectura actual HSPA+ es compatible con LTE lo cual hará que la migración se la realice de mejor manera (existe interoperabilidad con el sistema antecesor). Los fabricantes de los equipos poseen estrategias y soluciones para los equipos de medición avanzada y así satisfacer los requisitos técnicos de LTE entre las principales ITRON.

Debemos tener en cuenta que la cantidad de datos que van a ser enviados es un aproximado, teniendo en cuenta que los datos de población y de suministros son variables por las cuales los resultados van a ser aproximados, respecto al ancho de banda de la comunicación LTE es totalmente factible para poder enviar los datos de los medidores hacia los eNodeB. El medio de comunicación que conecte los eNodeB con las estaciones base podrán ser por fibra óptica para que la circulación de datos se totalmente confiable y

no afecte a las comunicaciones móviles. La comunicación bidireccional es la base fundamental de las comunicaciones inteligentes y sobre todo, de manera remota, la comunicación inalámbrica mediante LTE está en proceso de evolución es por eso que ya en el mercado pudimos encontrar el medidor inteligente de itron.

El análisis realizado se lo podría realizar a lugares más específicos como las ciudades en donde se encuentran la mayoría de población y de ahí seguir con análisis más a fondo hasta llegar a parroquias de mayor población residencial.

Se recomienda las telecomunicaciones LTE como interface de comunicación móvil al tener un ancho de banda muy ancho y este no saturara con el envío de información de los medidores inteligentes

REFERENCIAS

- [1] A. V. Saborío, “Estudio de pre-factibilidad para la implementación de una red eléctrica inteligente (‘Smart Grid’) en la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (E.S.P.H. S.A) Por:,” 2012.
- [2] A. Sinha, S. Neogi, R. N. Lahiri, S. Chowdhury, S. P. Chowdhury, and N. Chakraborty, “Smart grid initiative for power distribution utility in India,” *2011 IEEE Power Energy Soc. Gen. Meet.*, pp. 1–8, Jul. 2011.
- [3] I. Mario Hernández, “Inteligencia en la Red Eléctrica, Universidad de las palma en gran Bretaña,” *Inst. Univ. SIANI*, 2012.
- [4] International Energy Agency, “Technology Roadmap Smart Grids,” http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/smartgrids_roadmap.pdf, 2011.
- [5] O. Industrial, “SMART GRIDS Y LA EVOLUCIÓN DE LA RED,” *Obs. Ind. del Sect. la Electrónica, Tecnol. la Inf. y Telecomunicaciones*, pp. 1–82, 2011.
- [6] Preparen For U.S. Department of energy by litos Strategic communication, “THE SMART GRID : AN INTRODUCTION,” <http://energy.gov/oe/technology-development/smart-grid/smart-grid-primer-smart-grid-books>.
- [7] J. Trefke, S. Rohjans, M. Uslar, S. Lehnhoff, and A. Saleem, “Smart Grid Architecture Model Use Case Management in a large European Smart Grid Project,” no. 978, pp. 1–5, 2013.
- [8] G. maps S. M. P. Map, “Smart Metering Projects Map,” https://www.google.com/maps/d/viewer?msa=0&mid=zReklSu043lk.kZ_YiimMzyXc, 2013. [Online]. Available: https://www.google.com/maps/d/viewer?msa=0&mid=zReklSu043lk.kZ_YiimMzyXc. [Accessed: 14-Nov-2014].
- [9] W. Neil Strother, “Growth Slows for Smart Meters in North America, but Overall Trend is Still Upward | Energy Manager Today,” <http://www.energymanagertoday.com/growth-slows-for-smart-meters-in-north-america-but-overall-trend-is-still-upward-094168/>, 2013. [Online]. Available: <http://www.energymanagertoday.com/growth-slows-for-smart-meters-in-north-america-but-overall-trend-is-still-upward-094168/>. [Accessed: 14-Nov-2014].
- [10] “smart-meter-market-penetration.jpg (622×392).” [Online]. Available: <http://www.energymanagertoday.com/assets/smart-meter-market-penetration.jpg?9b37fd>. [Accessed: 14-Nov-2014].
- [11] (Movilforum/telefonica), “Proyectos de Smart Metering de Telefónica,” 2013.
- [12] L. H. Ciemat, “Smart Grid / Smart Metering,” 2014.
- [13] A. B.-G. P. & U. C. Ernst&Yung and E. S.-S. Infrastructure, “Driving Successful Smart Metering Programmes,” http://www.esi-africa.com/wp-content/uploads/i/p/Bollack-Stephenson_Metering.pdf, no. May, 2013.

