



FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

IMPLEMENTACION DE UN PROTOTIPO DE UNA  
RED HÍBRIDA WIFI – BPL - LTE

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos  
establecidos para optar el título de Ingenieros en Redes y Telecomunicaciones

Profesor Guía

MSc. Jorge Wilson Granda Cantuña

Autores

Christian Mauricio Bonilla Chango

Sonia Elizabeth Ramos Cárdenas

Año

2016

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de las reuniones periódicas con los estudiantes, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulen los trabajos de titulación”

.....

Jorge Wilson Granda Cantuña  
MSc. en Ingeniería Eléctrica  
CI: 1708594187

### **DECLARACIÓN DE AUTORÍA DE LOS ESTUDIANTES**

“Declaramos que este trabajo es original, de nuestra autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

---

Christian Mauricio Bonilla Chango

CI: 171369727-2

---

Sonia Elizabeth Ramos Cárdenas

CI: 171805720-9

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por haberme permitido nacer y contemplar lo maravilloso de la vida, haberme dado dos hermosas hijas y una esposa ejemplar y por tantas bendiciones recibidas.

A mi madre por el privilegio de la vida y por ser ejemplo de superación, respeto y humildad.

A mi esposa por el amor incondicional, la paciencia, y el apoyo a todos mis sueños cumplidos.

A mis familiares y amiga de tesis por el apoyo y aliento para seguir adelante.

Christian Mauricio Bonilla Chango

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por la vida y permitirme culminar esta nueva etapa en mi vida profesional.

A mis padres por todo su amor, esfuerzo y por ser ejemplo de superación, respeto y humildad.

A mi esposo por su comprensión, ayuda, amor y paciencia en toda esta etapa.

A mis familiares, amigas y sobre todo a mi compañero de tesis por la paciencia y empuje para lograr con éxito la culminación de este proyecto.

Elizabeth Ramos Cárdenas

## RESUMEN

El presente trabajo expone las diferentes tecnologías que constituyen las redes de banda ancha, orientándose al uso de las redes híbridas compuestas principalmente por tecnologías como LTE (Long Term Evolution), BPL (Broadband Power Line) y WIFI (Wireless Fidelity) que permiten mejorar el ancho de banda y alcanzar el máximo número de usuarios con el menor número de aplicaciones utilizando la estandarización, para ello también es importante la utilización de las arquitecturas de red abiertas para que exista interoperabilidad entre ellas.

Un aspecto muy importante en el desarrollo de las redes de banda ancha, es el hecho que dependen de cada tipo de cliente y sus requerimientos, tales es el caso de las empresas y organizaciones que precisan de servicios multimedia, transferencia de datos y comunicación voz sobre IP para la transmisión bidireccional de toda clase de información.

Para el diseño de la red híbrida se recopiló información técnica y teórica que facilite el entendimiento del funcionamiento del prototipo de red, además, se recolectaron datos reales del tráfico transmitido por la red, al mismo tiempo se realizó el análisis de los equipos de comunicación utilizados para el prototipo.

Al final se presenta el diseño, implementación y pruebas finales del prototipo de red híbrida utilizando las tecnologías LTE, WIFI y BPL, que demuestran las ventajas que tiene la red híbrida en cuanto a la velocidad en la transmisión de datos, ancho de banda y calidad de comunicación de voz sobre IP, sobre las actuales redes existentes en el mercado.

## ABSTRACT

This work exposes the technological differences among the broadband networks, aimed for the use of the hybrid networking mainly comprised by technologies such as LTE (Long Term Evolution), BPL (Broadband Power Line) and WIFI (Wireless Fidelity) allowing to improve the broadband and reaching the maximum number of users with the lowest number of applications resorting to standardization, to this effect it is important to apply the opened network architectures to have interoperability among them.

An important matter in developing broadband networks is the fact that those depend on the type of clients and their requirements, such as the case of companies and organizations in need of multimedia, data transfer and voice communication on IP for the bidirectional transfer of all types of information.

For the design of the hybrid network, technical and academic information were gathered to ease the understanding on the operation of the network prototype, in addition, real data on traffic transmitted by the network was collected, at the same time, analysis on the communication equipment used for the prototype was performed.

Finally, the design, implementation and final testing of the hybrid network prototype using LTE, WIFI and BPL technologies are presented, showing the advantages of the hybrid network regarding data transfer speed, bandwidth and quality of voice communication on IP, related to the current market's networks.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
Descripción de la realidad problemática .....	1
Alcance .....	3
Justificación de la Investigación.....	4
Objetivo General.....	5
Objetivos Específicos .....	5
1. Capítulo I. MARCO TEÓRICO .....	6
1.1 Antecedentes de la Investigación.....	6
1.1.1 Red de Computadoras.....	6
1.1.2 Clasificación de las redes .....	6
1.1.2.1 Redes por su alcance .....	6
1.1.2.1.1 Red de Área Personal (PAN) .....	6
1.1.2.1.2 Red de Área Local (LAN) .....	6
1.1.2.1.3 Red de Área de Campus (CAN).....	7
1.1.2.1.4 Red de Área Metropolitana (MAN) .....	7
1.1.2.1.5 Red Metro Ethernet.....	7
1.1.2.1.6 Red Next Generation Networking (NGN) .....	7
1.1.2.1.7 Red de Área Amplia (WAN) .....	8
1.1.2.1.8 Red de Área de Almacenamiento (SAN).....	8
1.1.2.1.9 Red de Área Local Virtual (VLAN).....	8
1.1.2.2 Redes por tipo de conexión .....	8
1.1.2.2.1 Medios Guiados .....	8
1.1.2.2.2 Medios no guiados .....	9
1.1.2.3 Redes por relación funcional .....	9
1.1.2.3.1 Peer to Peer .....	9
1.1.2.3.2 Cliente/Servidor.....	9
1.1.2.4 Por topología de red .....	10
1.1.2.4.1 Red Bus .....	10
1.1.2.4.2 Red Estrella.....	10

1.1.2.4.3 Red Anillo.....	11
1.1.2.4.4 Red en Malla .....	12
1.1.2.4.5 Red en Árbol .....	12
1.1.2.4.6 Red Híbrida .....	13
1.1.2.5 Redes por el tipo de transmisión .....	13
1.1.2.5.1 Simplex (Unidireccional) .....	14
1.1.2.5.2 Half-Duplex (bidireccionales) .....	14
1.1.2.5.3 Full-Duplex (bidireccionales) .....	14
1.1.3 Internet.....	14
1.1.3.1 Reseña Histórica .....	15
1.1.3.2 Proveedor de Servicio de Internet ISP .....	16
1.1.3.2.1 Diferentes Tipos de Proveedores de Internet.....	16
1.1.3.2.2 Tipos de Conexiones de los ISP .....	17
<b>1.2 Generalidades de la tecnología LTE .....</b>	<b>18</b>
1.2.1 Evolución de las tecnologías Móviles en el Ecuador .....	18
1.2.1.1 Primera Generación (1G) .....	18
1.2.1.2 Segunda Generación (2G).....	19
1.2.1.2.1 TDMA.....	19
1.2.1.2.2 GSM.....	19
1.2.1.2.3 CDMA.....	19
1.2.1.3 Segunda Generación y Media (2.5G) .....	20
1.2.1.4 Tercera Generación (3G).....	20
1.2.1.5 Cuarta Generación (4G) .....	20
1.2.2 Introducción a la Tecnología LTE .....	21
1.2.3 Definición .....	21
1.2.4 Sub-Portadora .....	22
1.2.5 Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal (OFDM) .....	23
1.2.6 Técnicas de múltiple acceso SC-FDMA y OFDMA.....	23
1.2.6.1 OFDMA.....	23
1.2.6.2 SC-FDMA .....	24
1.2.7 Arquitectura general del sistema LTE .....	25
1.2.7.1 Red de Acceso evolucionada: E-UTRAN .....	26

1.2.7.1.1 E-UTRAN Uu.....	27
1.2.7.1.2 Interfaz S1-U .....	28
1.2.7.1.3 Interfaz S1-MME .....	29
1.2.7.1.4 Interfaz X2.....	29
1.2.7.2 Red troncal de paquetes evolucionada EPC .....	29
1.2.7.2.1 Núcleo de Red .....	30
1.2.7.2.1.1 MME (Mobility Management Entity).....	30
1.2.7.2.1.2 Serving Gateway (S-GW) .....	30
1.2.7.2.1.3 Packet Data Network Gateway (P-GW).....	31
1.2.7.2.1.4 IP Multimedia Subsystem (IMS) .....	31
1.2.7.2.1.4.1 Capa de Transporte .....	31
1.2.7.2.1.4.2 Capa de Control.....	32
1.2.7.2.1.4.3 Capa de Aplicación .....	32
1.2.8 Interfaz de Red Troncal EPC .....	32
1.2.8.1 Interfaz SGi.....	32
1.2.8.2 Interfaz S5 y S8 .....	32
1.2.8.3 Interfaz S11 .....	33
1.2.8.4 Interfaz S10 .....	33
1.2.8.5 Interfaz S6a .....	33
1.2.9 Equipos de usuario UE .....	33
1.2.9.1 Módulo de suscripción de usuario .....	33
1.2.9.2 El equipo móvil (ME).....	34
1.2.10 Ventajas de la tecnología LTE 4G .....	34
1.2.11 Desventajas de la tecnología LTE 4G.....	34
1.2.12 Estaciones Base .....	35
1.2.12.1 Sistema de Estaciones Base .....	36
1.2.12.1.1 Estación Base (BTS, RBS2000 de Ericsson).....	36
1.2.12.2 Controladores de Estaciones Base (BSC) .....	36
1.2.13 Sistema de Conmutación.....	37
1.2.13.1 Centro de Conmutación de Servicios Móviles (MSC) .....	37
1.2.13.2 Base de Datos .....	37
1.2.13.2.1 Registro de Localización de Abonados Propios.....	37

1.2.13.2.2 Registro de Localización de Abonados Visitantes.....	37
1.2.13.3 Centro de Autenticación.....	38
1.2.13.4 Registro de Identidad de Equipos.....	38
1.2.13.5 Centro de Operación y Mantenimiento (OMC).....	38
1.2.14 Tipos de Antenas para Estaciones Base .....	38
1.2.14.1 Antenas Direccionales .....	39
1.2.14.2 Antenas Omnidireccionales .....	39
1.2.14.3 Antenas Sectoriales.....	40
1.2.14.4 Antena Inteligente.....	40
1.2.14.4.1 Tipos de Antenas Inteligentes .....	42
1.2.14.4.1.1 Sistema Haz Conmutado.....	42
1.2.14.4.1.2 Sistema Haz de Seguimiento. ....	43
1.2.14.4.1.3 Sistema Haz Adaptativo .....	44
1.2.14.4.2 Características de las antenas inteligentes.....	44
1.2.14.4.3 Configuración de antenas inteligentes. ....	45
1.2.14.4.3.1 Receptor de alta sensibilidad HSR .....	45
1.2.14.4.3.2 Rechazo de Interferencia por filtrado espacial (SFIR) 45	
1.2.14.4.3.3 Acceso múltiple por división espacial SDMA .....	46
1.2.15 Gestión de Seguridad .....	46
1.2.15.1 Marco general de seguridad .....	46
1.2.15.2 Seguridad de acceso a la red .....	47
1.2.15.3 Seguridad de la infraestructura de la red.....	47
1.2.16 Características de una Antena.....	47
1.2.16.1 Ancho de banda.....	47
1.2.16.2 Diagrama de Radiación .....	48
1.2.16.3 Ganancia .....	48
1.2.16.4 Ancho de Haz .....	49
1.2.16.5 Relación delante/Atrás.....	49
1.2.17 Características de una Antena de Radio base celular .....	50
1.2.17.1 Lóbulos laterales.....	50
1.2.17.2 Null Filling .....	50
1.2.17.3 Supresión del Lóbulo Superior.....	51

1.2.17.4 Down tilt (Inclinación).....	51
1.2.17.4.1 Down Tilt Electronica vs Down Tilt Mecánico.....	52
1.2.17.5 Polarización .....	53
1.2.18 Marco Legal Tecnología LTE 4G en Ecuador .....	54
<b>1.3 Generalidades de la Tecnología BPL.....</b>	<b>55</b>
1.3.1 Introducción .....	55
1.3.2 Origen y evolución de la tecnología BPL .....	56
1.3.3 Definición .....	56
1.3.3.1 BPL en términos de prestación de servicios.....	57
1.3.3.2 BPL en términos de competencia.....	57
1.3.4 Descripción de la tecnología BPL .....	58
1.3.4.1 Funcionamiento .....	58
1.3.4.2 Frecuencia Utilizada .....	59
1.3.4.3 Velocidades de Transmisión.....	59
1.3.4.4 Tipos de modulación empleadas en BPL .....	60
1.3.4.4.1 Modulación OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing).....	61
1.3.4.4.2 Ventajas de la modulación OFDM.....	62
1.3.4.4.3 Características de los sistemas de modulación en BPL.....	62
1.3.5 BPL y el Modelo OSI.....	63
1.3.5.1 Capa Física.....	63
1.3.5.2 Capa de Enlace .....	64
1.3.5.2.1 Subcapa Control de Acceso al Medio (MAC) .....	64
1.3.5.3 Capa de Red.....	64
1.3.5.4 Capa de Transporte.....	65
1.3.5.5 Capa de Aplicación.....	65
1.3.6 Capacidad del Canal BPL.....	65
1.3.7 Características de la Red BPL.....	66
1.3.8 Sistema que emplea la tecnología BPL .....	66
1.3.8.1 Red de alto Voltaje .....	66
1.3.8.2 Redes de bajo y medio Voltaje .....	66
1.3.8.3 Red de Distribución Domestica.....	67

1.3.9 Arquitectura de la Red BPL .....	67
1.3.9.1 Módem de cabecera.....	67
1.3.9.2 Unidad Repetidora o HG .....	68
1.3.9.3 Módem BPL o PLC .....	69
1.3.10 Aplicaciones.....	69
1.3.11 Factores que afectan la señal BPL .....	70
1.3.11.1 Atenuación.....	70
1.3.11.2 Ruido .....	70
1.3.12 Ventajas.....	71
1.3.13 Desventajas .....	71
1.3.14 BPL en Ecuador.....	71
1.3.14.1 Marco Legal de BPL en Ecuador .....	71
1.4 Generalidades de la Tecnología WIFI .....	73
1.4.1 Introducción .....	73
1.4.1.1 Red Inalámbrica.....	73
1.4.1.2 Componentes de un sistema inalámbrico .....	74
1.4.1.2.1 Dispositivo de Comunicación .....	74
1.4.1.2.2 Estación Base .....	74
1.4.1.2.3 Central de conmutación .....	75
1.4.1.3 Clasificación de las redes inalámbricas .....	75
1.4.1.3.1 Redes inalámbricas PAN .....	75
1.4.1.3.2 Redes inalámbricas locales WLAN .....	76
1.4.1.3.3 Redes inalámbricas metropolitanas (WMAN).....	76
1.4.1.3.4 Redes inalámbricas extendidas (Wide Área) .....	76
1.4.1.4 Ventajas de las Redes Inalámbricas.....	77
1.4.1.4.1 Movilidad .....	77
1.4.1.4.2 Desplazamiento .....	77
1.4.1.4.3 Flexibilidad .....	77
1.4.1.4.4 Ahorro de costes .....	77
1.4.1.4.5 Escalabilidad .....	78
1.4.1.5 Aplicaciones de las redes inalámbricas .....	78
1.4.1.6 Encriptación de transmisión.....	78

1.4.2 WIFI .....	79
1.4.2.1 802.11a, g: Multiplicación Ortogonal por División de Frecuencia (OFDM) para WLAN .....	80
1.4.2.2 802.11b: High Rate Direct-Sequence Spread Spectrum HR/DSSS.....	81
1.4.2.3 802.11n: Alto Rendimiento .....	81
1.4.3 Topología de Red .....	82
1.4.4 Utilidades de la Red WIFI .....	82
1.4.5 Tipos de Redes Inalámbricas WIFI.....	83
1.4.5.1 Red WIFI de Infraestructura .....	83
1.4.5.2 Red WIFI Ad-Hoc.....	83
1.4.6 Capa Física PHY .....	83
1.4.7 Seguridad y Fiabilidad .....	84
1.4.8 Ventajas.....	85
1.4.9 Desventajas .....	86
1.5 VoIP .....	86
1.5.1 Parámetros de la VoIP .....	87
1.5.2 Códecs.....	87
1.5.3 Retardo o latencia.....	88
1.6 Calidad de Servicio .....	88
1.7 Adaptador Telefónico Analógico (ATA).....	89

## 2. CAPÍTULO II. DISEÑO DE LA RED HIBRIDA

LTE – WIFI – BPL.....	91
2.1 Diseño de la Red Híbrida LTE-WIFI-BPL .....	91
2.1.1 Ubicación donde se implementa el prototipo de red híbrida propuesto.....	91
2.1.2 Análisis de Proveedores LTE 4G en Ecuador.....	92
2.1.3 Ubicaciones de las Estaciones Base CNT .....	94
2.1.4 Calculo de la distancia del Enlace LTE 4G a la Oficina Principal ....	96
2.1.5 Distancia entre EB_LTE 4G_1 y Oficina Principal .....	96
2.1.6 Distancia entre EB_LTE 4G_2 y Oficina Principal .....	97

2.1.7 Distancia entre EB_LTE 4G_3 y Oficina Principal .....	98
2.1.8 Distancia entre EB_LTE 4G_3 y Oficina Principal .....	99
2.1.9 Topología y direccionamiento de RED.....	100
2.1.10 Enlace de Red Estación Base LTE 4G – Oficina Principal .....	102
2.1.11 Selección de Equipos Oficina principal.....	103
2.1.12 Presupuesto de potencia de enlace.....	105
2.1.13 Potencia de Transmisión (TX) .....	105
2.1.13.1 Cálculo de la Potencia .....	106
2.1.14 Ganancia de Antena .....	106
2.1.15 Cálculo de Perdida del espacio Libre.....	106
2.1.16 Pérdida de cables y conectores.....	107
2.1.17 Línea de Vista Enlace LTE 4g – oficina Principal .....	109
2.1.18 Zona de Fresnel en el Enlace LTE 4g – oficina Principal.....	109
2.1.19 Potencia Irradiada Isotrópica Efectiva (PIRE).....	109
2.1.20 Presupuesto de Enlace.....	110
2.1.21 Resultados de los cálculos del enlace Estación Base LTE 4G – Oficina Principal .....	111
2.1.22 Simulación del Enlace LTE 4G - Oficina Principal en Radio Mobile .....	112
2.2 Enlace de Red WIFI Oficina Principal y Sucursal.....	114
2.2.1 Estudio y selección de equipos para la comunicación.....	115
2.2.1.1 Características Antenas NanoStation Loco M5 .....	115
2.2.2 Red punto a punto (PtP) .....	116
2.2.3 Comportamiento de las ondas de radio .....	118
2.2.3.1 Absorción.....	118
2.2.3.2 Reflexión.....	118
2.2.3.3 Difracción.....	119
2.2.3.4 Interferencia.....	119
2.2.4 Cálculo del enlace punto a punto Oficina Principal – Oficina Secundaria .....	120
2.2.4.1 Cálculo de la distancia y ángulos de vista de las antenas .....	120
2.2.4.1.1 Cálculo de la distancia del enlace .....	120

2.2.4.1.2 Cálculo del ángulo Azimut de la Antena desde la Oficina Principal – Oficina Secundaria.....	121
2.2.4.1.2.1 Azimut Trasmisor-Receptor .....	122
2.2.4.1.2.2 Azimut Receptor-Transmisor .....	122
2.2.4.1.3 Cálculo del ángulo de Elevación Antena Oficina Principal – Oficina Sucursal .....	122
2.2.4.1.4 Cálculo del ángulo de Elevación Antena Oficina Sucursal – Oficina Principal .....	123
2.2.4.1.5 Presupuesto de Potencia del Enlace .....	123
2.2.4.1.6 Potencia .....	124
2.2.4.1.7 Ganancia de la Antena.....	124
2.2.4.1.8 Cálculo de pérdidas en el espacio libre.....	125
2.2.4.1.9 Potencia Irradiada Isotrópica Efectiva (PIRE) .....	125
2.2.4.2 Línea Visual .....	126
2.2.4.3 Zona de Fresnel.....	128
2.2.4.3.1 Análisis de la Zona de Fresnel .....	130
2.2.4.4 Presupuesto de Enlace.....	130
2.2.5 Resultados del cálculo del enlace WIFI entre la Oficina Principal y la Oficina Sucursal.....	131
2.2.6 Simulación en Radio Mobile .....	132
2.2.6.1 Ubicación física del enlace .....	132
2.2.6.2 Mapa de Cobertura.....	134
2.2.7 Red interna oficina Principal .....	135
2.3 Enlace de red BPL en la oficina principal .....	137
2.3.1 BPL (Broadband Power Line) .....	137
2.4 Detalle aspectos a usar en las 3 tecnologías .....	138
2.5 Análisis de Usuarios en la RED.....	139
2.5.1 Análisis de Capacidad de Tráfico en la Red Oficina Principal y Red Oficina Sucursal.....	139
2.5.1.1 Cálculos Capacidad de Tráfico en la Red.....	140
2.5.1.1.1 Capacidad de Tráfico Oficina Principal .....	140
2.5.1.1.2 Capacidad de Tráfico Sucursal .....	142

2.5.2 Cálculo de ancho de banda en base al servicio de internet y VoIP de la Red Híbrida.....	144
2.5.2.1 Cálculo Ancho de Banda .....	144
2.5.2.2 Estimación de Ancho de Banda para el servicio de VoIP .....	145
2.5.3 Escalabilidad de Red Híbrida LTE – WIFI – BPL.....	147
2.5.3.1 Escalabilidad vertical .....	147
2.5.3.2 Escalabilidad horizontal .....	148
2.5.3.3 Tipos de Escalabilidad.....	148
2.5.4 Estudio y selección de Equipos para el servicio de VoIP.....	150
2.5.4.1 Servidor VoIP.....	150
2.5.4.2 Elastik .....	150
2.5.4.3 AsteriskNOW .....	150

### 3. CAPÍTULO III. IMPLEMENTACION Y PRUEBAS

DE LA RED HÍBRIDA LTE – WIFI – BPL.....	152
3.1 Configuración del Servidor VoIP.....	152
3.2 Configuración segmento de red WIFI.....	161
3.2.1 Configuración AP que recibe la señal 4G LTE en la Oficina Principal .....	161
3.2.2 Configuración antenas NanoStation Loco M5 que comunica la Oficina Principal con la Oficina Sucursal.....	163
3.2.3 Configuración AP que recibe la señal 4G LTE en la Oficina Sucursal .....	166
3.3 Configuración segmento de red BPL .....	167
3.4 Implementación física y pruebas de velocidad en la transferencia de datos de la red hibrida. ....	168
3.4.1 Instalación de las antenas NanoStation LocoM5.....	168
3.4.1.1 Materiales a usarse: .....	168
3.4.2 Ubicación de la Antena en la oficina Principal .....	169
3.4.3 Ubicación de la Antena en la oficina Sucursal .....	170
3.4.4 Equipos en la Oficina Principal .....	170
3.4.4.1 Servidor VoIP.....	170

3.5 Pruebas de Comunicación, Transferencia de datos y navegación de internet entre ADSL de CNT y 4G LTE CNT .....	173
3.5.1 Mediciones de velocidad de navegación de internet y transferencia de datos .....	173
3.5.2 Mediciones de velocidad de navegación de internet, transferencia de datos y comunicación .....	175
<b>4. CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE VIABILIDAD DEL PROYECTO PARA IMPLEMENTAR UNA RED HÍBRIDA LTE – WIFI – BPL.....</b>	<b>180</b>
4.1 Flujo de Fondos Neto del proyecto (FFN) .....	180
4.1.1 Componentes del flujo de Fondos .....	181
4.1.1.1 Vida útil u horizonte del proyecto.....	181
4.1.1.2 Inversiones .....	181
4.1.1.3 Beneficios .....	181
4.1.1.4 Proyección de Costos .....	182
4.1.1.4.1 Proyección de Costo de Inversión.....	182
4.1.1.4.1.1 Costos de Prototipo Oficina Principal y Oficina Sucursal.....	182
4.1.1.4.1.2 Costos de Producción a Nivel PYMES .....	184
4.1.1.4.2 Costo de Operación .....	185
4.1.1.4.2.1 Costos de producción (Mano de Obra).....	185
4.1.1.4.2.2 Costos de venta.....	186
4.1.1.4.2.3 Gastos Administrativos .....	186
4.1.1.4.2.4 Costos Financieros .....	187
4.1.1.5 Depreciación de Equipos de Comunicación .....	188
4.1.1.5.1 Proyección de Ingresos.....	189
4.1.1.6 Tasa de Descuento.....	189
4.1.1.6.1 Costo Medio ponderado de Capital.....	190
4.1.1.6.2 Flujo de Fondos Neto.....	191
4.1.1.6.3 Indicadores de Rentabilidad.....	192

4.1.1.6.3.1 Valor Actual neto (VAN).....	192
4.1.1.6.3.1.1 Criterios de Decisión.....	192
4.1.1.6.3.2 Tasa interna de retorno (TIR) .....	193
4.1.1.6.3.3 Análisis Costo Beneficio .....	193
4.1.1.6.3.3.1 Criterios de decisión.....	193
4.1.1.6.3.4 Periodo de Recuperación de Capital .....	194
4.1.1.6.3.5 Análisis de Factibilidad del Proyecto .....	194
<b>5. Capítulo V. CONCLUSIONES Y</b>	
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>196</b>
5.1 Conclusiones.....	196
5.2 Recomendaciones .....	197
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>199</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>204</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de Interconexión Red Híbrida LTE-WIFI-BPL.....	4
Figura 2. Red de Bus .....	10
Figura 3. Red de Estrella.....	11
Figura 4. Red de Anillo.....	12
Figura 5. Red en Malla .....	12
Figura 6. Red de Árbol .....	13
Figura 7. Red Híbrida .....	13
Figura 8. Servicios de valor Agregado de Internet .....	21
Figura 9. Marco de asignación dentro OFDMA .....	23
Figura 10. SC-FDMA.....	24
Figura 11. Arquitectura LTE .....	26
Figura 12. Arquitectura del Sistema para E-TRAN.....	27
Figura 13. Estación Base .....	35
Figura 14. Estaciones base de telefonía móvil.....	36
Figura 15. Antena Sectorial para LTE .....	39
Figura 16. Antenas Direccionales.....	39
Figura 17. Antenas Omnidireccionales.....	40
Figura 18. Antenas Sectoriales .....	40
Figura 19. Antenas Inteligentes.....	41
Figura 20. Cobertura de antena inteligente .....	42
Figura 21. Sistema de Haz Conmutado .....	43
Figura 22. Sistema de Haz de Seguimiento .....	43
Figura 23. Sistemas de Haz Adaptativo .....	44
Figura 24. Diagrama de Radiación.....	48
Figura 25. Ganancia de una Antena.....	48
Figura 26. Ancho de haz .....	49
Figura 27. Relación D/A .....	49
Figura 28. Ancho de Haz Horizontal y Vertical.....	50
Figura 29. Null Fill .....	51
Figura 30. Downtilt Mecánico .....	52

Figura 31. Downtilt Eléctrico.....	52
Figura 32. Downtilt Mecánico Vs Downtilt Eléctrico.....	53
Figura 33. Vista gráfica de una red PLC para servicio de Internet residencial .	58
Figura 34. Rango de Frecuencias BPL .....	59
Figura 35. Espectro de OFDM.....	61
Figura 36. Características sistemas de modulación en BPL .....	62
Figura 37. Sistemas de la tecnología BPL .....	67
Figura 38. Módem de cabecera Gateway LV (Low Voltage) .....	68
Figura 39. Módem de cabecera Gateway MV (Medium Voltage) .....	68
Figura 40. Módem BPL Tp-Link.....	69
Figura 41. Aplicaciones BPL .....	70
Figura 42. Componentes Sistema Inalámbrico.....	75
Figura 43. Diagrama de conexión de AsteriskNow.....	89
Figura 44. Concesión 4G a CNT .....	93
Figura 45. Área de cobertura 4G en la oficina principal .....	94
Figura 46. Ubicación de las estaciones Base LTE en Google Earth .....	95
Figura 47. Topología de red LTE- WIFI- BPL desde la Oficina Principal hacia la Oficina Sucursal.....	101
Figura 48. Especificaciones técnicas .....	103
Figura 49. Huawei MiFi E5776S.....	104
Figura 50. Trayectoria completa de transmisión entre el transmisor y el receptor.....	105
Figura 51. Ubicación de la EB_LTE4G_1 y la oficina principal.....	112
Figura 52. Cálculo del enlace de Red EB_LTE4G_1 y la oficina principal ....	113
Figura 53. Representación gráfica de la EB_LTE4G_1 y la Oficina Principal	113
Figura 54. Mapa de Cobertura EB_LTE4G_1 y la oficina principal .....	114
Figura 55. Enlace punto a punto .....	116
Figura 56. Especificaciones técnicas .....	117
Figura 57. Gráfico de Reflexión Especular y Difusa .....	118
Figura 58. Difracción de la Onda.....	119
Figura 59. Interferencia Constructiva y Destructiva.....	120
Figura 60. Presupuesto del Enlace .....	124

Figura 61. Línea de Vista .....	127
Figura 62. Cercano a la Línea de Vista .....	127
Figura 63. Sin Línea de Vista .....	128
Figura 64. Zona de Fresnel .....	129
Figura 65. Ubicación de la oficina principal y la oficina sucursal .....	132
Figura 66. Cálculo del enlace desde la oficina principal y la oficina sucursal.	133
Figura 67. Cálculo del enlace desde la oficina sucursal y la oficina principal.	133
Figura 68. Representación gráfica de la Oficina Principal y la Oficina Sucursal .....	134
Figura 69. Mapa de Cobertura oficina principal y oficina sucursal .....	134
Figura 70. Dlink DIR600 .....	135
Figura 71. ADSL: HG531Sv1 .....	136
Figura 72. TP-Link TL-WPA4220KIT .....	138
Figura 73. Tráfico de la red LAN en la oficina principal .....	140
Figura 74. Árbol jerárquico de las estadísticas del protocolo de la of. Principal .....	141
Figura 75. Lista de conversaciones entre dos puntos de la of. Principal .....	142
Figura 76. Tráfico de la red LAN en la oficina sucursal .....	142
Figura 77. Árbol jerárquico de las estadísticas del protocolo de la of. Sucursal .....	143
Figura 78. Conversaciones entre dos puntos de la of. Principal .....	144
Figura 79. Cálculo del ancho de banda para VoIP .....	146
Figura 80. Escalabilidad Vertical .....	147
Figura 81. Escalabilidad Horizontal .....	148
Figura 82. Material y herramientas a usarse .....	169
Figura 83. Ubicación antena Oficina Principal .....	169
Figura 84. Ubicación antena Oficina Sucursal .....	170
Figura 85. Servidor VoIP .....	170
Figura 86. Modem LTE 4G y AP D-Link DIR 600 .....	171
Figura 87. Equipos conectados a la red hibrida en la of. principal .....	171
Figura 88. Equipos conectados a la red hibrida en la of. principal .....	172
Figura 89. Equipos conectados a la red hibrida en la of. sucursal .....	172

Figura 90. Equipos celular conectado a la red hibrida en la of. sucursal.....	173
Figura 91. Velocidad de transmisión red ADSL.....	174
Figura 92. Velocidad de Transferencia en Línea con red ADSL.....	174
Figura 93. Velocidad de transmisión red 4G LTE of. principal .....	175
Figura 94. Velocidad de transmisión red 4G LTE of. sucursal.....	175
Figura 95. Velocidad de Transferencia en Línea con red 4G LTE.....	176
Figura 96. Tráfico que cursa por la oficina mediante red ADSL .....	177
Figura 97. Tráfico que cursa por la oficina mediante red 4G LTE .....	177
Figura 98. Llamada VoIP desde extensión Gerencia 305 a extensión Elizabeth 302 .....	178
Figura 99. Llamada VoIP utilizando PSTN .....	178
Figura 100. Video Llamada VoIP entre of. Principal y of. Sucursal .....	179
Figura 101. Flujos de Fondos Netos del Proyecto.....	180

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tasa de Transferencia.....	22
Tabla 2. Estándares IEEE 802.11 .....	79
Tabla 3. Proveedores LTE 4G.....	92
Tabla 4. Ubicaciones Estación Base .....	95
Tabla 5. Ubicación Oficina Principal.....	95
Tabla 6. Ubicación EB_LTE4G_1.....	96
Tabla 7. Ubicación Oficina Principal.....	96
Tabla 8. Ubicación EB_LTE4G_2.....	97
Tabla 9. Ubicación EB_LTE4G_3.....	98
Tabla 10. Ubicación EB_LTE4G_4.....	99
Tabla 11. Especificaciones técnicas.....	103
Tabla 12. Especificaciones Técnicas .....	104
Tabla 13. Características de los cables.....	107
Tabla 14. Pérdidas de Propagación .....	108
Tabla 15. Resultados de Cálculos.....	111
Tabla 16. Especificaciones técnicas.....	115
Tabla 17. Ubicación Oficina Principal – Oficina Sucursal.....	121
Tabla 18. Resultados de Cálculos.....	131
Tabla 19. Especificaciones Técnicas .....	136
Tabla 20. Especificaciones Técnicas .....	137
Tabla 21. Especificaciones Técnicas en común de los equipos a usar.....	138
Tabla 22. Número de usuarios por oficina y conexión.....	139
Tabla 23. Capacidad de acceso a la Red para los 10 usuarios.....	145
Tabla 24. Cálculo del ancho de banda para VoIP .....	146
Tabla 25. Crecimiento de 5% anual a 5 años.....	149
Tabla 26. Configuración del Servidor VoIP .....	152
Tabla 27. Configuración AP en la Oficina Principal .....	161
Tabla 28. Configuración antenas NanoStation Loco M5 .....	163
Tabla 29. Configuración AP en la Oficina Sucursal.....	166
Tabla 30. Configuración segmento de red BPL.....	167

Tabla 31. Cuadro de Costos de inversión para el prototipo .....	182
Tabla 32. Cuadro de Costos de inversión .....	184
Tabla 33. Cuadro de Costos de Operación .....	185
Tabla 34. Cuadro de Costos de Producción.....	185
Tabla 35. Cuadro de Costo de Venta .....	186
Tabla 36. Cuadro de gastos Administrativos .....	186
Tabla 37. Cuadro de costos Financieros .....	187
Tabla 38. Cuadros de los Costos Totales .....	187
Tabla 39. Cuadro de Depreciación de Equipos de Comunicación .....	188
Tabla 40. Cuadro de Costo del Producto con margen de Ganancia .....	189
Tabla 41. Cuadro de Volumen de Ventas Estimado.....	189
Tabla 42. Cálculo del CMPC .....	191
Tabla 43. Flujo de Fondos Neto .....	191
Tabla 44. Criterios de Decisión .....	192
Tabla 45. Criterios de Decisión .....	193
Tabla 46. Criterios de Decisión .....	195

## INTRODUCCIÓN

### Descripción de la realidad problemática

Hace varios años la utilización de redes cableadas permitían la conexión con computadoras, escáneres, impresoras y otros equipos para transmitir datos. Las fallas de las redes cableadas en una empresa generaban un retraso en el trabajo y grandes pérdidas de dinero.

Actualmente las redes de información forman parte fundamental en la operatividad de las entidades financieras, multinacionales y gubernamentales en el Ecuador; estas requieren de redes de datos seguras, con altas tasas de transmisión y escalables; sin embargo sus actuales diseños de redes no cumplen en su totalidad lo requerido. Es así que aparecen las redes híbridas o también llamadas topologías de redes híbrida que ofrecen muchas ventajas para la transmisión de datos, por ejemplo permiten a los usuarios enviar y recibir información de forma rápida, compartir recursos y reducir gastos.

Estas redes o topologías de redes híbridas usan combinaciones de tecnologías de comunicación tales como: fibra óptica-WIFI, coaxial-fibra óptica, etc. Sin embargo en la actualidad existen nuevas tecnologías que proporciona un gran número de conexiones y caminos de transmisión de datos: como es la utilización de las redes eléctricas (BPL) para el propósito de comunicaciones, la de redes inalámbricas (LTE 4G) muchos más potentes y de los equipos de comunicaciones, que cumplan con los estándares de comunicación de IEEE 802.11, convirtiéndose así en la mejor solución para tener una elevada tasa de transmisión llegando a satisfacer los requerimientos de cliente.

La tecnología BPL (Breaban Poder Line) ha evolucionado muy notablemente desde su aparición, por ejemplo en Europa y Asia desde 1999 ha obtenido los mejores avances que los Estados Unidos, pero actualmente España y Portugal

están a la cabeza en BPL al ser los mayores desarrolladores de esta tecnología;

Los adaptadores Powerline permiten transferir videos de alta definición y en 3D, además de ser inmunes al ruido que se encuentra en la red de corriente eléctrica.

Los equipos de BPL cuentan con especificaciones técnicas que hacen posible que la red eléctrica se constituya en una alternativa más para la transferencia de datos en altas velocidades. Entre las especificaciones técnicas a tomar en cuenta para los equipos BPL son el tipo de modulación en los que trabajan estos equipos, para disminuir el ruido en la red eléctrica.

Es indispensable tomar en cuenta que la tecnología BPL, dentro de las normativas de telecomunicaciones en el Ecuador establece políticas y lineamientos de operación de los equipos creando un entorno de desarrollo armónico de la tecnología junto a otros servicios de telecomunicaciones ya existentes. Debemos considerar que BPL actualmente está en capacidad de soportar y difundir tráfico de voz y datos convirtiéndose en una alternativa confiable para la transmisión de datos en redes de banda ancha aprovechando la capilaridad del tendido eléctrico.

La tecnología LTE (Long Term Evolution) es la evolución de la 3GPP UMTS más conocida como 3G, y con el avance de la tecnología llega a convertirse a lo que ahora conocemos 4G. De acuerdo a la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, más usuarios acceden a los servicios de la red LTE 4G, por ser una red con altas tasas de transferencia, y máxima velocidad de transmisión de datos.

WIFI es la abreviatura de Wireless Fidelity, es una tecnología de comunicación de red inalámbrica, donde los equipos y dispositivos que soportan esta tecnología pueden comunicarse sin necesidad de cables, utilizan puntos de accesos como router, modem que reciben la señal de las operadoras móviles y

comparten el servicio de internet a equipos que se encuentran alrededor de los puntos de acceso.

Trabaja con el estándar 802.11 y sus variantes n, g, b con bandas que van desde 2,4GHZ y alcanzan velocidades de hasta 300 Mbit/s.

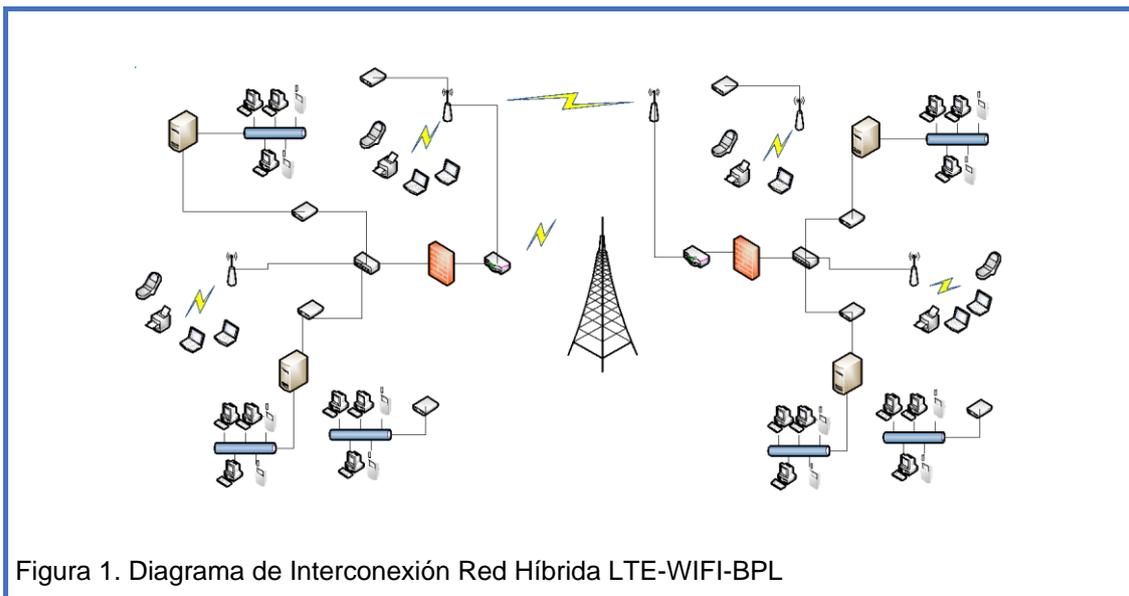
## **Alcance**

El alcance de este proyecto es implementar un prototipo que integre tecnologías de redes de comunicación: LTE (Long Term Evolution), BPL (Broadband Power Line) y WIFI (Wireless Fidelity) para el servicio de transmisión de datos, Internet y de VoIP.