- [14] K. U. L. E. Electa, K. Arenberg, B.- Leuven, and G. Deconinckgesat, “An evaluation of two-way communication means for advanced metering in Flanders (Belgium),” 2008.
- [15] B. A. I. Xiao-min and M. Jun-xia, “Functional Analysis of Advanced Metering Infrastructure in Smart Grid,” 2010.
- [16] S. Korea and N. America, “Smart Metering in North America and Asia-Pacific,” 2013.
- [17] E. Woods and N. Strother, “Executive Summary : Smart Meters in Europe Advanced Metering Infrastructure for Electric Utilities in Europe : Business and Technology Issues , Country Profiles , Key Industry Players , and Market Forecasts,” 2012.
- [18] L. Northeast Group, “South America Smart Grid Market Forecast (2013 - 2023),” <http://www.giiresearch.com/report/ng273785-south-america-smart-grid-market-forecast.html>, 2013. [Online]. Available: <http://www.giiresearch.com/report/ng273785-south-america-smart-grid-market-forecast.html>. [Accessed: 22-Nov-2014].
- [19] E. Tècnica and S. D. Enginyeria, “Plan de comunicación sobre la telefonía móvil,” 2000.
- [20] J. S. Erik Dahlman, Stefan Parkevall, *4G LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband*. [ftp://isito.kg/book/%C8%ED%F4%EE%F0%EC%E0%F2%E8%EA%E0/%CC%EE%E1%E8%EB%FC%ED%FB%E5%20F1%E5%F2%E8%20F1%E2%FF%E7%E8/4G%20LTE,%20LTE-Advanced%20for%20Mobile%20Broadband%20\[Erik%20Dahlman%20et%20al.\]%202011.pdf](ftp://isito.kg/book/%C8%ED%F4%EE%F0%EC%E0%F2%E8%EA%E0/%CC%EE%E1%E8%EB%FC%ED%FB%E5%20F1%E5%F2%E8%20F1%E2%FF%E7%E8/4G%20LTE,%20LTE-Advanced%20for%20Mobile%20Broadband%20[Erik%20Dahlman%20et%20al.]%202011.pdf), 2011.
- [21] P. Rodríguez, “LTE-Advanced, todo lo que necesitas saber sobre la auténtica Cuarta Generación de la Internet móvil,” <http://www.xatakamovil.com/conectividad/lte-advanced-todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-la-autentica-cuarta-generacion-de-la-internet-movil>, 2014. [Online]. Available: <http://www.xatakamovil.com/conectividad/lte-advanced-todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-la-autentica-cuarta-generacion-de-la-internet-movil>. [Accessed: 16-Jan-2015].
- [22] ITU, “Detailed specifications of the terrestrial radio interfaces of International Mobile,” http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2012-1-201402-1!!PDF-E.pdf, vol. 1, 2014.
- [23] ITU, “Atribucion de frecuencias,” http://ea8nq.ure.es/rr/art05_e.htm. [Online]. Available: http://ea8nq.ure.es/rr/art05_e.htm. [Accessed: 16-Feb-2015].
- [24] A. R. Universitdt, D. I. Region, and S. Represenra, “Cdma: comunicaciones de espectro ensanchado,” pp. 25–32, 1996.
- [25] R. Agusti, F. Bernardo, F. Casadevall, R. Ferrus, P. Jordi, and O. Sallent, *LTE: NUEVAS TENDENCIAS EN COMUNICACIONES MOVILES*. 2010, p. 432.
- [26] Stephen M. Blust, “Normas de las IMT-Avanzadas para comunicaciones móviles de banda ancha - Banda ancha móvil | ITU Noticias,” <https://itunews.itu.int/Es/2220-Normas-de-las-IMT-Avanzadas-paracomunicaciones-moviles-de-banda-ancha.note.aspx>, 2012. [Online]. Available: <https://itunews.itu.int/Es/2220-Normas-de-las-IMT-Avanzadas-paracomunicaciones-moviles-de-banda-ancha.note.aspx>. [Accessed: 05-Feb-2015].
- [27] Qualcomm, “LTE TDD and LTE FDD Spectrum Technology | Qualcomm,” <https://www.qualcomm.com/documents/lte-tdd-global-solution-unpaired-spectrum>, 2013. [Online]. Available: <https://www.qualcomm.com/invention/technologies/lte/tdd>. [Accessed: 08-Feb-2015].