Para ello se realizará:

- Estudio de las ventajas y desventajas de las tecnologías LTE, WIFI, BPL planteadas para este estudio.
- Análisis de costo beneficio para la implementación de una red híbrida con tecnologías LTE, BPL, WIFI.
- Análisis y estudio de la Última Milla LTE.
- Implementar un servidor VoIP para enviar la señal de voz mediante el internet empleando un protocolo IP (Protocolo de Internet).
- Administrar el internet y ancho de banda dentro de la oficina, y ampliar la conectividad en áreas que quedaría fuera del alcance de un router inalámbrico.

Para cumplir con lo mencionado se utilizará los conocimientos obtenidos en las materias de telecomunicaciones y redes, aplicando el estándar de las Tecnologías de las redes LTE, BPL, WIFI. Para confirmar se realizará un prototipo para implementar las tres tecnologías mencionadas para el servicio de transmisión de datos, Internet y de VoIP.



### Justificación de la Investigación

Se ha identificado que las empresas y organizaciones financieras, multinacionales y gubernamentales, al manejar gran cantidad de datos y realizar miles de transacciones diarias, hacen que sus redes de comunicación colapsen ocasionando: caídas del servicio de VoIP, lentitud al acceso a las aplicaciones y pérdidas de información; lo que produce molestias a los usuarios y pérdidas económicas. Dichas empresas u organizaciones buscan que la transmisión de la información sea segura, confiable, y transmitida en forma oportuna y precisa; por esta razón este proyecto está enfocado principalmente a la implementación de una red híbrida que combine las tecnologías LTE, WIFI, BPL con el propósito de brindar una solución fiable que permita diseñar y construir redes más confiables, con altas tasas de transmisión de datos, tolerantes a fallos, diagnosticándolos y aislándolos de manera eficiente.

Estas redes híbridas son más flexibles, ya que se adaptan a topologías con configuraciones distintas para integrar nuevos componentes de hardware como puntos de concentración adicionales sin necesidad de rediseñar la red; esto permite combinar las características de otras topologías para ser más eficiente.

La topología de red híbrida puede utilizar varias topologías para conectarse y su implementación se debe al aumento en el número de dispositivos; sin embargo la utilización de tipologías tales como: anillo en estrella y bus en estrella permitirán administrar de manera más eficiente a la red.

En resumen con la implementación de este proyecto se asegura que la red será tolerante a fallos, tendrá una escalabilidad a futuro para instalar más equipos a la red y ofrecerá una mejor administración del ancho de banda; estos beneficios evitarán pérdidas económicas a las empresas y organizaciones en las que implementen este prototipo.

### **Objetivo General**

Implementar un prototipo de una red híbrida con tecnologías LTE, BPL, WIFI, para el servicio de transferencia de datos y comunicación de voz sobre IP, que permita tener una red tolerante a fallos, mejorar el ancho de banda, y tener una escalabilidad para incluir más equipos en la red de empresas y organizaciones financieras, multinacionales y gubernamentales.

### **Objetivos Específicos**

- Determinar las características necesarias para la implementación de la red híbrida LTE, BPL, WIFI.
- Implementar un prototipo de una red híbrida combinando tecnologías LTE, BPL, WIFI.
- Análisis referencial del marco legal de las tecnologías BPL y LTE en Ecuador
- Diseño del servidor VoIP con salida hacia la PSTN(Red Telefónica Pública Conmutada)

## **Capítulo I: MARCO TEÓRICO**

### **1.1 Antecedentes de la Investigación**

#### **1.1.1 Red de Computadoras**

Las redes de Computadoras es un grupo de equipos de computación o dispositivos electrónicos que están conectados por cables de red o señales inalámbricas que transmiten información, servicios o recursos.

#### **1.1.2 Clasificación de las redes**

##### **1.1.2.1 Redes por su alcance**

Las redes de Computadoras se clasifican de acuerdo a la escala o el grado del alcance de la red.

##### **1.1.2.1.1 Red de Área Personal (PAN)**

La Red de Área Personal es una red utilizada para la comunicación entre diferentes computadores, teléfonos móviles, access point e impresoras, el alcance de esta red es para distancias cortas, es decir son redes centradas en el usuario para la comunicación con estos equipos.

##### **1.1.2.1.2 Red de Área Local (LAN)**

La red de Área Local es una red que permite transferir información a computadores en una área pequeña, se conectan mediante cable de red UTP o Coaxial sus velocidades oscilan entre los 10 a 100 Mbps, su característica principal es que incrementan la productividad y la eficiencia en la transmisión de la información en las oficinas

#### **1.1.2.1.3 Red de Área de Campus (CAN)**

La red de Área de Campus o Campus Área Network, es una red que conecta redes de locales a alta velocidad mediante un área geométrica limitada es utilizada en hospitales, universidades, colegios, y no utiliza medios públicos para la interconexión.

#### **1.1.2.1.4 Red de Área Metropolitana (MAN)**

La red de Área Metropolitana, es una red pública o privada más grande que la red local se caracteriza por soportar datos y voz, está conectada por medio de uno o varios cables, no tiene intercambio de paquetes o conmutadores y utiliza los mismo medios de difusión que la red de área local, maneja el estándar IEE 802.6 o Distributed Queue Bus.

#### **1.1.2.1.5 Red Metro Ethernet**

La Red Metro Ethernet es conocida como redes multiservicio, trabajan con tráfico RTP en tiempo real para telefonía y video basado en IP, el tráfico es sensible al jitter y retardo, se caracterizan por soportar una amplia gama de aplicaciones y servicios.

#### **1.1.2.1.6 Red Next Generation Networking (NGN)**

La Red Next Generation Networking o conocidas con el termino all-IP, es una red que adapta la configuración de los actuales servicios de multimedia para datos, voz y video en las nuevas infraestructuras de acceso telefónico y telecomunicaciones, se caracterizan por transportar la información encapsulada de paquetes por medio del internet utilizando el protocolo IP.

#### **1.1.2.1.7 Red de Área Amplia (WAN)**

La Red de Área Amplia o Wide Área Network, es una red que transportan una gran cantidad de datos cubriendo una amplia zona geográfica, país o continente, se caracterizan por utilizar la capa física , la capa de transmisión de datos y la capa de red del modelo OSI.

#### **1.1.2.1.8 Red de Área de Almacenamiento (SAN)**

La Red de Área de Almacenamiento o Storage Área Network, es una red que se caracteriza para conectar arrays de discos, librerías de soporte y servidores, la ventaja es que no afectan las redes que utilizan los usuarios con la transmisión de los datos.

#### **1.1.2.1.9 Red de Área Local Virtual (VLAN)**

La Red de Área Local o Virtual LAN, es una red que comparten recursos y requerimiento con otro grupo de computadoras, se caracteriza por comunicarse con otros nodos mediante el broadcast utilizando la capa de enlace de datos a pesar que se encuentren en diferentes localizaciones.

#### **1.1.2.2 Redes por tipo de conexión**

Las redes de computadores por tipo de conexión se clasifican de acuerdo a la tecnología para conectar equipos o dispositivos individuales de la red.

##### **1.1.2.2.1 Medios Guiados**

Los medios Guiados utilizan para la transmisión de datos componentes físicos y sólidos estos son:

- Cable de par trenzado
- Cable coaxial
- Fibra óptica

#### **1.1.2.2.2 Medios no guiados**

Los Medios no Guiados cubren grandes distancias y hacia cualquier dirección. La transmisión y recepción de la información lo realizan a través de antenas, las mismas que deben tener línea de vista cuando la comunicación es una transmisión direccional, puesto que si se trata de una transmisión omnidireccional, esta señal se propaga en todas las direcciones. Entre estas tenemos:

- Red por radio
- Red por infrarrojo
- Red por microondas

#### **1.1.2.3 Redes por relación funcional**

Estas redes tienen la función principal que pueden compartir recursos entre todas las computadoras de red siempre cuando los usuarios tengan autorización del sistema.

##### **1.1.2.3.1 Peer to Peer**

Red punto a Punto o Peer to peer es una red de computadoras en la que no se tiene un rol específico si es cliente o servidor, pero comparten la disposición de sus recursos y que generalmente son discos e impresoras. Estas redes son redundantes y confiables, realizan una comunicación multipunto si existen fallas en alguno de los nodos, sin depender de la infraestructura multicast de IP, lo que la hace una estructura muy simple pero difícil de controlar los recursos.

##### **1.1.2.3.2 Cliente/Servidor**

Esta arquitectura mantiene una estructura definida pues se tiene claro quiénes son servidores y clientes, cada cliente y servidor se llama nodo. Esta

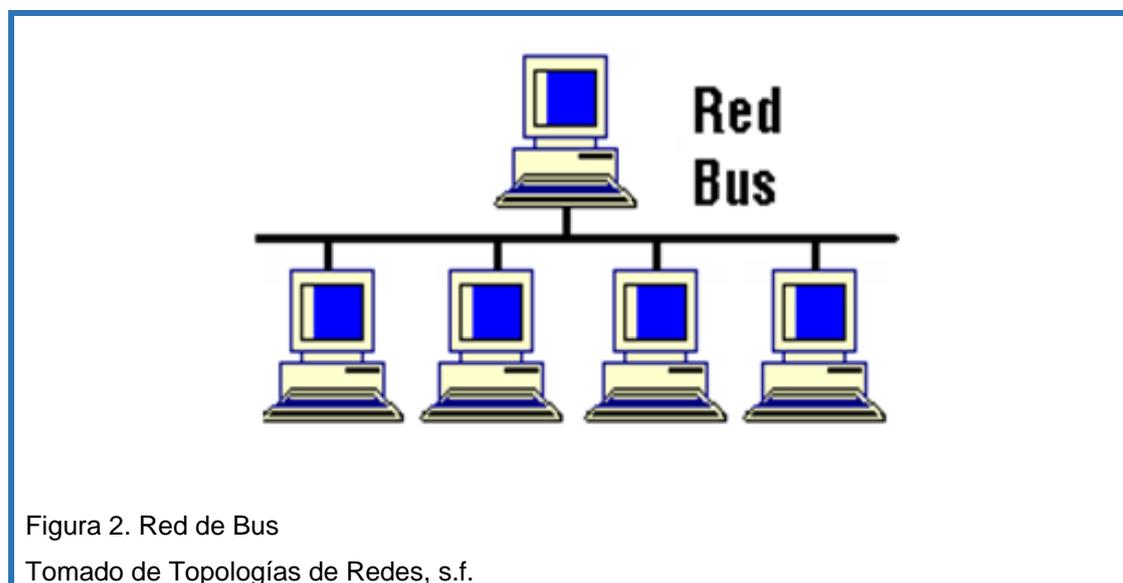
arquitectura es mucho más fácil de administrar, debido a su flexibilidad, escalabilidad e interoperabilidad.

#### 1.1.2.4 Por topología de red

Para crear una red es importante conocer la arquitectura de red para conocer cómo están conectados los diferentes equipos de computación.

##### 1.1.2.4.1 Red Bus

Esta topología tiene un único canal de comunicaciones para conectar los diferentes dispositivos (nodos). La información emitida por un nodo se propaga a todos los demás nodos. Los nodos deben conocer si la información está destinada para cada uno de ellos. El problema es que si el enlace falla todos los nodos se quedan aislados provocando la caída del sistema de la red.

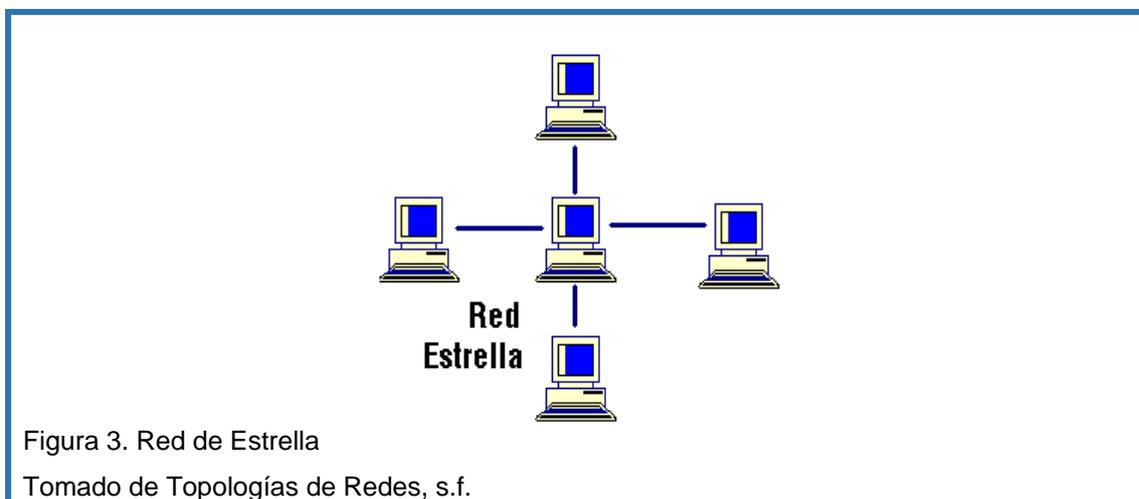


##### 1.1.2.4.2 Red Estrella

Esta topología reduce la posibilidad de fallo de red debido a que todos los elementos de la red están directamente conectados por un enlace punto a punto al nodo central de la red, este nodo central lo que hace es recibir todas

las transmisiones recibidas y las reenvía a todos los nodos de la red. Un fallo que se produzca en esta topología en la conexión de un nodo con el nodo central solo provocaría que este nodo sea aislado de la red y el resto del sistema se mantenga intacto. El nodo que central que se usa en esta topología es el switch.

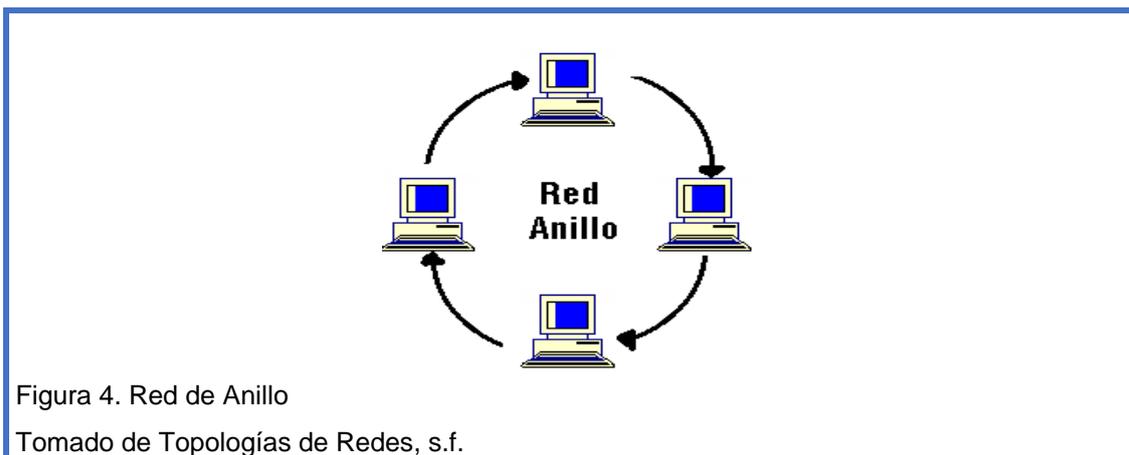
El tráfico que recae sobre el nodo central ya que es muy grande y va en aumento de acuerdo a como la red vaya creciendo es una desventaja, además la falla del nodo central deja inoperante toda la red.



#### 1.1.2.4.3 Red Anillo

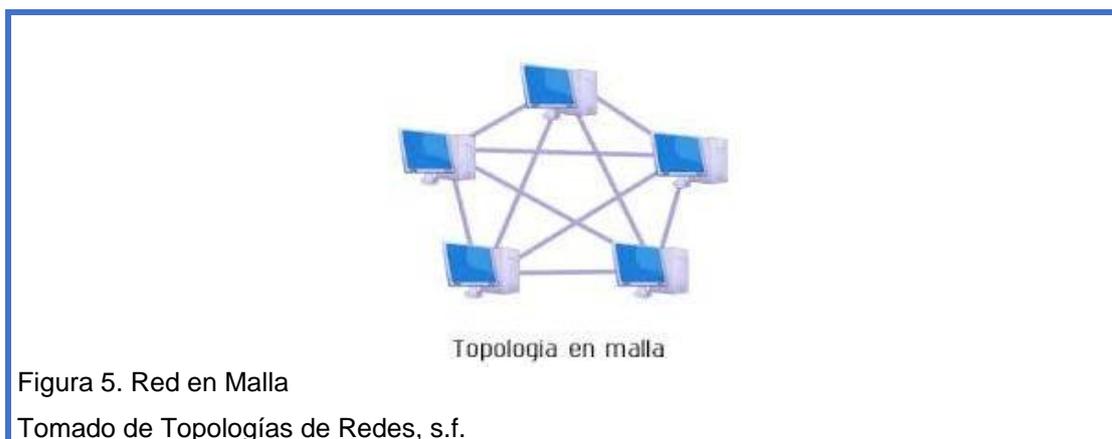
En la topología red anillo los nodos están unidos en forma de círculo conectados por un cable en común, el último nodo se conecta con el primero cerrando el anillo. Cada nodo del anillo examina la información que circula por esta en un solo sentido si no es dirigida es ese nodo pues es enviada de nuevo a través del anillo.

Como desventaja tiene que si un nodo pierde conexión toda la red se cae mientras se arregla o reemplaza dicho nodo.



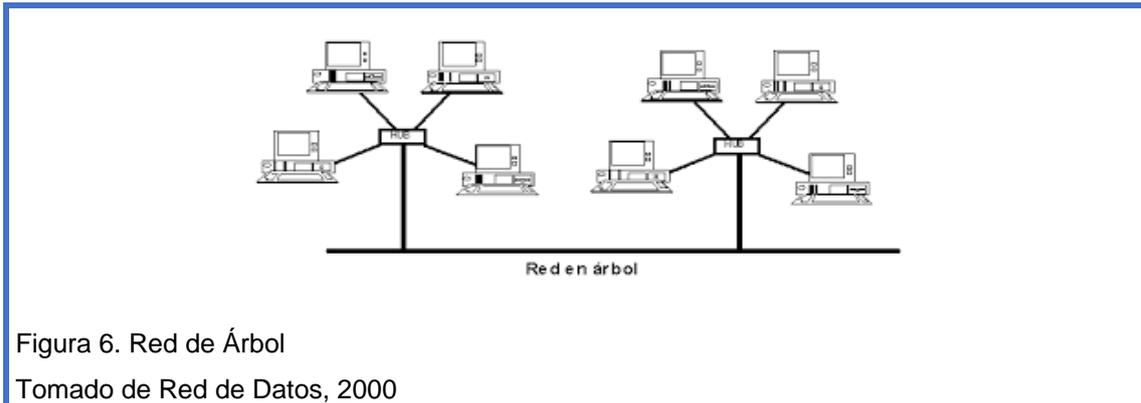
#### 1.1.2.4.4 Red en Malla

La red malla es caracterizada por contener múltiples caminos donde si un camino está congestionado o falla por toda la información que circula por este, el paquete puede tomar otro camino y llegar a su destino.