- [28] L. F. Electronicdesign, “What The Difference Between FDD And TDD?,” http://electronicdesign.com/communications/what-s-difference-between-fdd-and-tdd&usg=ALkJrhizCh3pDYZ1nu_oSM4qgAY8U1iByQ#5, 2013. [Online]. Available: http://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=es&prev=search&rurl=translate.google.com.ec&sl=en&u=http://electronicdesign.com/communications/what-s-difference-between-fdd-and-tdd&usg=ALkJrhizCh3pDYZ1nu_oSM4qgAY8U1iByQ#5. [Accessed: 09-Feb-2015].
- [29] 4G Americas, “LTE Carrier Aggregation October 2014,” http://www.4gamericas.org/files/8414/1471/2230/4G_Americas_Carrier_Aggregation_FINALv1_0_3.pdf, no. October, 2014.
- [30] 4G Americas and V. Livingston, “Agregación de portadoras: una tecnología a prueba de futuro,” <http://www.4gamericas.org/es/newsroom/press-releases/agregacion-de-portadoras-una-tecnologia-prueba-de-futuro/>, 2014. [Online]. Available: <http://www.4gamericas.org/es/newsroom/press-releases/agregacion-de-portadoras-una-tecnologia-prueba-de-futuro/>. [Accessed: 07-Feb-2015].
- [31] J. Wannstrom, “LTE-Advanced,” http://www.3gpp.org/IMG/pdf/lte_advanced_v2.pdf, no. May, 2012.
- [32] I. Esteban, M. Inga, and O. Mgt, “La telefonía móvil de cuarta generación 4G y Long Term Evolution,” pp. 3–12, 2010.
- [33] S. Ahmad, “Smart metering and home automation solutions for the next decade,” in *Proceedings of 2011 International Conference on Emerging Trends in Networks and Computer Communications, ETNCC2011*, 2011.
- [34] I. F. Akyildiz, D. M. Gutierrez-Estevez, and E. C. Reyes, “The evolution to 4G cellular systems: LTE-Advanced,” *Phys. Commun.*, vol. 3, no. 4, pp. 217–244, Dec. 2010.
- [35] T. V. M. E. MARTÍNEZ ZAMBRANO LIBIA YESENEA, “ESTUDIO TÉCNICO DE LA TECNOLOGÍA LTE Y LAS CONDICIONES TÉCNICO- REGULATORIAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA CUARTA GENERACIÓN DE SMA EN EL ECUADOR,” 2013.
- [36] R. 3GPP, “Technology Introduction White Paper,” http://cdn.rohde-schwarz.com/pws/dl_downloads/dl_application/application_notes/1ma232/1MA232_1E_LTE_Rel11.pdf, 2009.
- [37] A. N. del Espectro, “Cuadro Nacional de atribucion de Bandas de Frecuencia,” <http://www.ane.gov.co/cnabf/images/documento/CNABF2014.pdf>, p. 384, 2014.
- [38] Conatel/Senatel, “PLAN NACIONAL DE FRECUENCIAS ECUADOR 2012,” http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/plan_nacional_frecuencias_2012.pdf, p. 192, 2012.
- [39] I. Union, International, Telecommunication, “WRC-07,” http://www.itu.int/dms_pub/itu-s/oth/02/01/S020100002C4006PDFE.PDF, 2007.
- [40] U.-R. M.1036-2, “RECOMENDACIÓN UIT-R M.1036-2,” https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.1036-2-200306-S!!PDF-S.pdf, 2003. [Online]. Available: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.1036-2-200306-S!!PDF-S.pdf. [Accessed: 16-Jan-2015].

- [41] Senatel-Conatel, “Atribucion de frecuencias en el Ecuador.pdf,” <http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/frecuencias.pdf>, 2012.
- [42] C. P. Systems, “Soluciones Smart Grind Cooper Power Systems.” 2010.
- [43] F. VILLAVICENCIO, “La revolución 4G se enfrenta al monopolio | Plan V,” <http://www.planv.com.ec/investigacion/investigacion/la-revolucion-4g-se-enfrenta-al-monopolio/pagina/0/2>, 2013. [Online]. Available: <http://www.planv.com.ec/investigacion/investigacion/la-revolucion-4g-se-enfrenta-al-monopolio/pagina/0/2>. [Accessed: 19-Feb-2015].
- [44] M. de Telecomunicaciones, “Biblioteca | Secretaría Nacional de Telecomunicaciones | Ecuador,” <http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/biblioteca/>, 2014. [Online]. Available: <http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/biblioteca/>. [Accessed: 22-Feb-2015].
- [45] C. Regalado, “EL APORTE DEL OPERADOR DE TELECOMUNICACIONES,” http://www.imaginar.org/taller/brecha_mintel/5_CNT-CesarRegalado.pdf. [Online]. Available: http://www.imaginar.org/taller/brecha_mintel/5_CNT-CesarRegalado.pdf. [Accessed: 22-Feb-2015].
- [46] E. Iec, “Interoperabilidad para esquemas avanzados de protección y automatización.,” http://download.schneider-electric.com/files?p_File_Id=683071011&p_File_Name=uca2_sp_1266.pdf, pp. 1–2, 2010.
- [47] IEC, “Application integration at electric utilities – System interfaces for distribution management,” http://webstore.iec.ch/p-preview/info_iec61968-1%7Bed1.0%7Den.pdf, pp. 1–7, 2003.
- [48] Itron, “Medidor polifásico OpenWay® CENTRON®,” [https://www.itron.com/mxca/es/productsAndServices/Pages/OpenWay%20CENTRON%20Polyphase%20Meter%20-%20Spanish%20\(Spain\).aspx#](https://www.itron.com/mxca/es/productsAndServices/Pages/OpenWay%20CENTRON%20Polyphase%20Meter%20-%20Spanish%20(Spain).aspx#), 2015. [Online]. Available: [https://www.itron.com/mxca/es/productsAndServices/Pages/OpenWay CENTRON Polyphase Meter - Spanish \(Spain\).aspx](https://www.itron.com/mxca/es/productsAndServices/Pages/OpenWay%20CENTRON%20Polyphase%20Meter%20-%20Spanish%20(Spain).aspx). [Accessed: 21-Feb-2015].
- [49] Ministerio de Electricidad y Energia Renovable, “Acuerdo Ministerial Nro. 301.pdf,” 2013.
- [50] CENACE, “INFORME DE GESTIÓN DE LA CORPORACIÓN CENTRO NACIONAL DE CONTROL DE ENERGÍA,” 2012.
- [51] Y. XU, “Latency and Bandwidth Analysis of LTE for a Smart Grid Latency and Bandwidth Analysis of LTE for a Smart Grid,” 2011.
- [52] L. King, “An Introduction to the CIM for Integrating Distribution Applications and Systems,” <http://webhotel2.tut.fi/units/set/research/adine/materiaalit/Active%20network/ICT/EPRI%20CIM%20for%20distribution.pdf>, 2008. [Online]. Available: [http://webhotel2.tut.fi/units/set/research/adine/materiaalit/Active network/ICT/EPRI CIM for distribution.pdf](http://webhotel2.tut.fi/units/set/research/adine/materiaalit/Active%20network/ICT/EPRI%20CIM%20for%20distribution.pdf). [Accessed: 23-Feb-2015].
- [53] rohde schwarz, “LTE-Advanced Technology Introduction White Paper,” http://cdn.rohde-schwarz.com/pws/solution/wireless_and_mobile_communications/lte_lte_advanced/LTE-Advanced-Technology-Introduction.pdf, 2009.

ANEXOS

1. Smart Meter

CENTRON® II

CENTRON C12.19 C2ST, C2SD, C2SL

Itron introduces the second generation CENTRON, a solid-state single phase meter that allows utilities the capability to connect and disconnect service remotely without a service call from field personnel.

With this solid-state meter, Itron presents the CENTRON platform with Hall Sensor technology for residential metering that offers your utility the best in metering technology proven to easily and affordably expand as your business needs change.

The service switch feature available in this new meter for residential markets is designed for two-way communications. Mass deployments provide functionality that helps utilities to lower field service costs, improve credit management, and enable prepaid metering.

This ANSI C12.19 compliant residential solid-state meter utilizes the ANSI Tables protocol in a Demand (C2SD), a Time-of-Use (TOU) module with Demand (C2ST), and a Load Profile module with TOU and Demand (C2SL) giving utilities the chance to collect and utilize more detailed information and better manage demand.

The CENTRON II C12.19 meter provides robust data storage capability to support time-of-use (TOU) pricing including Critical Peak Pricing (CPP) capabilities. In addition, the meter supports load profile data and

other data-intensive applications as well as smart grid requirements. Features include full two-way communication capabilities for offsite operation when used with OEM communications systems with a service-limiting remote disconnect and reconnect switch as well as the ability to program or partially reconfigure the meter remotely. In addition to its remarkable typical accuracy of 0.3 percent, the CENTRON II meter delivers advanced voltage monitoring for power quality auditing and assurance.