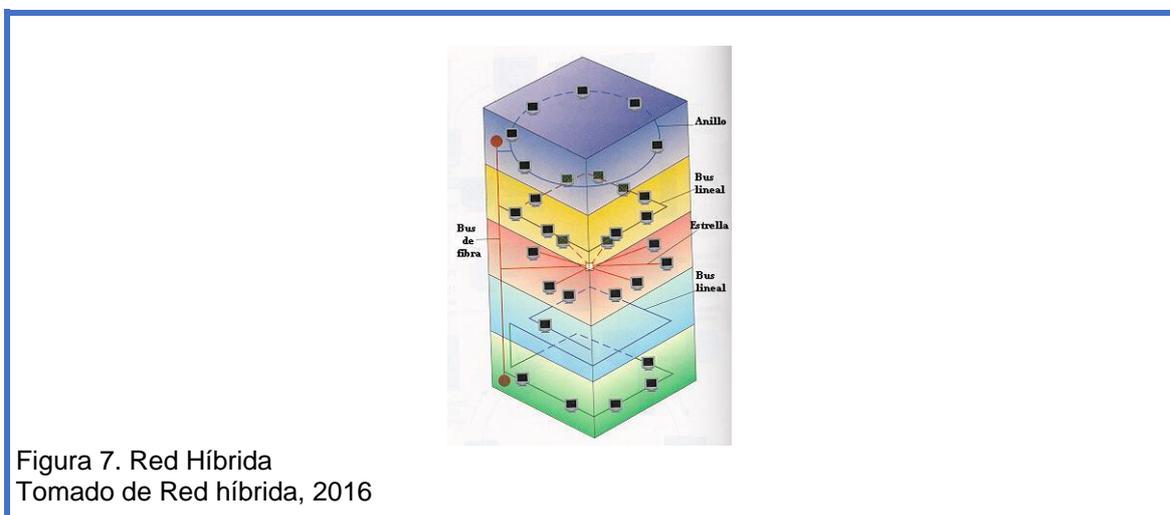
#### 1.1.2.4.5 Red en Árbol

Esta topología está formada por unas varias redes en estrella y están ordenadas en una jerarquía. La desventaja que presenta este tipo de topología es que si existe un fallo en un nodo puntual, este nodo se queda aislado de la conexión y si se trata de un nodo central toda la red pierde conexión.



#### 1.1.2.4.6 Red Híbrida

Esta topología es confiable y versátil ya que proporcionan un gran número de conexiones y caminos de transmisión de datos para los usuarios. La estrella, el bus lineal y el anillo se combinan para formar este tipo de redes. Anillo en estrella es utilizada para facilitar la administración de la red. Bus en estrella, esta físicamente cableada por medio de concentradores como una estrella. Estrella jerárquica, es la más utilizada en las redes actuales.



#### 1.1.2.5 Redes por el tipo de transmisión

Estas redes se pueden clasificar por el tipo de direccionamiento de datos y se tiene de la siguiente forma:

#### **1.1.2.5.1 Simplex (Unidireccional)**

Es aquella que ocurre solamente en una dirección, un terminal de datos transmite y otro recibe. Normalmente la transmisión simplex no se utiliza donde se requiere la interacción humano-máquina como por ejemplo la radiodifusión de radio y televisión.

#### **1.1.2.5.2 Half-Duplex (bidireccionales)**

La transmisión permite que se de en ambas direcciones pero no es simultáneo, es decir, solo un equipo transmite a la vez ya que tanto el transmisor como el receptor comparten una sola frecuencia. Cuando el transmisor completa la transmisión, El receptor debe ser comunicado para empezar a transmitir.

#### **1.1.2.5.3 Full-Duplex (bidireccionales)**

Full- Duplex transmite en ambas direcciones y de forma simultánea, transmitir y recibir, existen 2 frecuencias una para transmitir y otra para recibir. El ejemplo típico de esta transmisión es la telefonía

### **1.1.3 Internet**

El internet es una gran red que interconecta varios computadores entre sí creando una gran red de intercomunicación mediante un conjunto de reglas que determinan su forma de comunicación utilizando un lenguaje común o protocolo conocido como TCP/IP. Internet realiza sus interconexiones mediante fibra óptica, red eléctrica, cable de red y vía satélite.

TCP/IP (Protocolo de control de transmisión/Protocolo de Internet) es un conjunto de protocolos de red específicos que permite a un computador comunicarse a una red de extremo a extremo donde se especifica como los datos deberían ser transmitidos, direccionados, enrutados y recibidos por el

usuario destinatario, por tal motivo este protocolo es considerado el motor de internet.

Internet tiene principales conexiones troncales que son conocidas con backbone compuesta de un gran número de router que llevan datos a través de países unidos por puntos de acceso, que se los conoce como NAP que sirven para intercambiar tráfico entre portadores e ISPs.

Internet se ha convertido en una ayuda en la investigación de trabajos, en el conocimiento general ya que posee un sin número de páginas web que contienen información, es de fácil acceso a páginas de diferentes partes del mundo.

### **1.1.3.1 Reseña Histórica**

La historia de Internet empieza cuando con el desarrollo de las redes, la comunicación estaba enfocada para transmitir información entre usuarios de varias computadoras.

En el Ecuador, en el año 1991, la Corporación Interinstitucional de Comunicación Electrónica Itercom, estableció el primer nodo y Ecuánex fue la primera empresa en proveer internet, esta red formaba parte de la red mundial del Institute for Global Communications/Alliance for Progressive Communications (IGC/APC), la misma que provee este servicio a organizaciones no gubernamentales y de desarrollo, como por ejemplo el Centro Andino de Acción Popular, FLACSO, Acción Ecológica, la Universidad Andina Simón Bolívar entre otras.

En octubre del 1992 se instaló un segundo nodo, llamado Ecuánex por la Corporación Ecuatoriana de Información, entidad sin fines de lucro auspiciada por el Banco del Pacífico, la ESPOL, La Universidad Católica de Guayaquil y otras entidades.

En los años 90 a pesar de la escasa apertura del Internet en el país, el diario Hoy, fue el primer periódico del país en publicar un boletín informativo en formato digital, dos años después se creó una página web donde se pudo visualizar en formato digital la primera página del diario Hoy.

En el 2001 se dejó de usar enlaces satelitales entre Quito y Guayaquil ya que se instalaron los primeros anillos de fibra óptica por parte de Andinatel y Pacifictel. Entre el 2011 y 2012, 23 provincias del país se conectan a Internet a través de redes de fibra óptica con lo que se ha llegado a una penetración de internet del 54,58%.

### **1.1.3.2 Proveedor de Servicio de Internet ISP**

Los proveedores de servicios de internet Service Provider proporcionan a sus usuarios varios servicios tales como: el acceso a internet, alojamiento del nombre del dominio, registro de nombres al dominio, el acceso a las comunicaciones de datos y conexión telefónica. Internet es un sistema global de redes de computadoras interconectadas en el mundo. Internet utiliza una amplia variedad de tipo de redes como inalámbricas, redes ópticas o red híbridas que usan la combinación de diferentes tecnologías de red.

#### **1.1.3.2.1 Diferentes Tipos de Proveedores de Internet**

En la Actualidad existen diferentes tipos de proveedores de servicio de Internet que incluyen acceso al buzón de correo, espacio en el servidor, vídeos, descarga de música, georreferenciación de lugares, etc.

##### **➤ ISP de Acceso**

Emplean tecnologías que incluyen banda ancha o conexión por línea conmutada que facilitan la conexión a los usuarios, prestan servicio email y servicios de servidores, conexiones permanentes de banda

ancha, servicio de fibra óptica (FIOS), DSL (Digital Subscriber Line), cable compuesto y satélite.

➤ **ISP de Buzón de correo**

Ofrecen servicios de servidor de buzón de email y servidores de email para enviar, recibir y almacenar email. Muchos ISP de buzón de correo son también proveedores de acceso.

➤ **ISP de Servidores**

Ofrecen servicio de Protocolo de Transferencia de Archivos (FTP), email, máquinas virtuales, servicios de servidores web y servidores de cloud y físicos.

➤ **ISP de Tránsito**

Ofrecen servicios para conectar los ISP de acceso e ISP de servidores proporcionando grandes cantidades de ancho de banda.

➤ **ISP Virtuales (VISP)**

Compran servicios de otros ISP para ofrecer el servicio de acceso a Internet a sus clientes.

➤ **ISP gratuitos (freenets)**

Ofrecen servicio de forma gratuita y a menudo muestran anuncios mientras los usuarios están conectados.

### **1.1.3.2.2 Tipos de Conexiones de los ISP**

Los tipos de conexión a Internet, se clasifican en:

- Acceso Telefónico (Dial-Up)
- Acceso por ADSL (Línea Digital de Suscriptor Asimétrica, Asymmetric Digital Subscriber Line)

- Acceso por Cable modem (CATV: Community Antenna Television)
- Acceso por Red de Telefonía Móvil (UMTS,HSDPA)
- Acceso Inalámbrico (WPAN, PAN, WLAN,WMAN)
- Acceso Satelital (DVB-SI)
- Acceso por Fibra Óptica (FTTH)
- Acceso por Línea Eléctrica (BPL)

## **1.2 Generalidades de la tecnología LTE**

### **1.2.1 Evolución de las tecnologías Móviles en el Ecuador**

A finales de 1993, las operadoras: CONECEL S.A. y OTECEL S.A., inician el servicio móvil en el Ecuador, la primera inicia con el nombre de PORTA y en la actualidad se la conoce como CLARO, la segunda inicia con el nombre Celular Power, luego Bellsouth y actualmente llamada Movistar). En el año 2003 entra en operación una tercera operadora TELECSA, que inicia con el nombre de Alegro y actualmente se la conoce como CNT

En el Ecuador el sistema celular ha evolucionado de la siguiente manera:

#### **1.2.1.1 Primera Generación (1G)**

1G se caracterizaron por usar la técnica FDMA o Acceso Múltiple por División de frecuencia, la transmisión es de tipo analógico de servicio de voz de baja calidad, lo que hacía a estos sistemas limitados en relación al número de usuarios y no existía seguridad. La tecnología predominante de esta generación es AMPS (Advanced Mobile Phone System) desarrollada por los laboratorios Bell.

### **1.2.1.2 Segunda Generación (2G)**

2G se caracteriza por usar sistemas TDMA, GSM y CDMA, la transmisión es de tipo digital, lo que produjo la reducción de costo tamaño, consumo de potencia en los dispositivos móviles. La transmisión de voz y datos digitales son de volúmenes bajos, por ejemplo; identificador de llamadas, conferencia tripartita, mensajes de texto (SMS siglas en inglés de Servicio de mensajes cortos), mensajes multimedia (MMS siglas en inglés de Servicio de mensajes multimedia), entre otros.

Con los sistemas 2G se logra incrementar las velocidades de transmisión de información, tienen mayor seguridad, calidad de voz y de roaming.

#### **1.2.1.2.1 TDMA**

La Multiplexación por División de Tiempo TDMA, es una técnica de transmisiones digital que consiste en distribuir en el canal de transmisión, unidades de información en diferentes slot de tiempo para aprovechar de mejor manera el medio de transmisión.

#### **1.2.1.2.2 GSM**

GSM en sus siglas en inglés, (Sistema Global para las Telecomunicaciones Móviles) es un sistema digital para comunicar telefonía móvil, muy utilizado en el mundo y usa una combinación de técnicas de acceso múltiple TMDA y FDMA; se caracteriza por que permite enviar datos digitalizados y comprimidos mediante computadores, teléfonos móviles, Tablet.

#### **1.2.1.2.3 CDMA**

Para el año 1992 en el Ecuador, se desarrolló un sistema celular basado en CDMA (técnica de acceso múltiple) implementado por la compañía Qualcomm, a mediados de 1993 esta técnica es modificada y adaptada por TIA la cual

adquirió el nombre de CDMA ONE. Finalmente en el año 1995 el operador Hutchison Telecom lanzó un sistema comercial basado en esta tecnología.

#### **1.2.1.3 Segunda Generación y Media (2.5G)**

La generación 2.5G aparece para optimizar las redes 2G, implementando las siguientes tecnologías: HSCSD mejoró la transmisión de datos, GPRS utilizó servicios WAP para la transmisión de paquetes de datos y finalmente EDGE mejoró la tasa de datos de GPRS.

#### **1.2.1.4 Tercera Generación (3G)**

La generación 3G aparece en el Ecuador para optimizar la 2.5G implementando mejoras tales como: ancho de banda asimétrico en enlaces de red ascendente y descendente, conectividad virtual todo el tiempo a la red, calidad de servicio configurable (QoS), integración de nuevas tecnologías con respecto a equipos o dispositivos con tecnología 3G.

#### **1.2.1.5 Cuarta Generación (4G)**

Después de la evolución de la tecnología móvil en el Ecuador aparece 4G, la misma que brinda mejores beneficios en cuanto a la alta velocidad de transmisión de la información; se caracteriza por utilizar el protocolo IP manteniendo una afinidad con las redes cableadas y redes inalámbricas.

En el Ecuador existen redes 4G implementadas por los concesionarios de servicio móvil, tal como se muestra en la figura 8.

**PARTICIPACIÓN DE MERCADO DEL SERVICIO DE VALOR AGREGADO DE INTERNET A TRAVÉS DE  
ACCESO MÓVIL MARZO 2015**

<b>Servicio de Valor Agregado de Internet</b> <b>Proveedores del SMA</b>		
		 Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones
Fecha de publicación: Marzo 2015		
CONCESIONARIO	LINEAS ACTIVAS DE DATOS *	٪ DE PARTICIPACIÓN
CNT E.P.	384.133	7,42%
CLARO (CONECEL S.A.)	3.218.349	62,16%
MOVISTAR (OTECEL S.A.)	1.575.330	30,42%
<b>TOTAL</b>	<b>5.177.812</b>	<b>100%</b>
<b>DENSIDAD</b>	<b>32,18%</b>	

Figura 8. Servicios de valor Agregado de Internet

Tomado de Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL), 2015

### 1.2.2 Introducción a la Tecnología LTE

Las tecnologías móviles han avanzado progresivamente desde sus inicios, como análoga y luego evolucionando a digital, a partir de ese momento se ha optimizado y potenciado sus características.

Actualmente estas tecnologías han evolucionado a su Cuarta Generación 4G, y LTE (Long Term Evolution).

### 1.2.3 Definición

LTE es una tecnología inalámbrica que ha evolucionado de GSM, es el estándar más utilizado a nivel mundial; utiliza OFDMA (Multiplexación de Frecuencia- División Ortogonal) permitiendo tener gran velocidad de transmisión de datos y combinado con una arquitectura de red basada en el protocolo Internet (IP); esto ayuda a tener una mejor utilización del ancho de banda y el espectro.

Las velocidades de LTE superan los 100 Mbps, y acceden a contenidos de multimedia de alta definición y juegos on-line desde cualquier momento y cualquier lugar. Los usuarios pueden descargar archivos, películas, música en pocos segundos usando sus dispositivos móviles sin recurrir a PC portátiles y escritorio desde el hogar o lugar público.

El término de LTE evolucionó de 3GPP (3rd generation Partnership Project), para mejorar la red de acceso a UMTS, o lo que sería el reemplazo de HSPDA. La tecnología LTE tiene:

Tabla 1. Tasa de Transferencia

LTE	Tasa pico	Antenas	Espectro de Frecuencia
Down link	326,5 Mbps	4x4	20MHz
	172Mbps	2x2	20MHz
Uplink	86,5 Mbps	2Rx	20MHz

LTE se ha diseñado con el objetivo de apoyar el tráfico de conmutación de paquetes para mejorar calidad de servicio y obtener una latencia mínima, logrando así velocidades mucho más altas, así como también una latencia de los paquetes considerablemente más baja, que es un requisito cada vez mayor para muchos servicios modernos, como vídeo bajo demanda.

#### 1.2.4 Sub-Portadora

Una sub-portadora es una portadora de banda angosta que se usa en comunicaciones basadas en OFDM. Estas sub-portadoras serán distribuidas sobre toda la banda de frecuencias asignadas al usuario creando un espectro de hasta 1200 bandas angostas y portadoras ortogonales.

## 1.2.5 Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal (OFDM)

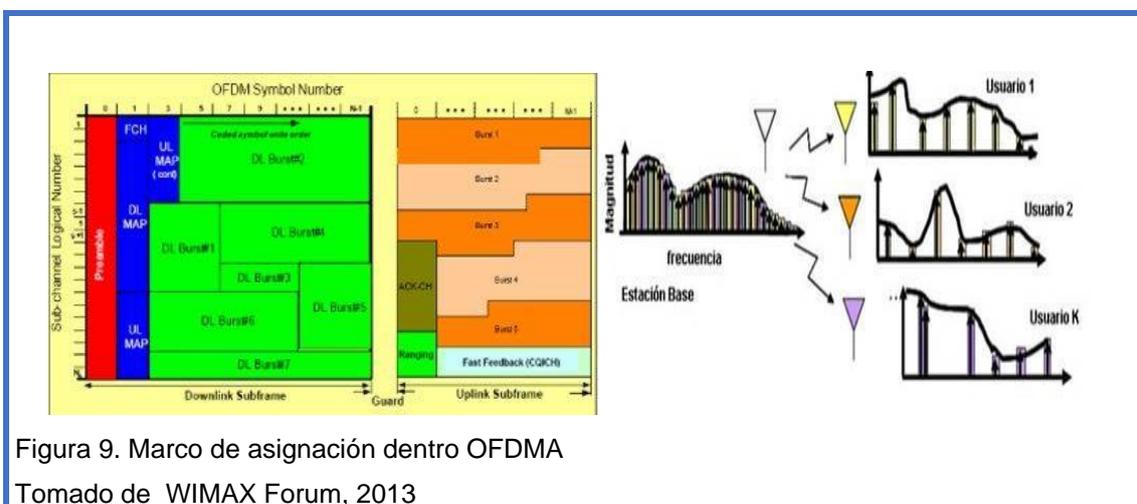
La Multiplexación por División de frecuencia OFDM (Orthogonal Frequency División Multiplex), es una técnica de transmisión de modulación digital, que consiste en dividir el espectro disponible en varios subcanales, dejando espacios de banda de guarda, es decir dejar espacios antes y después de cada frecuencia de la onda portadora, con esto se evita interferencias entre portadoras. Las propiedades de Ortogonalidad de las subportadoras permiten la transmisión simultánea de las ondas de frecuencias.

## 1.2.6 Técnicas de múltiple acceso SC-FDMA y OFDMA

### 1.2.6.1 OFDMA

OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) es una técnica de acceso múltiple que es muy utilizada en el enlace descendente de LTE, se caracteriza porque permite la Multiplexación a muchos usuarios teniendo el acceso flexible a las subportadoras.

OFDMA no necesita banda de guarda por lo que provee una mayor eficiencia espectral y es más robusto ante la interferencia intersimbólica durante la propagación multicamino en el canal de radio.



### 1.2.6.2 SC-FDMA

La técnica de acceso múltiple SC-FDMA es utilizada para el enlace ascendente de LTE, es muy similar a técnica OFDM, con la variante que utiliza amplificadores menos costosos en el terminal y disminuye el consumo de energía y efectuando una pre codificación de los símbolos a transmitir previa al proceso de transmisión OFDM, lo que permite reducir las variaciones en la potencia instantánea.

El amplificador de radiofrecuencia trabaja con un nivel de potencia constante para transmitir las señales hacia la antena de la Estación Base.

La técnica OFDM tiene picos de potencia que no son favorables para los dispositivos móviles, pero para la estación base no es un problema, para cubrir con este tema LTE utiliza el esquema de modulación SC-FDMA que combina los picos que tienen los sistemas de portadora simple bajos y la disminución de la interferencia por multicamino que ofrece la OFDM para la comunicación del móvil a la estación base.