FEATURES

Remote Disconnect

Optional 200 Amp remote disconnect switch is integral to the meter assembly and provides compact, non-discriminatory meter profile

Load Profile

The C2SL module provides 144K RAM for up to seven channels of load profile data

Bi-Directional Metering

Capable of measuring and displaying delivered, received, net, and unidirectional energy (kWh), Kvarh, and Vah delivered, received, and lag

Non-volatile Memory

All programming, register, TOU and load profile data are stored in the EEPROM during a power outage. A battery maintains only the clock circuitry during a power outage

Standard Features

- » Electronic LCD display
- » Polycarbonate cover
- » Optical tower
- » Customer Interface Button

Option Availability

- » 200A remote service switch

Optical Port Communication

- » Each module can be programmed to communicate at 28800, 19200, 14400 or 9600 baud through the optical tower

- » The optical port can also be disabled/enabled remotely via the head end system

Voltage Measurement

- » On board voltage measurement allows for end of line voltage monitoring and residential voltage profiling for troubleshooting and diagnostics

The CENTRON II C12.19 meter supports the measurement of average voltage data, instantaneous voltages and tracks minimum/maximum voltages during each interval up to three phases. The interval data for each phase is compared with the configured thresholds at each EOL. Events are recorded for the first interval when a threshold is exceeded, when it returns to normal, and when it is exceeded again. To minimize recording excessive events, only one event is recorded when multiple successive intervals exceed thresholds.

Temperature Measurement

Internal temperature monitoring in centigrade from the metrology every 1 second. This can be used for local device temperature status and profiling capability

Technical Data

Meets applicable standards:

- » ANSI C12.1 - 2008
- » ANSI C12.20 (Class 0.5) - 2010
- » ANSI C12.18 - 2006
- » ANSI C12.19 - 2008
- » ANSI C12.21
- » FCC CRF Title 47 Part 15.247 Subclass C
- » Industry Canada RSS-210

Reference Information

- » CENTRON II Technical Reference Guide
- » Electricity Price Bulletin
- » Hardware Specification Form
- » Information developer kits are available that outline standard processes and easy-to-use interfaces that are available for rapid OEM development

Product Availability

Meter Version	Class	Volts	Form
C2SD, C2ST, C2SL	20	120V	3S
C2SD, C2ST, C2SL	20	240V	3S
C2SD, C2ST, C2SL	20	240V	4S
C2SD, C2ST, C2SL	200	120V	1S*
C2SD, C2ST, C2SL	200	240V	2S*
C2SD, C2ST, C2SL	200	120V	12S/25S*
C2SD, C2ST, C2SL	320	240V	2S

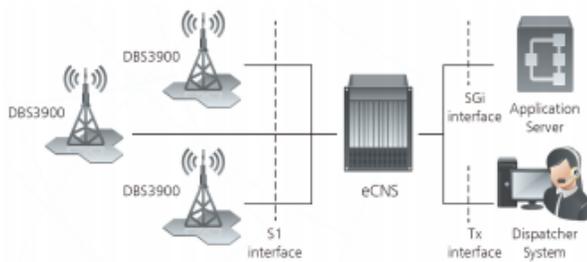
*C2SDD, C2STD, C2SLD

*Optional disconnect switch 200A

Specifications

Power Requirements	Voltage rating: 120-240 V (overvoltage capabilities up to 480V) Operating voltage: $\pm 20\%$ (60 Hz) Frequency: 50Hz, 60 Hz Operating range: ± 3 Hz Battery voltage: 3.6 V nominal Battery operating range: 3.4 - 3.8 V
Operating Environment	Temperature: -40° to +85°C Humidity: 0% to 95% non-condensing
General Information	Demand interval lengths: Programmable from 1 to 60 minutes Demand calculation: Present, Previous, Cumulative, Continuous Cumulative, Projected, 5 Highest Peak Demand Energy calculation: Basic Wh and VAh Time: Line sync: Power line frequency Crystal sync: +0.01% @ 25°C; +0.025% over full temperature range Battery: +0.005% @ 25°C; +0.005% to -0.02% over full temp range
Display	Nine-digit liquid crystal display Annunciator height: 0.088" Six-digit data height: 0.4" Display duration: 1-15 seconds Three-digit code number height: 0.24" 3-segment electronic load indicator

2. Nodo Evolucionado con estación base



[eSCN230 2U LTE EPC](#)

The eSCN230 is a 2U LTE integrated EPC (Evolved Packet Core), which provides a compact, cost-effective solution ideally suited for medium-sized and small networks.

[eCNS600/eCNS210 Mini Core Network](#)

The EPC (Evolved Packet Core) framework provides a host of benefits for customers seeking converged voice and data solutions. Huawei is an industry leader in EPC, offering a solution based on their advanced LTE (Long Term Evolution) EPC platform, built to meet industry requirements. The Huawei eLTE (Enterprise LTE) solution customizes the eCNS (Enterprise Core Network System) for industries. eCNS is very suitable for a dedicated enterprise network, relying on high integration, strong reliability, and comprehensive interoperability. Also, considering the diversified requirements of vertical industries, eCNS supports abundant services, such as voice, video, and data. The eCNS600 is primarily used for broadband access markets, and the eCNS210 is the preferred model for broadband trunking.

Performance

Thanks to a rich background in LTE/EPC product development, the eCNS600/210 products support up to 40 Gbps throughput with 200,000 subscribers. These products can be deployed to meet current and future needs, such as voice, dispatching command, operational data, video, etc. In addition, the Quality of Service (QoS) mechanism in the eCNS600/210 can guarantee critical data transmission in any situation.

Integration

Normally, the public LTE core network incorporates the MME (Mobility Management Entity), SGW (Serving Gateway), PGW (Packet Data Network Gateway), and HSS (Home Subscriber Server) network elements. The eCNS600/210 integrates all of these elements into only one subrack, allowing industries to deploy a network with minimal integration efforts, reduced risk, and faster time-to-market. Industries can avoid allocating too many valuable resource for engineering efforts and reduce operational and capital expenditures.

Reliability



eA660 Industry Level CPE

The Huawei eA660 is a LTE (Long Term Evolution) CPE (wireless Customer Premises Equipment) device for enterprise networks. The eA660 serves as a wireless gateway for high-speed data services and complies with LTE Release 8 standards. Features include a built-in antenna and an anti-lightening, shock-proof, dust-proof, and water-proof enclosure for weathering harsh environmental conditions. The eA660 offers a wide range of licensed and unlicensed mobile access frequencies such as 1.8 G/2.3 G/3.7 G/5.8 G to accommodate existing broadband resources. The remote management function of the eA660 provides for easy deployment of current and future broadband resources as well as centralized fault detection and recovery.



DBS3900 4G Distributed Base Station

Huawei promotes an eLTE distributed base station, DBS3900. The DBS3900 fully utilizes Huawei platform resources and a variety of technologies to meet the challenges of mobile network development. It is used for radio access in the eLTE system. In industry base stations, this product is installed in diverse scenarios those require precise BTS (Base Transceiver Station) installation capabilities. The DBS3900 has only two types of basic modules: Baseband Unit (BBU3900) and RRU (Remote Radio Unit), which can be flexibly configured to meet different usage scenario requirements. In addition, the DBS3900 features a small size, low power consumption, flexible installation, and easy site deployment.



TAU600 The Mobile Broadband Router for Trains

Railway and metro operators make travel by train a safe and comfortable travel experience for all passengers. With the TAU600 train-to-ground broadband router from Huawei, passengers will be able to access real-time video, PIS (Passenger Information Systems), and other broadband services instantly, inside the train. Huawei has spend many years developing Mobile Broadband (MBB) products for carriers and communications products for the railway industry. Now, Huawei offers the TAU (Train Access Unit) 600, which combines the best of both worlds. The TAU600 mobile broadband router is custom-made

Capacity Specifications

Item	Specifications
Maximum number of cells	9 cells (10 MHz or 20 MHz)
Maximum throughput per cell (20 MHz)	2T2R DL:UL=2:2 Downlink rate at the Media Access Control (MAC) layer: 78 Mbit/s(64QAM) Uplink rate at the Media Access Control(MAC): 18Mbps(16QAM)
Maximum throughput per eNodeB	Downlink: 450 Mbit/s Uplink:300 Mbit/s
Maximum number of UEs in RRC_CONNECTED mode in an eNodeB:	5400
Maximum number of data radio bearer (DRB)	8

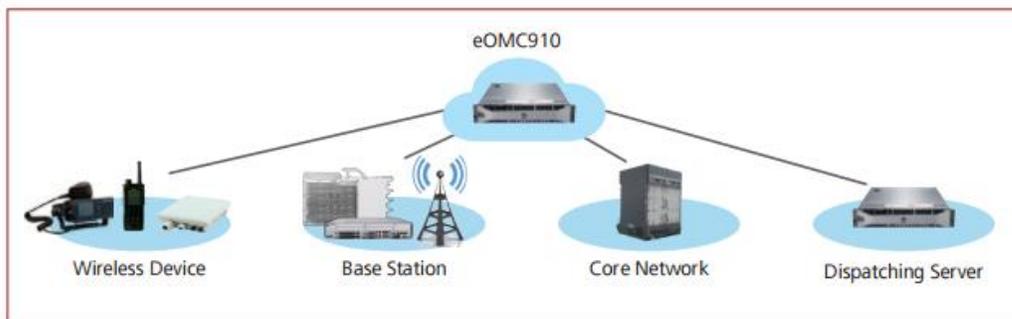
3. EPC Núcleo de gestión de datos eOMC910

eOMC910

Network Management System
for Fixed Network and Wireless
Device Maintenance



The eOMC910 acts as an operation and maintenance center for all primary eLTE network elements, including the core network, base station, dispatching server, and wireless devices. The administrator can easily perform system configuration, software upgrades, equipment diagnostics, and performance monitoring via a graphical interface.