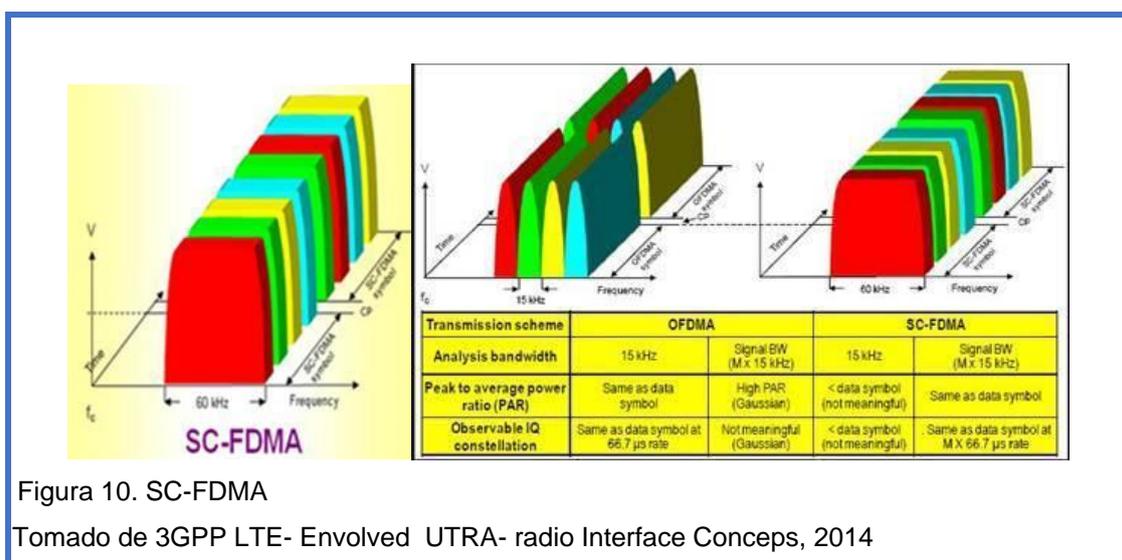


Figura 10. SC-FDMA

Tomado de 3GPP LTE- Evolved UTRA- radio Interface Concepts, 2014

### 1.2.7 Arquitectura general del sistema LTE

La arquitectura del sistema LTE se denomina formalmente como Sistema de Paquetes Evolucionados EPS (Evolved Packet System). Este sistema está compuesto por componentes fundamentales del sistema LTE:

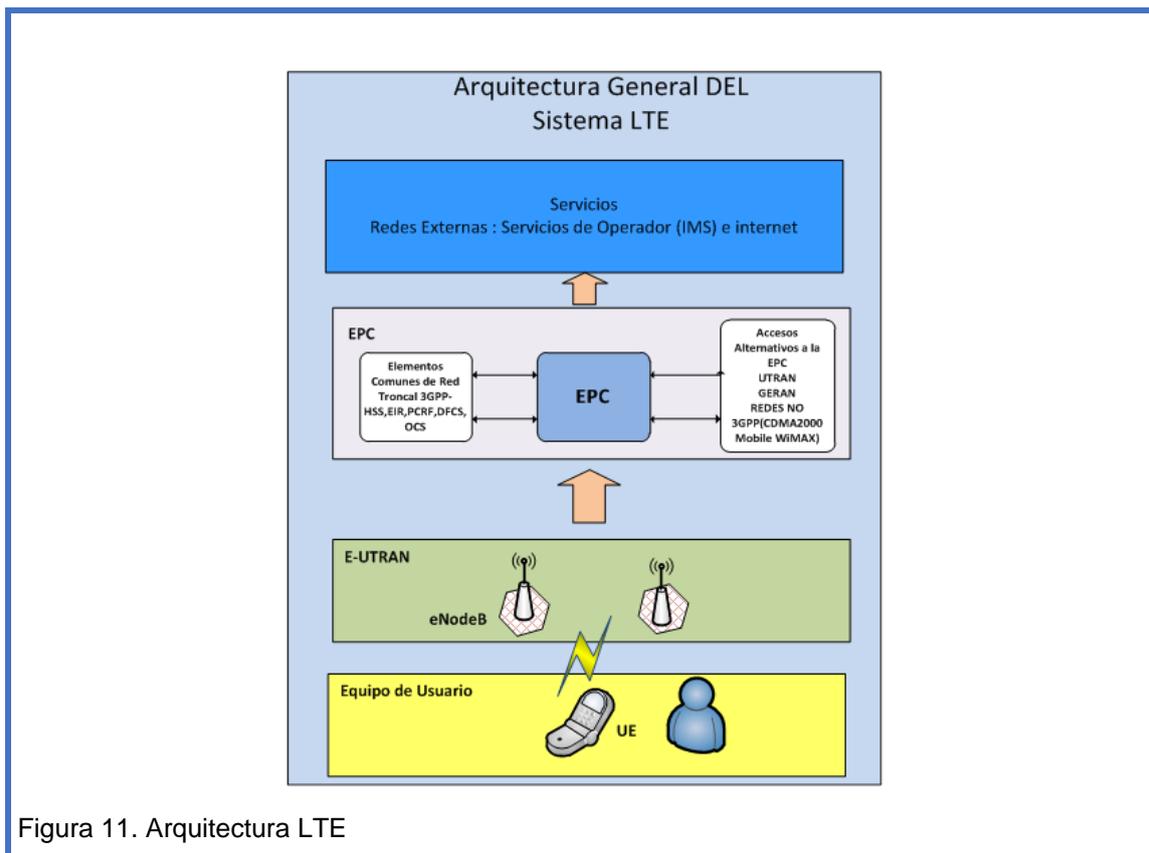
- Equipo de usuario (UE)
- Red de acceso E-UTRAN
- Red troncal EPC (Evolved Packet Core)

Los anteriores sistemas 3GPP estaban divididos en forma lógica por: Dominio de Circuitos (CS), Dominio de Paquetes (PS) y Subsistema Multimedia IP (IMS).

El Dominio de Circuitos CS, provee los servicios de telecomunicaciones mediante la conmutación de circuitos, las redes de acceso UTRAN utilizaban CS.

Para E-UTRAN de LTE no se usa el Dominio de Circuitos ya que todos sus servicios están enfocados principalmente al Dominio de Paquetes.

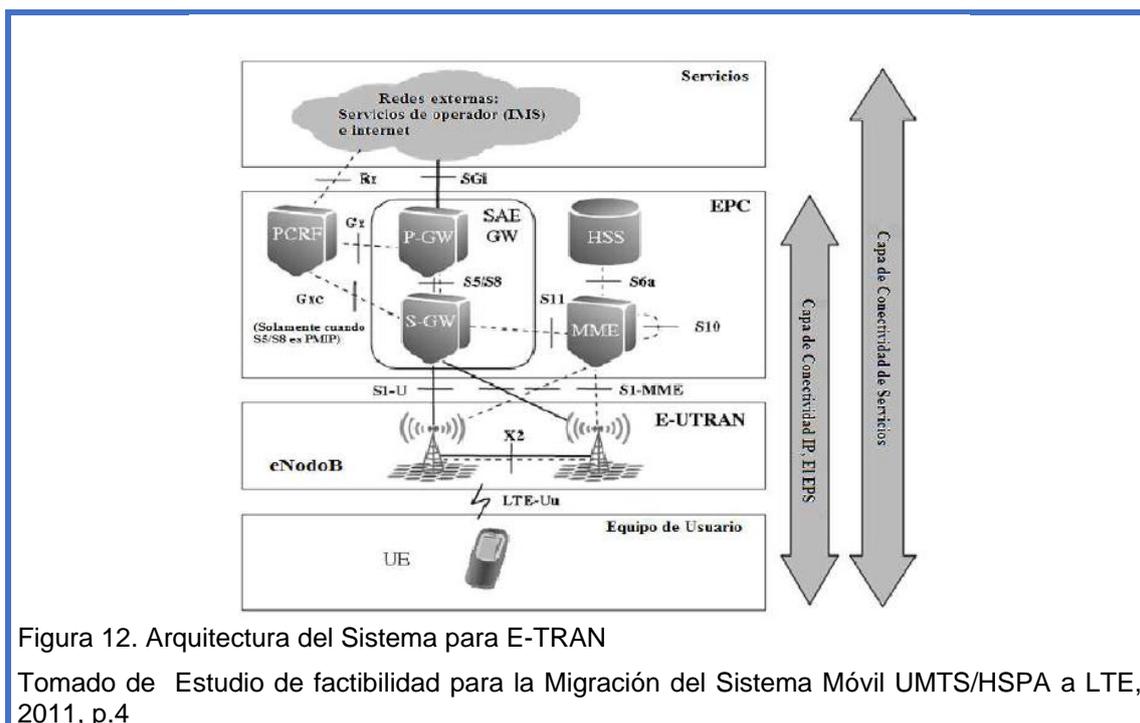
El Subsistema Multimedia IP (IMS) es un conjunto de especificaciones que se utiliza como capa de conectividad hacia los servicios de multimedia y de telefonía, mediante IP.



LTE utiliza una red física para conectar todos los dispositivos móviles a la red, y se la conoce como red de transporte. En la infraestructura de red LTE también está compuesta por elementos de la red propios de redes IP convencionales como por ejemplo servidores DHCP / DNS, router, switch.

### 1.2.7.1 Red de Acceso evolucionada: E-UTRAN

En E-UTRAN es la estación base, llamada evolved NodeB (eNB) la cual integra todas las funcionalidades de la red de acceso, que muy al contrario con respecto a las generaciones pasadas, como UMTS y GSM, debido a que la red de acceso contenía además de las estaciones base (BTS y NodeB), un equipo controlador (BSC y RNC).



Las Estaciones base eNB de la red de acceso E-TRAN proporcionan la comunicación entre los usuarios y la red troncal EPC, y están conformadas por tres interfaces de comunicarse con los usuarios, con la red troncal y con otros eNB.

#### 1.2.7.1.1 E-UTRAN Uu

E-Utran Uu es una interfaz de usuario que utiliza un canal de radio para comunicar la estación base con el usuario. En las eNB se implementa las funciones y protocolos para enviar datos y controlar la interfaz.

La Interfaz S1 se comunica con la red Troncal, y aparecen otras interfaces; la S1-MME, que se utiliza para el plano de control (Torre de protocolos que gestiona la interfaz con funciones y procedimientos) y S1-U para el plano de usuario (torre de protocolos para enviar el tráfico de datos).

Estas Interfaces S1-MME y S1-U están separadas y permiten dimensionar de manera independiente los recursos de transmisión para el soporte de la señalización del sistema y para el envío del tráfico de los usuarios.

La interfaz X2, se utiliza para conectar entre sí los eNBs, esta interfaz permite tener una gestión más eficiente de los recursos radio al intercambiar tantos mensajes de señalización, así como el tráfico de los usuarios del sistema cuando estos se desplazan de un eNB a otro en el momento de un traspaso (handover).

#### **1.2.7.1.2 Interfaz S1-U**

Esta interfaz sirve para comunicar a los S-GW con los eNBs y es una pasarela de conmutación durante el handover entre eNBs.

Los protocolos de esta interfaz están divididos en dos capas: Capa de Red de Radio o Acceso o RNL (Radio Network Layer) y la Capa de Transporte de Red o TNL (Transport Network Layer).

El protocolo utilizado en la Capa de Red de Radio o Acceso es el protocolo PDU de usuario que se encarga de gestionar los recursos de comunicación de la red de acceso

Los protocolos utilizados en la Capa de Transporte de Red son:

**GTP-U:** Este protocolo se encarga de facilitar la movilidad dentro de las redes 3GPP y está basado en el túnel GPRS; GTP-U encapsula el paquete IP e incluye en la cabecera el identificador del túnel (longitud y el número de secuencia) por el cual va a ser transmitido.

**UDP/IP:** Este protocolo envía de manera directa los paquetes como datagramas sobre redes IP, Trabaja sin conexión, por lo que no se puede

detectar errores en los paquetes que llegan por la capa física, debido a que no existe un control.

#### **1.2.7.1.3 Interfaz S1-MME**

Esta interfaz envía mensajes de control al eNBs para luego ser reenviados al usuario, además esta interfaz se comunican con MME (Mobility Management Entity).

En la capa de Red de Radio o Acceso se encuentra el protocolo S1-AP que soporta todas las funciones iniciadas por la MME.

En la Capa de Transporte de Red se encuentra el protocolo SCTP (Stream Control Transmission Protocol) que cumple con las mismas funciones que los protocolos GTP-U y UDP.

El SCTP o Protocolo de Transmisión del Control de la Corriente, es un protocolo de transporte con las mismas características de TCP, con la diferencia que incorpora características adicionales como multi-stream y multihoming, que dan mayor robustez a los paquetes transportados.

#### **1.2.7.1.4 Interfaz X2**

Esta interfaz sirve para transportar paquetes información de usuario entre eNBs y la información requerida para realizar un handover. Los protocolos de la interfaz X2 son S1-U y X2-AP

#### **1.2.7.2 Red troncal de paquetes evolucionada EPC**

Esta red proporciona un servicio y constituye una versión evolucionada del sistema GPRS.

### **1.2.7.2.1 Núcleo de Red**

El Núcleo de la Red controla el acceso a la red celular, interconexión con otras redes, movilidad de los dispositivos móviles de los usuarios, gestión de sesiones de usuarios

El núcleo de la red está conformado por

- MME (Mobility Management Entity)
- Serving Gateway (S-GW)
- Packet Data Network Gateway (P-GW)

#### **1.2.7.2.1.1 MME (Mobility Management Entity)**

MME es el elemento principal del plano de control de la red LTE para gestionar el acceso de los usuarios a través de E-UTRAN, el MME se configura dependiendo la ubicación geográfica del terminal en la red y criterios de balanceo de descargas.

Entre las principales funciones de MME es la autenticación y autorización del acceso de los usuarios, siempre a través de EUTRAN, gestiona de señalización de los servicios portadores EPS (EPS Bearer Service), gestiona la movilidad de los usuarios y la señalización para el soporte de movilidad entre EPS y otras redes externas.

#### **1.2.7.2.1.2 Serving Gateway (S-GW)**

S-GW es el puente entre E-UTRAN y la red troncal EPC. Los usuarios registrados en la red LTE tienen asignado una entidad S-GW en la red EPC.

Entre sus principales funciones de S-GW está el proporcionar un punto de anclaje en la red EPC con respecto a la movilidad del terminal entre eNBs, el almacenamiento temporal de los paquetes IP de los usuarios en caso de que

los terminales se encuentren en modo idle, dirige el tráfico de subida hacia la pasarela P-GW y el tráfico de bajada hacia el eNB.

#### **1.2.7.2.1.3 Packet Data Network Gateway (P-GW)**

Packet Data Network Gateway es el puente que conecta una red LTE con redes externas. Los usuarios registrados en la red LTE tienen asignados una entidad P-GW.

Entre sus principales funciones de P-GW es aplicar reglas y controles para el uso de la red y tarificación a los servicios portadores, asigna una dirección IP de un terminal utilizada en una determinada red externa, conecta redes LTE y redes externas no 3GPP (WIMAX, WIFI , CDMA2000,etc).

#### **1.2.7.2.1.4 IP Multimedia Subsystem (IMS)**

IMS es el que proporciona como va ser el control para la prestación de servicios de comunicación multimedia a los usuarios de la red LTE.

Es una infraestructura constituida por Servidores, base de datos, y puentes para comunicarse mediante protocolos, ofrecen servicio de voz y video sobre IP, mensajería instantánea y video conferencia.

El modelo de prestación de servicio en base al subsistema IMS se estructura en tres capas: Transporte, control y aplicación.

##### **1.2.7.2.1.4.1 Capa de Transporte**

La capa de Transporte es el camino entre las terminales y otros elementos de la red.

#### **1.2.7.2.1.4.2 Capa de Control**

La Capa de Control se encarga de gestionar secciones con servidores SIP, para realizar la interacción con redes telefónicas convencionales.

#### **1.2.7.2.1.4.3 Capa de Aplicación**

La Capa de Aplicación se encarga de almacenar en los servidores de aplicación los datos de los diferentes servicios a través de IMS, en esta capa existen otras plataformas de servicios como redes inteligentes.

El protocolo de señalización SIP sirve para la establecer conexión y desconexión de sesiones multimedia como video conferencia, telefonía entre dos o más usuarios.

### **1.2.8 Interfaz de Red Troncal EPC**

#### **1.2.8.1 Interfaz SGi**

La Interfaz SGi se encarga de conectar a las redes de datos externas utilizando la entidad P-GW y se caracteriza por transportar datos con protocolos IPv4 e IPv6.

#### **1.2.8.2 Interfaz S5 y S8**

La Interface S5 se encarga de comunicar entidades que se encuentran en una misma red y S8 se encarga de comunicar entidades que están en diferentes redes, S5 y S8 interconectan las entidades P-GW y S-GW, los protocolos utilizados son: GTP/UDP/IP.

### **1.2.8.3 Interfaz S11**

La interfaz S11 se encarga de transportar la información de la señalización destinada hacia los usuarios, además de comunicación entre las entidades MME y S-GW, los protocolos involucrados son: GTP/UDP/IP.

### **1.2.8.4 Interfaz S10**

La interfaz S10 contiene información de seguridad de usuario y gestión de servicio portadores, conecta a dos entidades MME que realizan handovers, los protocolos utilizados son: GTP/UDP/IP.

### **1.2.8.5 Interfaz S6a**

La Interfaz S6a realiza gestiones de usuarios propias como identificación, localización, perfil de suscripción, autenticación, tanto de usuarios de la red como de otras redes, y comuna al HSS con entidades MME, utiliza el protocolo el Diameter.

## **1.2.9 Equipos de usuario UE**

Es el dispositivo o equipo que se conecta a través de la interfaz de usuario con la red LTE, está compuesto por dos elementos:

- Módulo de suscripción del usuario (SIM/USIM)
- Terminal móvil (Mobile Equipment, ME).

### **1.2.9.1 Módulo de suscripción de usuario**

}El Módulo de Suscripción de usuario es el encargado de identificar el usuario dentro a la red, tienen una característica importante que gracias a la separación del SIM y SE ME puede cambiar de dispositivo móvil sin necesidad de cambiar la identidad del SIM.

### **1.2.9.2 El equipo móvil (ME)**

En él se integran las funciones propias de comunicación con la red celular, así como las funciones adicionales que permiten la interacción del usuario con los servicios que ofrece la red.

El equipo móvil es el que se comunicará con la red celular estos equipos son smartphone, computadores portátiles y tablet, que permiten utilizar los servicios de la red como internet, email, descarga de videos y música, etc.

### **1.2.10 Ventajas de la tecnología LTE 4G**

Entre las ventajas más significativas tenemos:

- LTE 4G, ofrece mayor velocidad y rapidez para conectarse a Internet; es 10 veces más rápida que la tecnología 3G, se caracteriza por tener gran velocidad de carga y descarga de datos.
- LTE 4G, brinda descarga de software de una manera más ágil, y en menor tiempo, dependiendo de la localización geográfica de los dispositivos.
- LTE 4G, permite la descarga de películas, video y series de televisión de manera rápida sin interrupciones.
- LTE 4G, permite descarga de aplicaciones de alta definición y nitidez en los juegos online, en el streaming de música, radio, y video conferencias.

### **1.2.11 Desventajas de la tecnología LTE 4G**

Como todo en la tecnología tiene sus pro y contra, aquí presentamos las desventajas de esta tecnología.

- LTE 4G, es solo compatible con equipos específicos como tablet, celulares, equipo de comunicación tienen una antena y un chip especial para LTE.

- La red LTE 4G, consume más batería en los equipos anteriormente mencionados.
- La transmisión de datos en LTE 4G es más ágil, por lo que algunos casos aumenta la tarifa de datos.

### 1.2.12 Estaciones Base

Estaciones base (en inglés: **Base Transceiver Station (BTS)**) que está formado por un conjunto de equipos transmisores/receptores de radio, destinado para comunicar radio de comunicación media, baja o alta bidireccional, que utilizan banda de frecuencias (850 / 900 / 1800 / 1900 MHz) en GSM y (1900/2100Mhz) en UMTS, además pueden ser utilizadas como punto de acceso a una red de comunicación móvil y fija.

Las antenas de las radios bases, para dar mayor cobertura, se ubican por lo general en la parte más alta de una torre, montañas o edificios. La utilización de estas antenas está enfocada en generar varios caminos radioeléctricos para receptor la información de manera óptima.



### 1.2.12.1.1 Sistema de Estaciones Base

### 1.2.12.1.2 Estación Base (BTS, RBS2000 de Ericsson)

Esta estación base es la encargada de la recepción y transmisión de forma inalámbrica, permitiendo la configuración de canales a distancia, y su principal función es de monitorear problemas ante perturbaciones y fallas.