Standard Hardware Platform

The eOMC910 is based on a standard workstation server or PC. Several server types can be used to adapt to the network scale. A PC can be used for a very small network to minimize costs or for a vehicle-mounted solution with limited space. A powerful server suits a large network or a network that requires exceptional reliability. An existing server or PC can be repurposed for running the eOMC910 software.

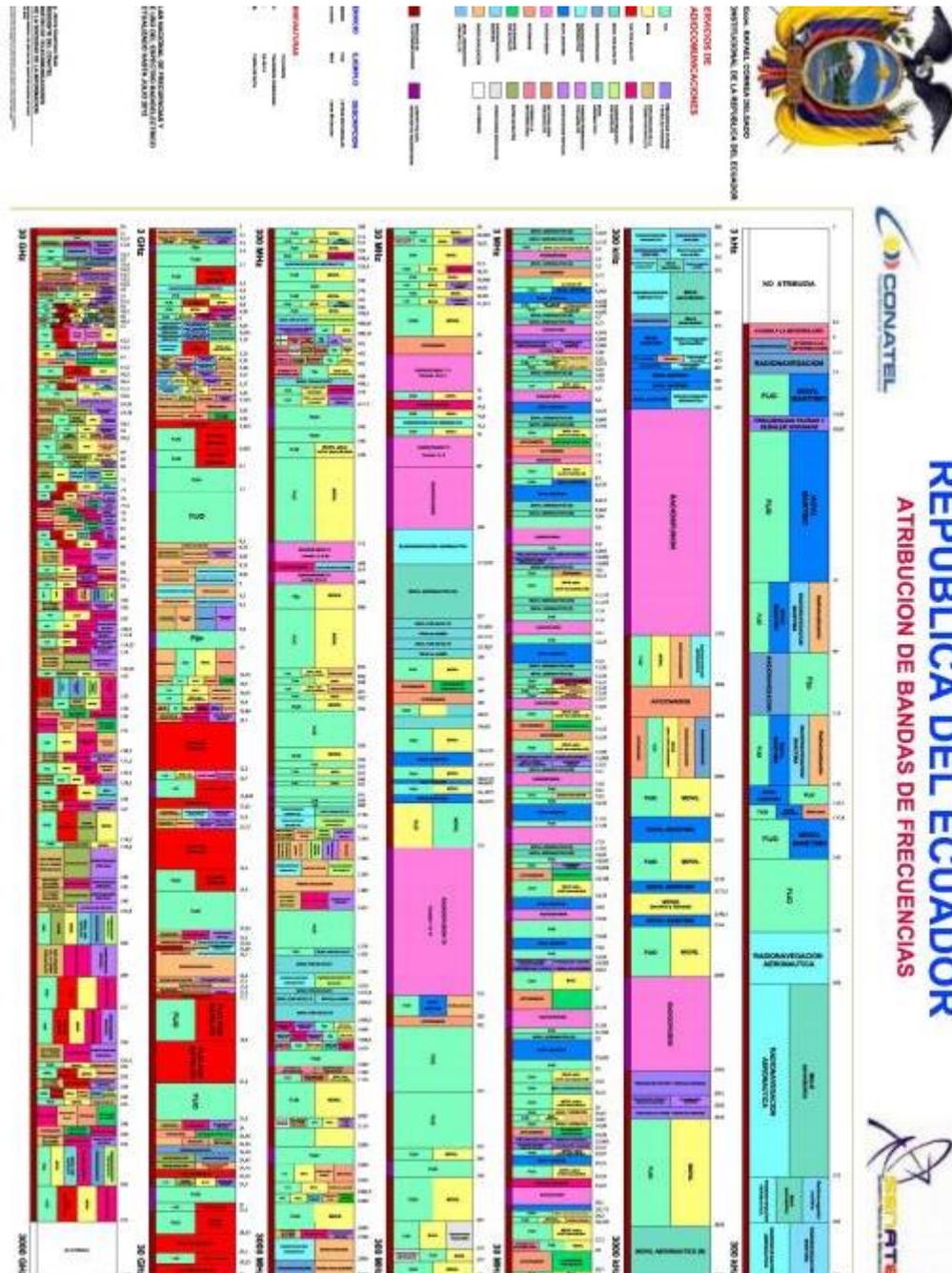
	PC	Small Server	Medium Server	Large Server
Mode 1	10 base stations and 1,000 wireless devices	50 base stations and 4,000 wireless devices	200 base stations and 8,000 wireless devices	500 base stations and 10,000 wireless devices
Mode 2	5,000 wireless devices	10,000 wireless devices	40,000 wireless devices	100,000 wireless devices
Hardware Specifications	CPU: Intel E5300 Memory: 2 GB Hard disk: 160 GB DVDRW/network adapter/audio adapter/sound box/LCD display with a resolution of 1,024 x 768 x 65K OS: Microsoft Windows 7.0	CPU: 2* Intel Xeon E5-2620(2.00GHz, 15M Cache, 7.2GT/s QPI, Turbo, 6C 95W) Memory: 2 x 8GB, 1600Mhz, dual arrays, LVRDIMMs Hard disk: 3*600GB, 2.5-inch, 10K RPM, 6 Gbit/s, SAS, hot-swappable	CPU: Intel Xeon E5-2690 (2.90 GHz, 20M cache, 8.0 GT/s QPI, Turbo, 8C, 135W) Memory: 2 x 16 GB, 1,600 MHz, dual arrays, LVRDIMMs Hard disk: 6 x 600 GB, 2.5-inch, 10k RPM, 6 Gbit/s, SAS, hot-swappable	CPU: Intel Xeon E5-4620(2.40 GHz, 16M cache, 8.0 GT/s QPI, Turbo, Octa-core, 95W) Memory: 4 x 16 GB,1,600MHz, dual arrays, LVRDIMMs Hard disk: 9 x 600 GB, 2.5-inch, 10k RPM, 6 Gbit/s, SAS, hot-swappabl

***Note:**

Mode 1: eOMC server manages both network (including core network and base station) and wireless devices

Mode 2: eOMC server manages wireless devices only

4 Espectro de frecuencias del Ecuador



Fuente: Senatel-Conatel, “Atribucion de frecuencias en el Ecuador”
<http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/frecuencias.pdf>

5 Bandas atribuidas a la IMT

Operating bands for LTE- Advanced			
Operating Band	Uplink (UL) operating band BS receive/UE transmit	Downlink (DL) operating band BS transmit /UE receive	Duplex Mode
	ful_low - ful_high	FDL_low - FDL_high	
1	1920 MHz - 1980 MHz	2110 MHz - 2170 MHz	FDD
2	1850 MHz - 1910 MHz	1930 MHz - 1990 MHz	FDD
3	1710 MHz - 1785 MHz	1805 MHz - 1880 MHz	FDD
4	1710 MHz - 1755 MHz	2110 MHz - 2155 MHz	FDD
5	824 MHz - 849 MHz	869 MHz - 894 MHz	FDD
6	830 MHz - 840 MHz	985 MHz - 875 MHz	FDD
7	2500 MHz - 2570 MHz	2620 MHz - 2690 MHz	FDD
8	880 MHz - 915 MHz	925 MHz - 960 MHz	FDD
9	1749.9 MHz - 1784.9 MHz	1844.9 MHz - 1879.9 MHz	FDD
10	1710 MHz - 1770 MHz	2110 MHz - 2170 MHz	FDD
11	1427.9 MHz - 1447.9 MHz	1475.9 MHz - 1495.9 MHz	FDD
12	698 MHz - 716 MHz	728 MHz - 746 MHz	FDD
13	777 MHz - 787 MHz	746 MHz - 756 MHz	FDD
14	788 MHz - 798 MHz	758 MHz - 768 MHz	FDD
15	Reserved	Reserved	
16	Reserved	Reserved	
17	704 MHz - 716 MHz	734 MHz - 746 MHz	FDD
18	815 MHz - 830 MHz	860 MHz - 875 MHz	FDD
19	830 MHz - 840 MHz	875 MHz - 890 MHz	FDD
20	832 MHz - 862 MHz	721 MHz - 821 MHz	FDD
21	1447.9 MHz - 1462.9 MHz	1495.9 MHz - 1510.9 MHz	FDD
22	3410 MHz - 3500 MHz	3510 MHz - 3600 MHz	FDD
...			
33	1990 MHz - 1920 MHz	1990 MHz - 1920 MHz	TDD
34	2010 MHz - 2025 MHz	2010 MHz - 2025 MHz	TDD
35	1850 MHz - 1910 MHz	1850 MHz - 1910 MHz	TDD
36	1930 MHz - 1990 MHz	1930 MHz - 1990 MHz	TDD
37	1910 MHz - 1930 MHz	1910 MHz - 1930 MHz	TDD
38	2570 MHz - 2620 MHz	2570 MHz - 2620 MHz	TDD
39	1880 MHz - 1920 MHz	1880 MHz - 1920 MHz	TDD
40	2300 MHz - 3600 MHz	2300 MHz - 2400 MHz	TDD
41	3400 MHz - 3600 MHz	3400 MHz - 3600 MHz	TDD