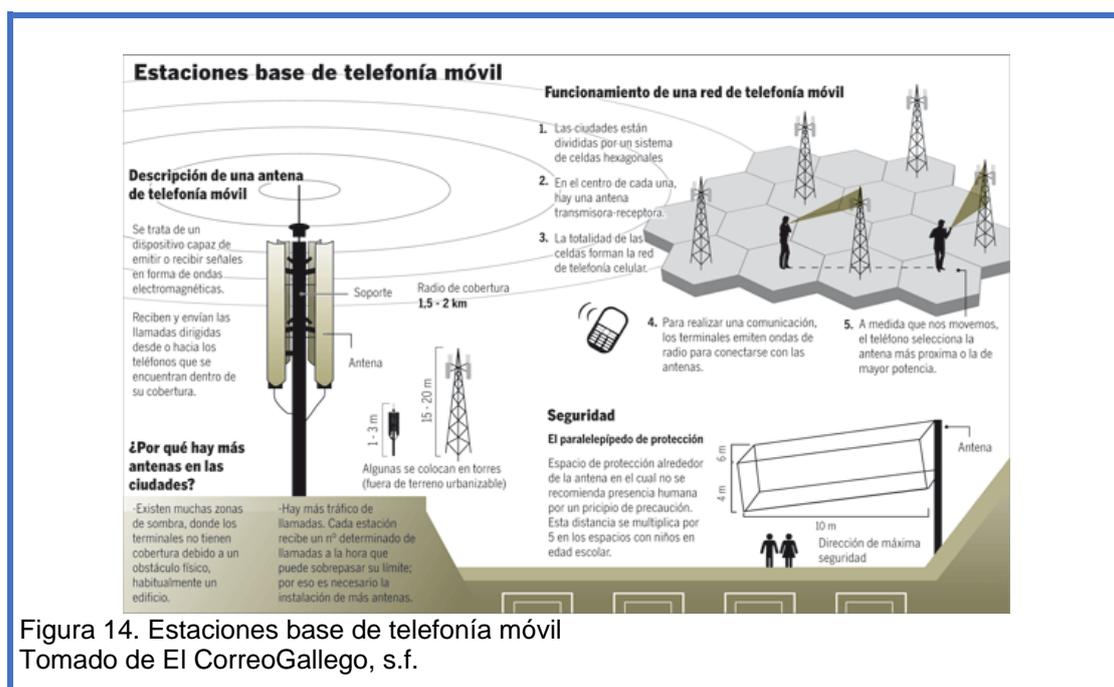


Figura 14. Estaciones base de telefonía móvil  
Tomado de El CorreoGallego, s.f.

### 1.2.12.2 Controladores de Estaciones Base (BSC)

Los Controladores de Estación Base conforma un grupo de BTS y es el centro de confluencia de la información, su principal función es configurar las y gestionar la calidad del enlace en las estaciones base cuando éste es insuficiente o va a existir desplazamientos del usuario, realizando una buena distribución del servicio de una estación base a otra.

Las estaciones base reciben la señal del móvil y pueden calcular la potencia de este para comunicar las mediciones al controlador de estación base cada 5 segundos y de esta manera este las pueda controlar evitando que se den pérdidas de comunicación.

### **1.2.13 Sistema de Conmutación**

#### **1.2.13.1 Centro de Conmutación de Servicios Móviles (MSC)**

El Centro de Conmutación de Servicios Móviles busca el mejor camino para establecer comunicación y realiza la conmutación con otras redes como pueden ser: telefonía, red móvil y red de datos.

#### **1.2.13.2 Base de Datos**

Los Controladores y la Central de Conmutación implementan las Bases de Datos donde se registrara todas las decisiones tomadas.

A continuación se explica los diferentes tipos de unidades funcionales que existen en relación con el abonado:

##### **1.2.13.2.1 Registro de Localización de Abonados Propios**

Este registro tendrá almacenada toda la información de cada abonado en una base de datos, además incluirá la identificación del operador al que pertenecen las suscripciones móviles.

##### **1.2.13.2.2 Registro de Localización de Abonados Visitantes**

Es aquel registro que contiene información temporal acerca de los abonados que se encuentran en ese momento en una nueva área de MSC, y por medio de la asociación entre el registro de abonados visitantes y el MSC solicitan la información por parte del registro de abonados propios sobre las suscripciones que tiene el abonado para poder ofrecer estos mismos servicios, además de gestionar a la nueva ubicación las llamadas entrantes y salientes.

### **1.2.13.3 Centro de Autenticación**

Su propósito es la seguridad, el centro de autenticación proporciona las claves para el cifrado y parámetros de autenticación de la llamada, de esta manera se protege la información de la operadora y el abonado.

### **1.2.13.4 Registro de Identidad de Equipos**

Es una base de datos donde se encuentra información sobre la identidad de los terminales móviles, mediante la cual se podrá bloquear llamadas al terminal, bloquear terminales móviles robados, terminales móviles no autorizados o defectuosos.

### **1.2.13.5 Centro de Operación y Mantenimiento (OMC)**

Puede verificar el funcionamiento correcto o errores originados en la red, el tráfico de abonados por medio del sistema de las estaciones base, la administración y posición en el área de cobertura de acuerdo al sistema de conmutación.

### **1.2.14 Tipos de Antenas para Estaciones Base**

Las antenas son transductores diseñados para transmitir o recibir ondas electromagnéticas, convirtiendo estas ondas en ondas electromagnéticas o viceversa.



Figura 15. Antena Sectorial para LTE  
Tomado de BBits tecnología y opinión, 2015

### 1.2.14.1 Antenas Direccionales

Las antenas direccionales son utilizadas para conexiones punto a punto debido a que concentran toda la potencia electrónica de transmisión en un solo punto, aumentando el alcance de la señal.

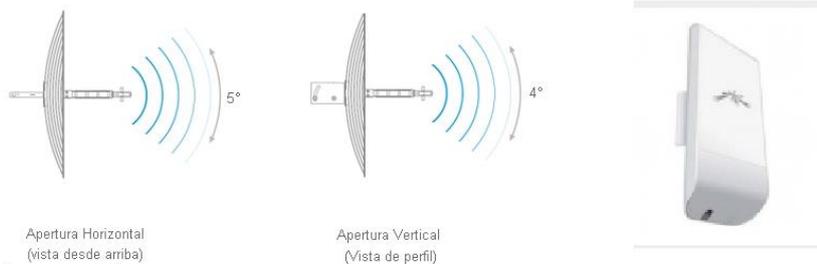
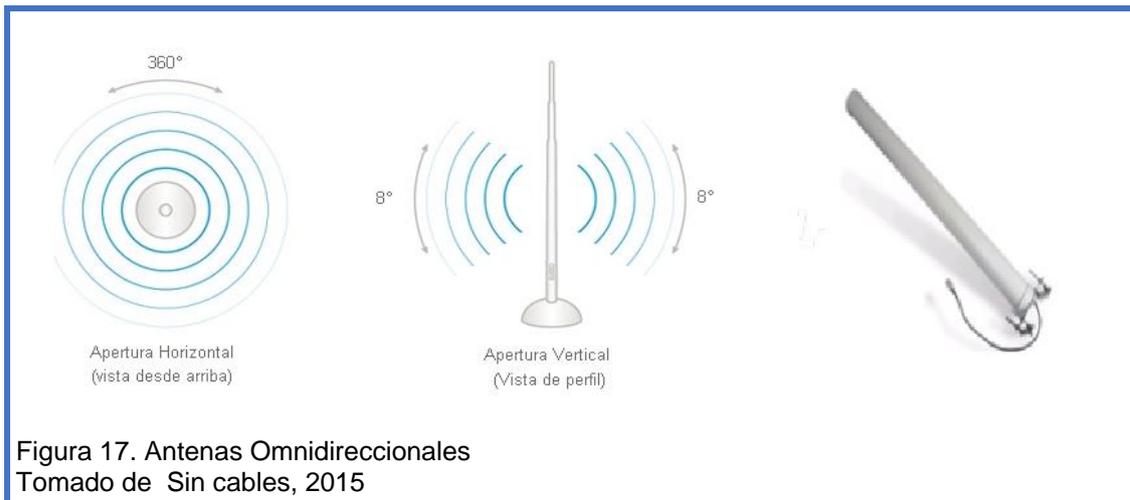


Figura 16. Antenas Direccionales  
Tomado de Sin cables, 2015

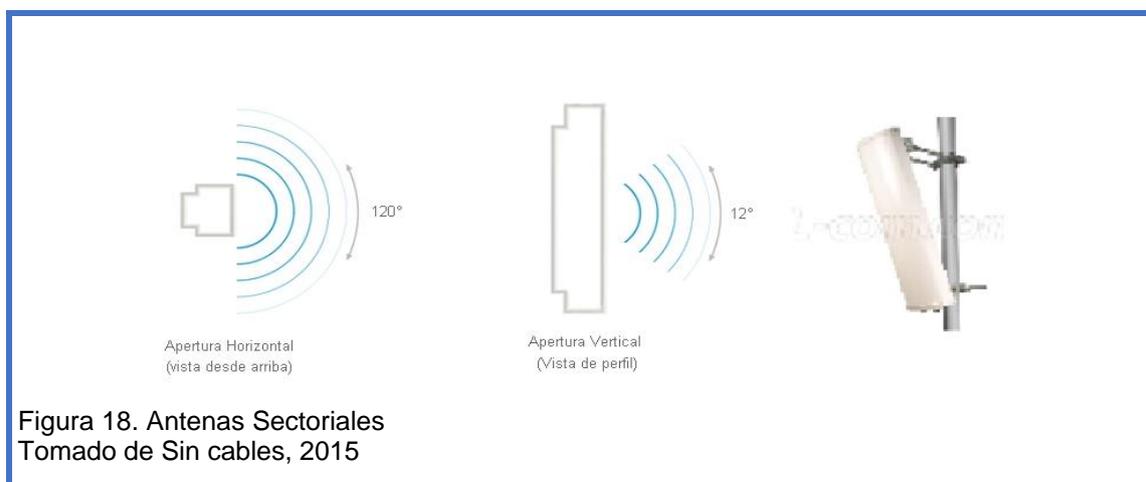
### 1.2.14.2 Antenas Omnidireccionales

Estas antenas están constituidas de brazo rectilíneo en posición vertical, y se usan para cubrir áreas extensas, dispersan la potencia electrónica de transmisión a 360°



### 1.2.14.3 Antenas Sectoriales

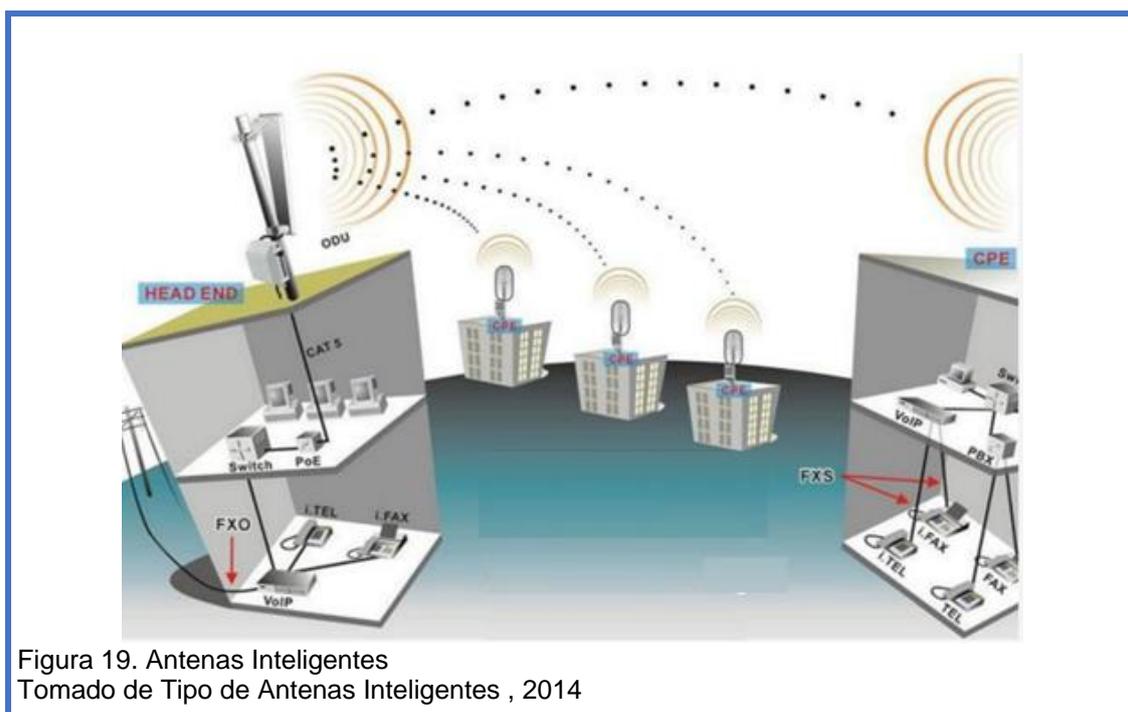
Estas antenas son una combinación de las antenas direccionales y omnidireccionales, y cubren un área entre  $90^\circ$  y  $120^\circ$  horizontales de transmisión.



### 1.2.14.4 Antena Inteligente

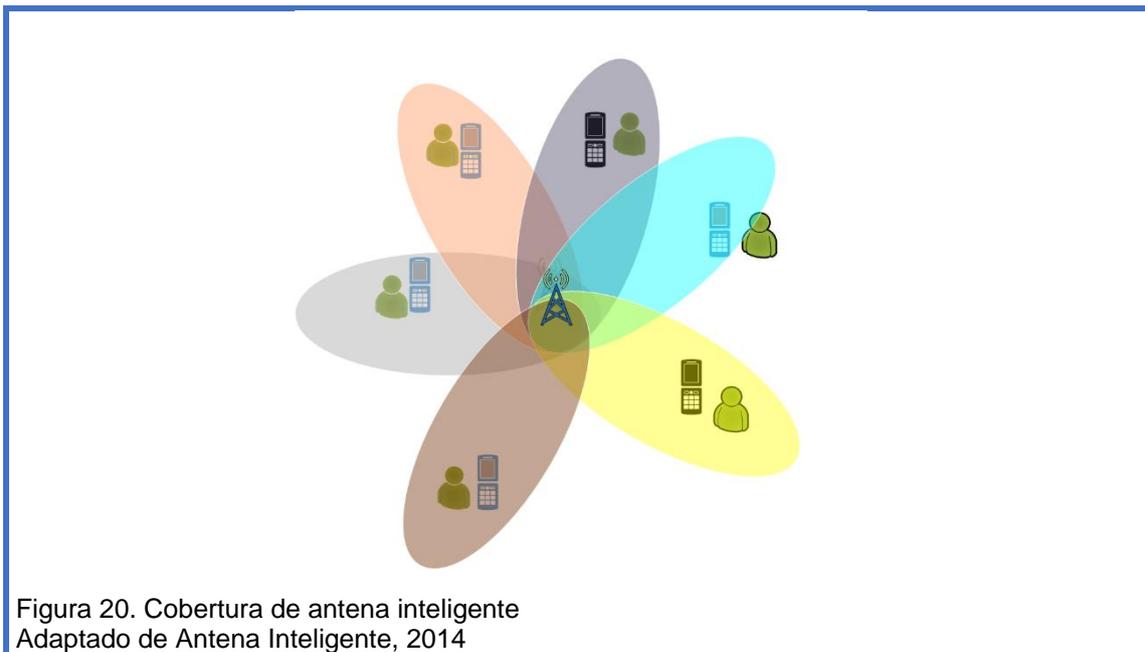
Una antena inteligente es aquella que goza de la capacidad para adaptar su diagrama de radiación a un usuario en lugar de tener un fijo, puede modificar su dirección del lóbulo conforme al desplazamiento del usuario adaptándose a estas nuevas condiciones.

En la comunicación móvil es importante el uso de las antenas inteligentes, principalmente por el incremento de la capacidad de red lo que hace posible el manejo por cada estación base de más usuarios. La capacidad depende del nivel de interferencia, que en estos sistemas su fuente principal de ruido nace en la interferencia con otros usuarios.



Cada antena inteligente recibe una señal separada y definida para su funcionamiento, con lo que se puede ampliar el ancho de banda combinando estas señales. La señal que recibe la antena es manejada como analógica para ser luego convertida en una señal digital por el RF, señal que se procesa al dispositivo como un diagrama de radiación fijo enfocados al usuario deseado y que llega a este dispositivo como cadenas de datos.

Unos de los principales beneficios de la antenas inteligentes es beneficiosa al medio ambiente, esto se debe a que la señal es irradiada en dirección directa al usuario cuando es requerido el servicio y no en todas las direcciones, con esto se logra que se obtenga ahorro de energía y disminución de la contaminación electromagnética.



#### 1.2.14.4.1 Tipos de Antenas Inteligentes

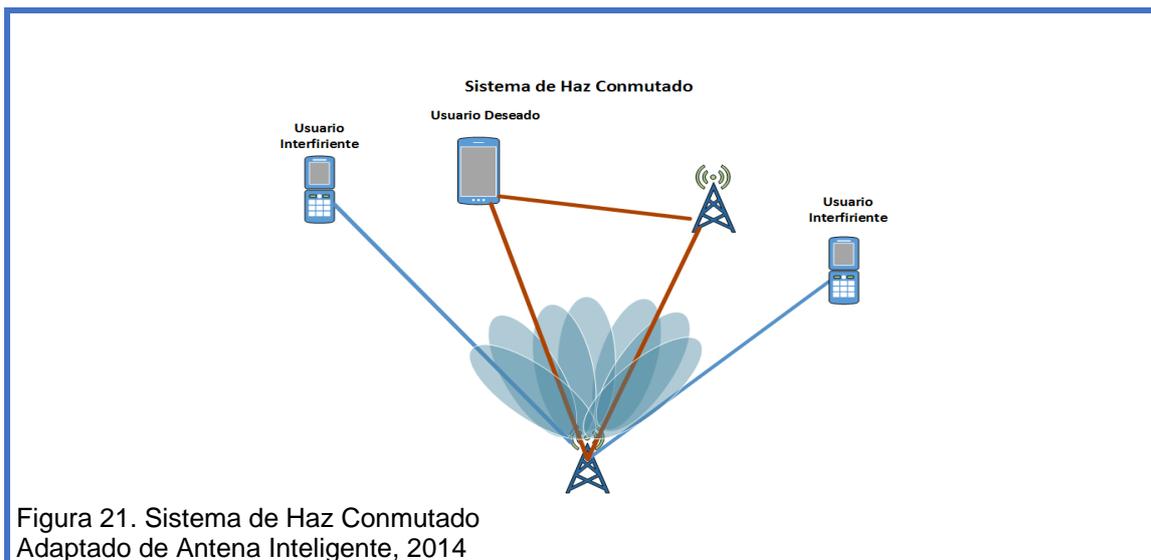
Existen 3 tipos en sistemas de antenas inteligentes, que serán explicados a continuación:

##### 1.2.14.4.1.1 Sistema Haz Conmutado.

Es un sistema de configuración simple que conmuta los haces de ángulos generados, donde se obtiene en posiciones angulares fijas la zona de cobertura.

El sistema de recepción es activado en cada posición del haz para poder detectar posibles señales, de existir señal se procede a guardar la posición del haz con lo que se podrá establecer comunicación con el usuario en un cierto intervalo de tiempo.

Para detectar posibles usuarios al concluir con el intervalo de tiempo se conmuta el siguiente haz hasta llegar al límite angular de la zona de cobertura, cabe indicar que con esto no se garantiza una máxima radiación del haz con el equipo de usuario ni reducción notoria en la interferencia.



#### 1.2.14.4.1.2 Sistema Haz de Seguimiento

Sistema complejo que está formado por un arreglo de antenas que permite de manera conveniente la dirección del haz y así poder establecer comunicación con el usuario, garantizando que el usuario tenga máxima ganancia por estar siempre bajo el lóbulo principal.

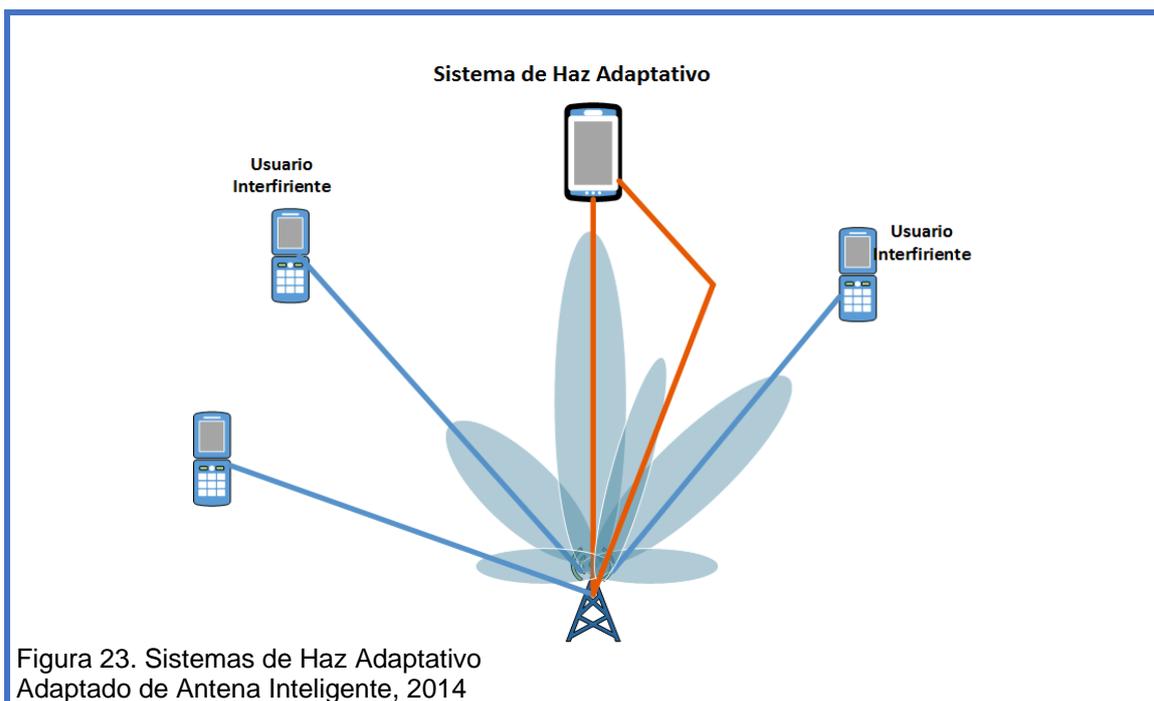
Cabe indicar que este sistema de haz de seguimiento se diferencia con el anterior en que tiene mayor resolución angular por el posicionamiento del haz.



### 1.2.14.4.1.3 Sistema Haz Adaptativo

Esta técnica posee un alto nivel de inteligencia en un sistema de antenas con gran capacidad de procesamiento. El haz principal, conformado por cada elemento que ha salido del arreglo de antenas, está dirigido hacia la posición donde se encuentra el usuario y los lóbulos secundarios son casi nulos en radiación e interferencia, ya que la interferencia no podrá ser eliminado por completo.

Las antenas con este sistema pueden ampliar la cobertura de las redes móviles por su haz adaptativo mejorando a gran escala su desempeño, rendimiento e inteligencia, logrando de esta manera aprovechar el potencial que incrementará la eficacia del uso del espectro.



### 1.2.14.4.2 Características de las antenas inteligentes.

Las antenas inteligentes se caracterizan por sus haces de radiación con mayor directividad y ganancia. A continuación se indica las ventajas y desventajas de estas antenas:

Ventajas:

- Reducción de Potencia de transmisión.
- Reducción de Propagación multitrayecto
- Reducción del nivel de interferencia
- Ampliación del área de cobertura
- Ampliación del nivel de seguridad.
- Menos consumo de batería en los equipos de usuario.
- Mejora de la eficiencia espectral
- Mejora seguridad

Desventajas:

- Mayor complejidad de los transceptores.
- Mayor complejidad en los procedimientos de gestión.
- Mayor complejidad en la movilidad
- Aumento de costo
- Cambios en los métodos de planificación.

#### **1.2.14.4.3 Configuración de antenas inteligentes.**

Las redes de comunicación móvil tienen tres modos que explican cómo aplicarla y el grado de aprovechamiento, que a continuación se indica.

##### **1.2.14.4.3.1 Receptor de alta sensibilidad HSR**

Es aquel que usa antenas inteligentes para enlaces ascendentes ya que puede ser encontrada la sensibilidad de recepción de la estación base, debido a que la antena puede conseguir una mayor directividad.

##### **1.2.14.4.3.2 Rechazo de Interferencia por filtrado espacial (SFIR)**

Aprovecha la mejora en la selectividad espacial para ambas direcciones, por lo que usa antenas inteligentes para los enlaces ascendentes y descendentes.

### 1.2.14.4.3.3 Acceso múltiple por división espacial SDMA

Las propiedades de selectividad espacial de las antenas son aprovechadas al máximo en enlaces ascendentes y descendentes convirtiéndola en una configuración compleja, pues trata de ubicar a varios usuarios en el mismo canal.

### 1.2.15 Gestión de Seguridad

En las comunicaciones móviles la seguridad es de suma importancia, para un mayor entendimiento se hará un estudio de ciertos aspectos que se debe tener en cuenta para este tipo de comunicaciones que no solo tratan de las condiciones en las que debe existir la interfaz, sino que además de la comunicación que debe existir entre cada uno de los equipos que están formando parte de la infraestructura de dicho sistema móvil.

#### 1.2.15.1 Marco general de seguridad

Existen 5 aspectos importantes sobre el marco de seguridad, los cuales son:

- **Autenticación:** Certifica que la identidad del usuario que realizó la conexión a la red sea la correcta siendo en realidad quien dice que es, este proceso que importante para verificar sobre la entidad de dicho usuario.
- **Control de Acceso:** proceso encargado de validar que el usuario tan solo tenga acceso a los servicios que contrató con la operadora, y así evitar cualquier otro acceso no autorizado
- **Confidencialidad:** o también conocido como privacidad, protege de intrusos los datos que se transportan por dentro de cualquier tipo de red.
- **Integridad:** es aquella que debe garantizar que los datos emitidos por la red, lleguen sin alteraciones a su destino desde que fue enviado.

En una red LTE el aspecto de no repudio no forma parte entre el usuario y la red.

### **1.2.15.2 Seguridad de acceso a la red**

Los siguientes elementos pertenecen a la seguridad de acceso a la red:

Autenticación entre el usuario y la red utilizando claves secretas que usan algoritmos de cifrado para que sean confidenciales.

Se garantiza la confidencialidad e integridad como un servicio para la transferencia de señalización e información del usuario con la red.

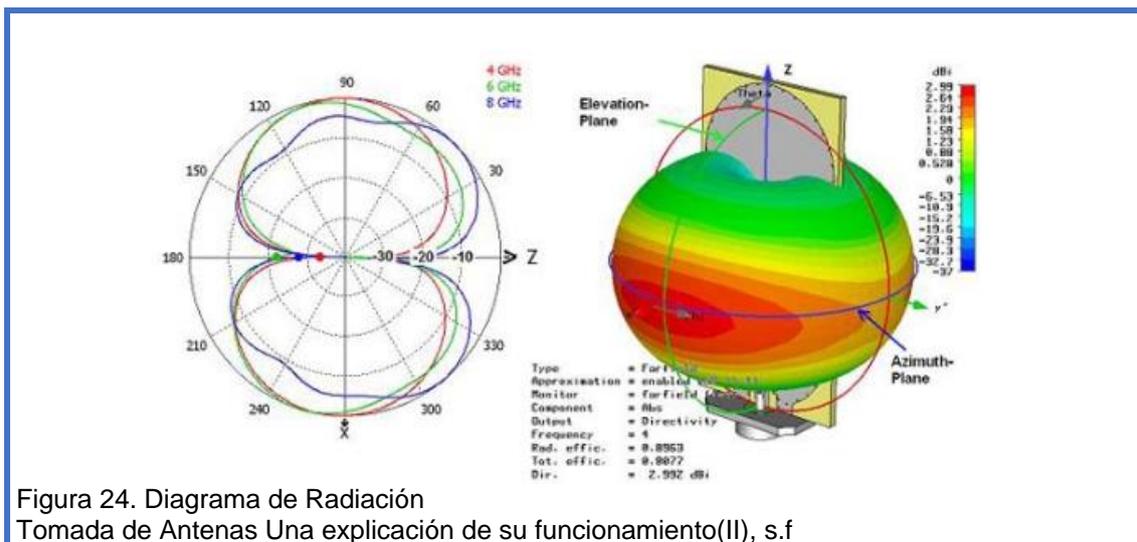
### **1.2.15.3 Seguridad de la infraestructura de la red**

Network Domain Security for IP se denomina a la seguridad que existe dentro de las interfaces de la infraestructura de red de los protocolos de internet. Mediante este mecanismo se puede asegurar que la información a ser transferida entre los equipos que conforman la infraestructura de red, cuenta con los mecanismos de seguridad necesarios para enlazarse en la red de un mismo operador o en diferentes redes.

## **1.2.16 Características de una Antena**

### **1.2.16.1 Ancho de banda**

El ancho de banda es el margen o rango de frecuencias con los que una antena funciona con respecto a unas determinadas características y cumple con un estándar especificado. Para antena de banda ancha, el ancho de banda se determina por como razón de la frecuencia superior a la frecuencia inferior de la operación aceptable.

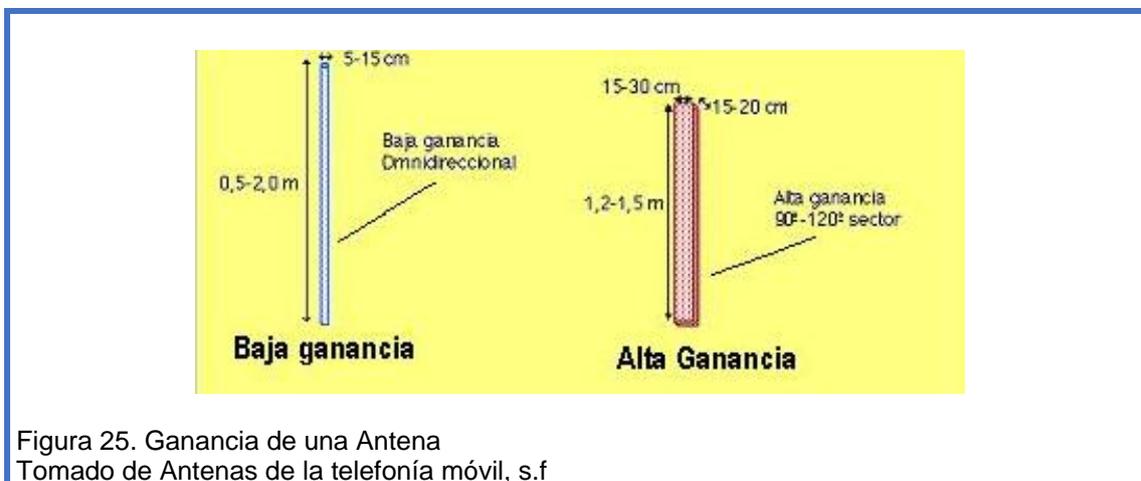


### 1.2.16.2 Diagrama de Radiación

El diagrama de radiación representa las características de la dirección angular en forma gráfica.

### 1.2.16.3 Ganancia

Se define como ganancia de una antena a la intensidad de potencia radiada de dicha antena con la intensidad de una antena isotrópica, en el mismo punto y condiciones. Cuando una antena tiene una ganancia mayor quiere decir que esta es mejor, los valores de la ganancia normalmente se encuentran en las especificaciones técnicas de cada modelo de los equipos de transmisión.



#### 1.2.16.4 Ancho de Haz

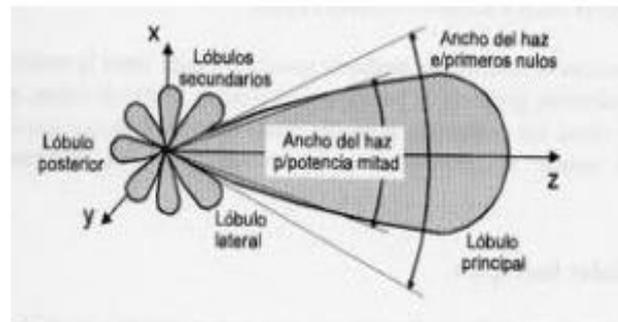


Figura 26. Ancho de haz  
Tomado de Características de las antenas, 2013

Es el ángulo de apertura a -3 dB, desde el máximo del lóbulo principal de la antena, donde la mitad de la máxima potencia es igual a la densidad de la potencia radiada.

#### 1.2.16.5 Relación delante/Atrás

Relación de la antena con la potencia radiada que tiene en una dirección con respecto a la del sentido opuesto, además se puede indicar como lo buena que es la antena al rechazar las señales que recibo de la parte trasera.

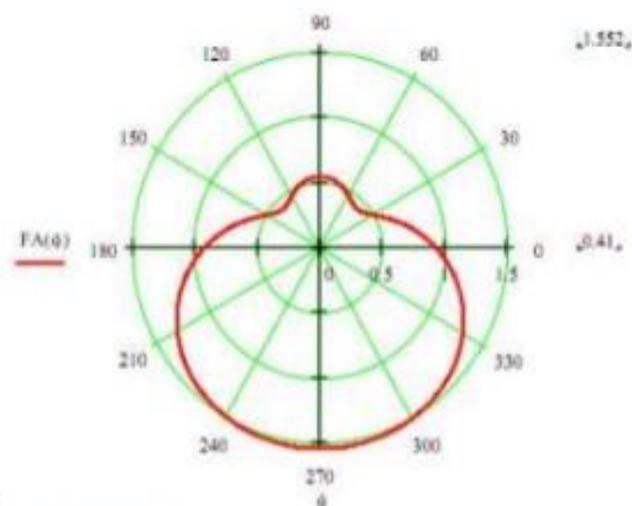


Figura 27. Relación D/A  
Tomado de Antenas Yagi-UDA, 2013, p.18

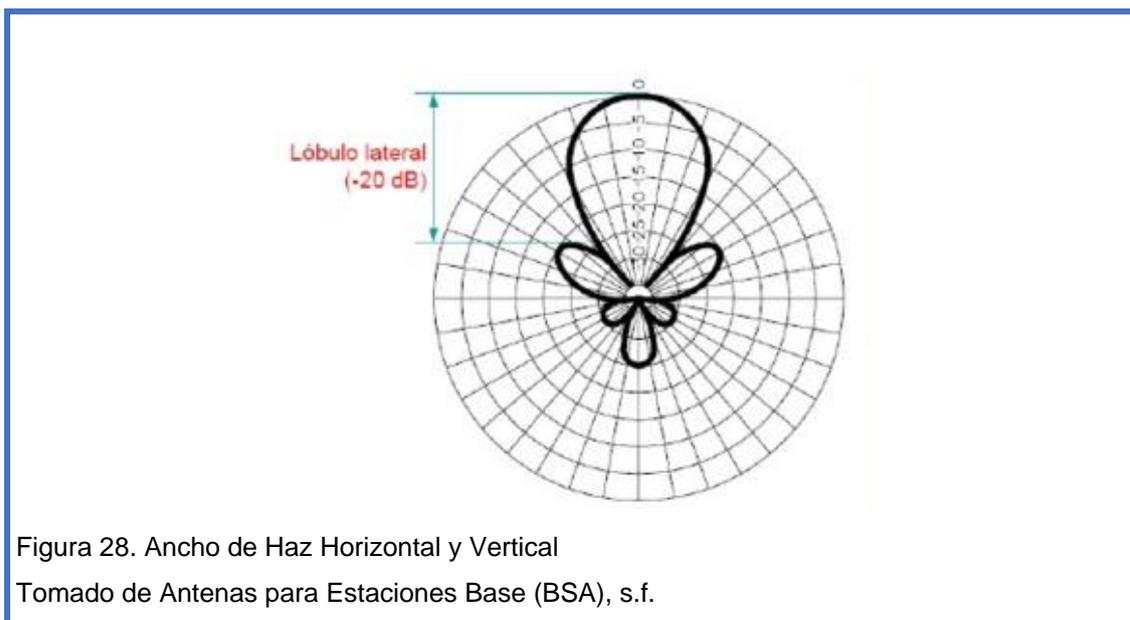
### 1.2.17 Características de una Antena de Radio base celular

Una antena de radio base Celular está compuesta por:

- Lóbulos Laterales
- Null Fill
- Supresión de los nodos superiores
- Tilt
- Polarización

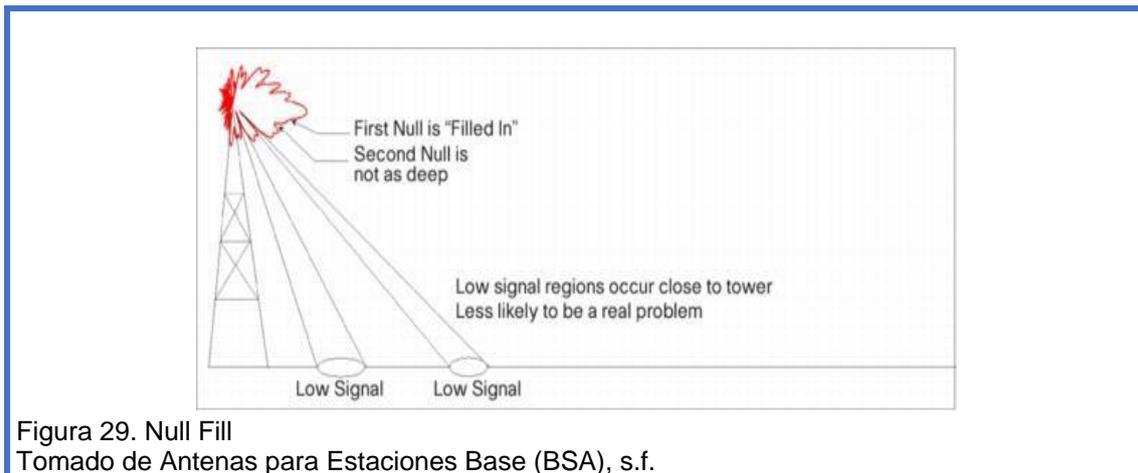
#### 1.2.17.1 Lóbulos laterales

Los lóbulos laterales miden la capacidad de la antena de limitar lo que interfiere en relación entre el lóbulo lateral respecto del valor del lóbulo principal.



#### 1.2.17.2 Null Filling

Definida como técnica de optimización en sistemas de antenas de radio que tienen un haz estrecho y que suprime los ceros en el lóbulo inferior para mejorar la cobertura de antenas que se encuentran en las montañas o torres altas. Además es utilizado para evitar demasiado la señal de overshooting del área de cobertura prevista.



### 1.2.17.3 Supresión del Lóbulo Superior

Técnica para la construcción de las antenas haciendo que se limite la potencia irradiada en los lóbulos superiores que no son necesarios.

Las antenas con un haz vertical de menos de  $12^\circ$ , la supresión del lóbulo superior reduce la interferencia que se produce cuando esta antena tiene Downtilt mecánico

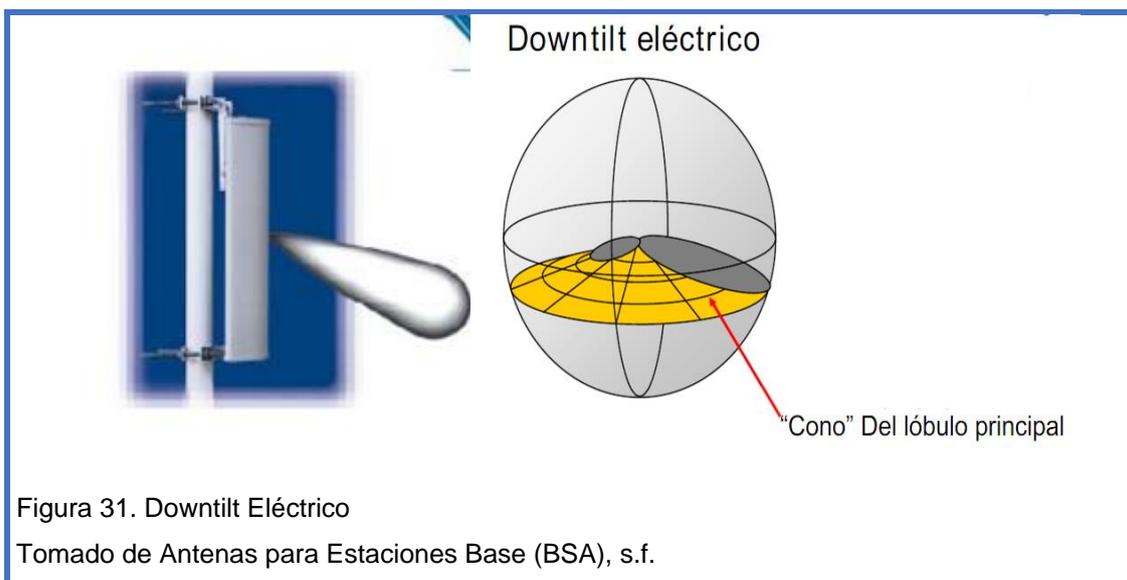
### 1.2.17.4 Down tilt (Inclinación)

El Down tilt es una técnica para inclinar cuando se instala una antena, y limita la cobertura en modo controlado, y como su nombre lo indica el tilt es hacia abajo en todas las aplicaciones.

La función que tiene el Tilt mecánico es hacer que el lóbulo principal este antes del horizonte y el lóbulo posterior esté apuntando hacia arriba, cabe aclarar que más o menos  $90^\circ$  no hat tilt.



Tilt eléctrico es aquel que hace que tanto el lóbulo principal como el lóbulo opuesto apunten debajo del horizonte, cabe aclarar que más o menos  $90^\circ$  también tilt está abajo del horizonte.



#### 1.2.17.4.1 Down Tilt Electronica vs Down Tilt Mecánico

Se puede apreciar en la siguiente figura, como radia el Down Tilt mecánico y Down Tilt electrónico.

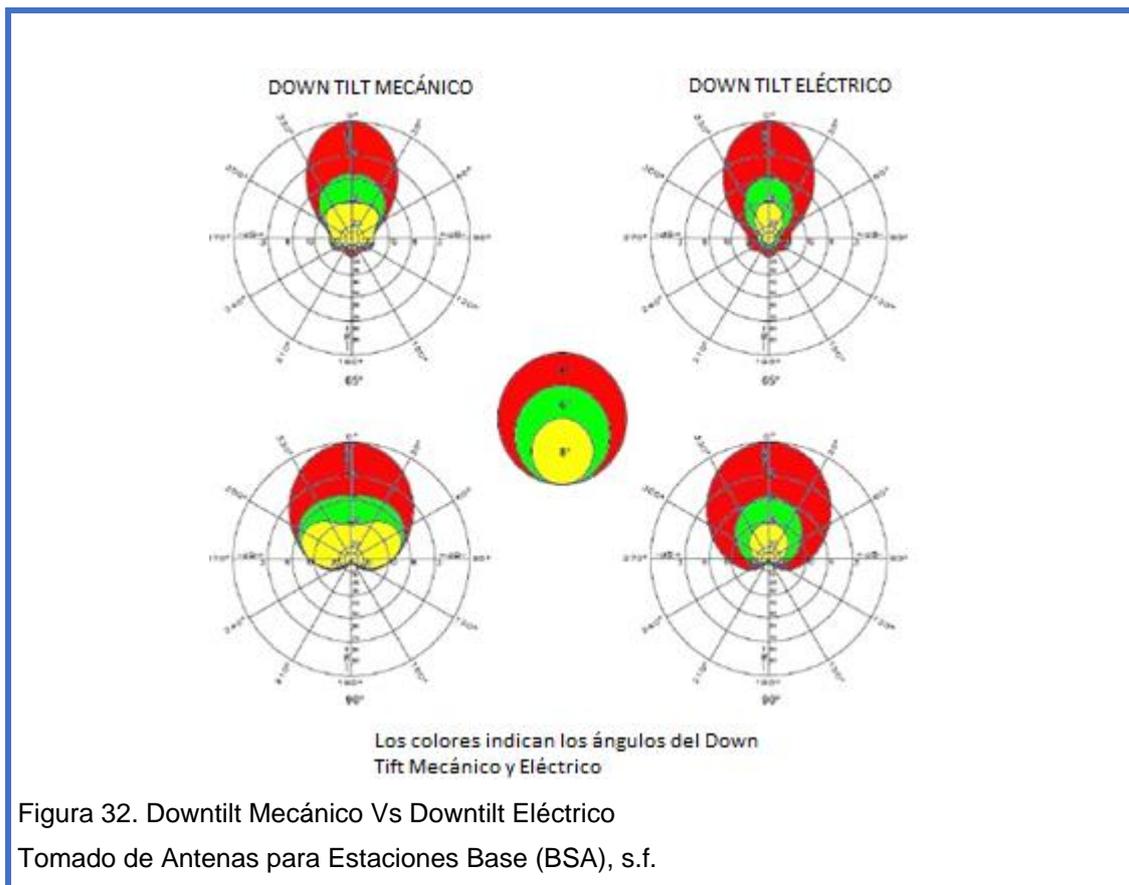


Figura 32. Downtilt Mecánico Vs Downtilt Eléctrico  
Tomado de Antenas para Estaciones Base (BSA), s.f.

### 1.2.17.5 Polarización

La onda radiada por una antena en una cierta dirección es la polarización electromagnética, la que al variar el tiempo y una cierta distancia es como una figura geométrica que se traza el extremo del campo eléctrico.

De acuerdo a la figura trazada de la onda se puede llamar a la polarización de la siguiente manera: si es una recta, la onda se denomina **linealmente polarizada**, mientras si la figura trazada es un círculo se denomina **circularmente polarizado** y si es variación sinusoidal la figura es una **elipse**.

Es importante mencionar que una antena con polarización horizontal no se comunicará con una antena de polarización vertical, debido a que estas antenas transmiten y reciben verticalmente campos polarizados mientras que las antenas de polarización horizontal transmiten y reciben horizontalmente

campos polarizados, a esto se denomina el teorema de reciprocidad. En consecuencia, si una antena de polarización vertical y el otro es polarización horizontal, el ángulo es de 90 grados no habrá recepción.

### **1.2.18 Marco Legal Tecnología LTE 4G en Ecuador**

La Agencia de Control y Regulación de Telecomunicaciones Arcotel antes CONATEL (Consejo Nacional de Telecomunicaciones) mediante resolución otorgó al operador estatal, la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT), la autorización para ofrecer servicios 4G con la tecnología LTE, además le concedió a la empresa 30 MHz de espectro en la banda de 700 MHz, y 40 MHz de espectro en la banda de 1700 – 2100 MHz (AWS, Advanced Wireless Service) para el despliegue de esta tecnología. En diciembre de 2013 se oficializó el lanzamiento del servicio por parte de la operadora estatal; cubriendo inicialmente las ciudades de Quito y Guayaquil.

El 23 de abril del 2015, La Agencia de Control y Regulación de Telecomunicaciones Arcotel, realizó mediciones de LTE, como parte de un cronograma piloto que permitió calibrar apropiadamente los equipos de monitoreo de LTE para evaluar del comportamiento de la red en los sectores: Iñaquito, La Floresta y Conocoto en la ciudad de Quito, San Rafael, cantón Rumiñahui.

Las pruebas determinaron que la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT E.P.), puede ofrecer servicios con velocidades de hasta 19,04 Mbps para descarga de información y hasta 4,45 Mbps para la subida de datos.

Además es muy importante conocer que los usuarios de LTE se han incrementado del 467% desde diciembre de 2014 (27.953 abonados de LTE en diciembre de 2014, 130.468 abonados de LTE en febrero de 2015) en la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT E.P.), lo que indica que la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL), es

un ente que regula que los servicios ofrecidos por los operadores del SMA, cumplan con niveles de calidad de servicio para la satisfacción de los usuarios.

En enero del 2015, La Agencia de Control y Regulación de Telecomunicaciones Arcotel, resolvió otorgar a estas operadoras Claro Y Movistar, la concesión de 1.700 para 4G LTE y 20 Mhz en la banda de 1.900 para Claro, mientras que el espectro designado a Telefónica Movistar fue de 50 Mhz en la banda de los 1.900 y 1.700 Mhz, de la cual la empresa utilizara una parte de esta para potenciar el servicio 3G.

### **1.3 Generalidades de la Tecnología BPL**

#### **1.3.1 Introducción**

Las redes de experimentan transformaciones encaminadas a proveer servicios más amplios por lo que el uso de las líneas de potencia eléctrica conjuntamente con los sistemas de distribución de bajo y medio voltaje para transmitir datos, se vuelve en un buena solución que resulta atrayente para las empresas eléctricas, ya que usaría la infraestructura existente, misma que puede otorgar velocidades de transmisión desde 24 Mbps hasta 200 Mbps, de esta manera pueden ofertar a través de sus redes servicio de internet a lugares donde resulta difícil llegar con otras tecnologías a empresas de telecomunicaciones por los costos muy elevados que esto involucra.

La evolución de la tecnología BPL está reflejada actualmente en los servicios que puede llegar a brindar como son: transmisión de audio y video, juegos en línea, VoIP, flujo de datos y servicios que ofrecerá en un futuro denominadas “aplicaciones inteligentes” orientadas a artefactos eléctricos del hogar como refrigeradoras, cocinas, etc., que estarán en red logrando así poder enviar mensajes de mantenimiento.

Para utilizar los sistemas BPL se debe estudiar 2 puntos de vista fundamentales, el primero está relacionado con la transmisión de datos y el

segundo con las interferencias que puede ocasionar la radiocomunicación que trabajan en rangos de 3MHz a 30MHz; hay que aclarar que el sistema BPL es independiente y autónomo por lo que la operación de la red de comunicación no afecta a la red de energía eléctrica y viceversa.

### **1.3.2 Origen y evolución de la tecnología BPL**

Este sistema tiene un antecesor llamado “Onda Portadora por Línea de Alta Tensión” (OPLAT), que contaba con una capacidad de proveer una tasa significativamente mayor de transferencia de datos usada desde 1950, creada originalmente con la necesidad propia de las empresas eléctricas para controlar el consumo y el valor de las tarifas. Los primeros intentos de implementación para la tecnología fueron fallidos, como son el caso de Inglaterra y Alemania.

A mediados del 1980 inician de nuevo con las investigaciones mientras que en 1990 consiguen la transmisión de datos en ambas direcciones con elevadas velocidades, mismas que rondan los 200 Mbps superando así a la ya conocida tecnología ADSL.

### **1.3.3 Definición**

La tecnología de comunicación BPL (Broadband over PowerLine) o también conocida como PLC (Power Line Communication) utiliza las líneas eléctricas para proveer algunos servicios de comunicación, datos, etc., sobre el protocolo IP (Protocolo Internet) que viajará a través de la red eléctrica existente en hogares, comercios e industria, llegando a los usuarios conectados a esta red.

El poder usar la red eléctrica que ya existe significa una reducción de costos proporcionando el acceso a la banda ancha, misma que ofrece una alta velocidad y la interconexión entre dispositivos. La utilización de BPL involucra que el despliegue de la tecnología se de en 2 capas principales, la capa física es la energía eléctrica de consumo y la de datos, la combinación tecnológica

que se da entre la red con la capa física hace posible que los datos sean transmitidos a altas velocidades sobre las líneas eléctricas logrando que los usuarios la usen de forma continua, sin error, intacta y segura.

Un computador o cualquier dispositivo conectado a la red necesitarían establecer comunicación con un dispositivo conocido como “modem” PLC, el cual se encontrará enchufado en cualquier tomacorriente en una edificación.

#### **1.3.3.1 BPL en términos de prestación de servicios**

Considerada como una tecnología con innovadoras y nuevas oportunidades de servicios para las Empresas Distribuidoras de Energía, pues actualmente se puede convertir una red eléctrica y tomacorrientes de casas, oficinas o industrias en puntos por donde se podrá enviar y recibir información para voz, datos y video, esto permite a las empresas eléctricas a optimizar y extender sus servicios.

#### **1.3.3.2 BPL en términos de competencia**

Es la tecnología que puede ser considerada como solución al dilema de última milla, ya que permite llegar a todos los usuarios conectados a la red eléctrica.

Banda ancha es entendida como la conexión permanente de alta velocidad proporcionada por un amplio espectro de tecnologías: Cable Modem, DSL, Wireless, Satelital, Fibra, BPL, LTE, etc. El concepto de banda ancha que varía en el tiempo y para cada realidad. Esta tecnología posee una infraestructura amplia con la que los usuarios podrán conectarse en cualquier punto para acceder al internet, esto podría implicar una cantidad de inversión relativamente pequeña.

### 1.3.4 Descripción de la tecnología BPL

#### 1.3.4.1 Funcionamiento

Para enviar la señal desde cualquier edificación la comunicación BPL necesita de un modem cabecera desde el centro de transformación eléctrica.

Para la transmisión de voz y datos por medio de computadoras, cámaras, etc., se debe instalar un modem PLC en la edificación.

La tecnología BPL utiliza la red eléctrica de baja tensión para permitir la entrega de servicios de transferencia de datos, debido a que sirve como medio de transporte para la comunicación con el usuario final.

Por esta razón cada enchufe que exista en la edificación se convertirán en puntos de acceso, al igual que la red de baja tensión llegará a ser red de telecomunicaciones.

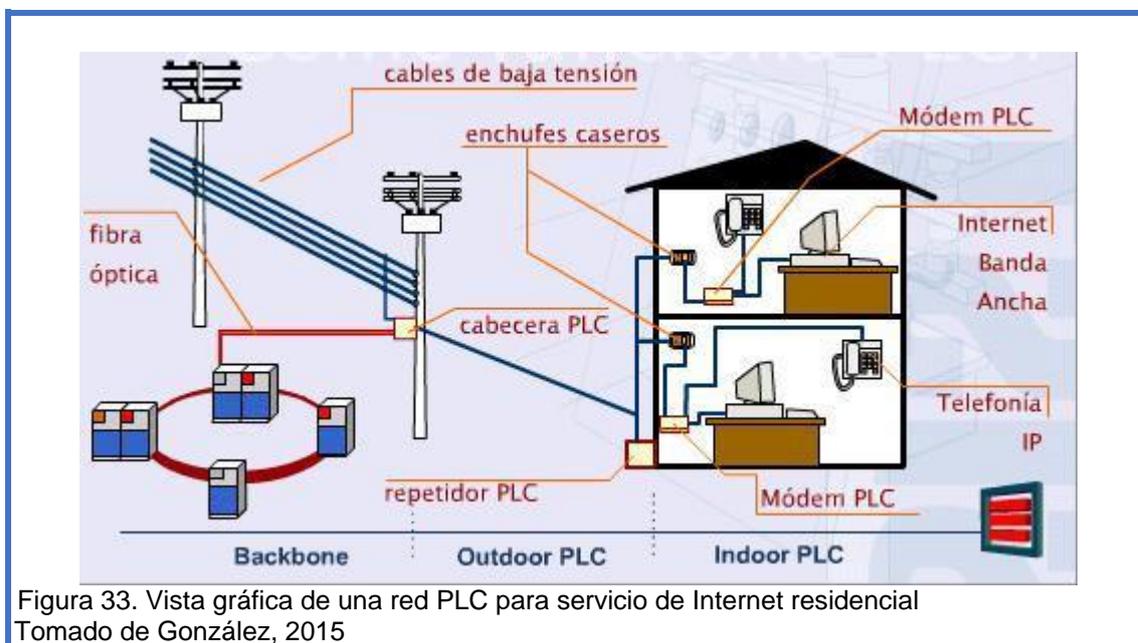
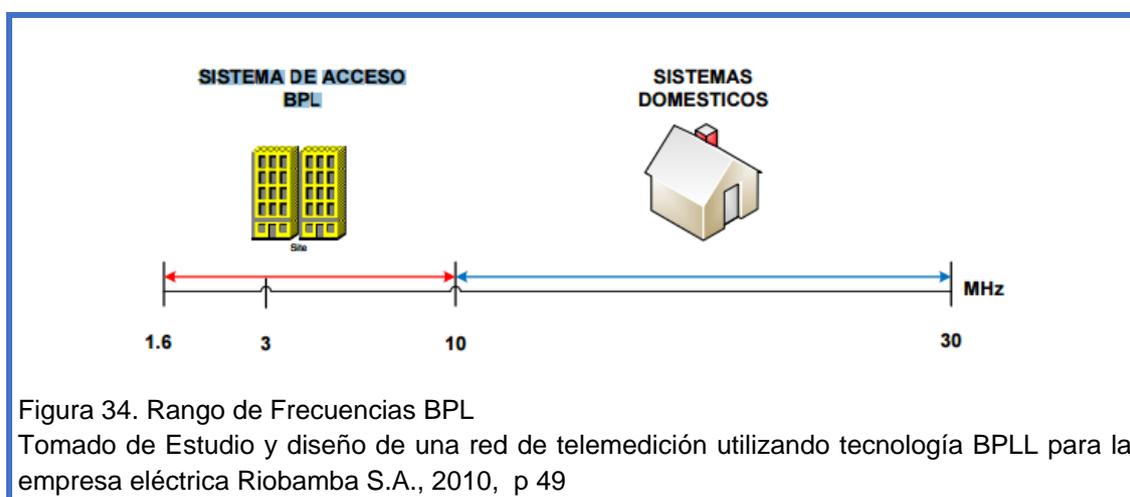


Figura 33. Vista gráfica de una red PLC para servicio de Internet residencial  
Tomado de González, 2015

### 1.3.4.2 Frecuencia Utilizada

El espectro de frecuencia que corresponde al sistema BPL se encuentra entre el rango de 3 y 30 MHz que es alta frecuencia HF (High Frequency).

Según recomendación de ETSI (European Telecommunication Standardization Institute), para los sistemas de acceso PLC se asigna el rango de 1.6 MHz a 10 MHz y la banda de 10 MHz a 30 MHz para los sistemas de comunicación PLC domésticos.



### 1.3.4.3 Velocidades de Transmisión

Los equipos y la infraestructura que se utilizan en el sistema va a definir la velocidad de transmisión en la señal BPL, para los tramos de media tensión se manejan velocidades que están entre 24 – 200 Mbps y para los de baja tensión en 205 Mbps.

En los sistemas BPL existen 3 generaciones de velocidad de transmisión:

- Primera generación: alcanzó velocidades de 1 a 4 Mbps pero esto ocasionó inconvenientes en la transmisión de información de datos.
- Segunda generación: aparece para solventar el problema de la primera generación con mayor velocidad en la transmisión de datos alcanzando 45 Mbps mismos que están distribuidos en 27 Mbps para Downstream

que se da red-usuario y 18 Mbps para Upstream donde interviene el usuario-red.

- Tercera generación: desarrollada por los proveedores que aprovecharon el potencial de esta tecnología para poder utilizar velocidades de 130 Mbps hasta los 200 Mbps en los equipos que actualmente se utiliza.

La velocidad con la que cuentan los usuarios conectados a la red es compartida y variable, es decir, que ancho de banda disponible se encuentra entre el rango de 2 y 10 Mbps, esta velocidad será suficiente para transmitir información, video, voz, etc.

#### **1.3.4.4 Tipos de modulación empleadas en BPL**

A continuación se indica los tipos de modulación que por sus importantes ventajas para trabajar bajo la tecnología BPL han ayudado al momento de las comunicaciones donde existen varias formas de interferencia a través del hilo de cobre, convirtiendo en un medio inestable al sistema BPL para la transmisión de datos.

- DSSSM (Direct Sequence Spread Spectrum Modulation)
- FHSSM (Frequency Hopping Spread Spectrum Modulation)
- OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex)

Los tipos de modulación anteriormente descritos utilizan el mínimo ancho de banda con menor potencia. Tiene una comunicación segura puesto que el espectro ensanchado transmite en un ancho de banda mayor al necesario y de esta manera la señal modulada amplía el rango del espectro pero manteniendo la potencia de emisión.

Los sistemas FHSS y DSSS tienen técnicas de modulación que se distribuyen en un amplio espectro de frecuencias, logrando conseguir que la potencia espectral sea alta, además poseen sistemas sólidos frente a interferencias.

Cuando son aplicados al canal BPL presente el problema de la interferencia por las diferentes trayectorias que puede seguir la señal, un segundo problema que se da con esta técnica es la capacidad del canal por tener menores tasas de transmisión.

Modulación por división ortogonal de frecuencia (**OFDM**): técnica adecuada para la tecnología BPL por su modulación a un gran número de portadoras de banda estrecha, los constantes cambios de impedancia y las reflexiones que produce el trayecto que recorre la señal.

Lo que le permite evitar las interferencias con otras tecnologías, es que usa o no cualquier canal manteniendo una tasa de error óptima. Es fácil su adaptación a cualquier norma emitida por un ente regulador.

#### 1.3.4.4.1 Modulación OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing)

Definida como modulación de banda ancha que utiliza múltiples portadoras ortogonales, las mismas que están moduladas en amplitud y fase, la información es enviada modulando en QAM.

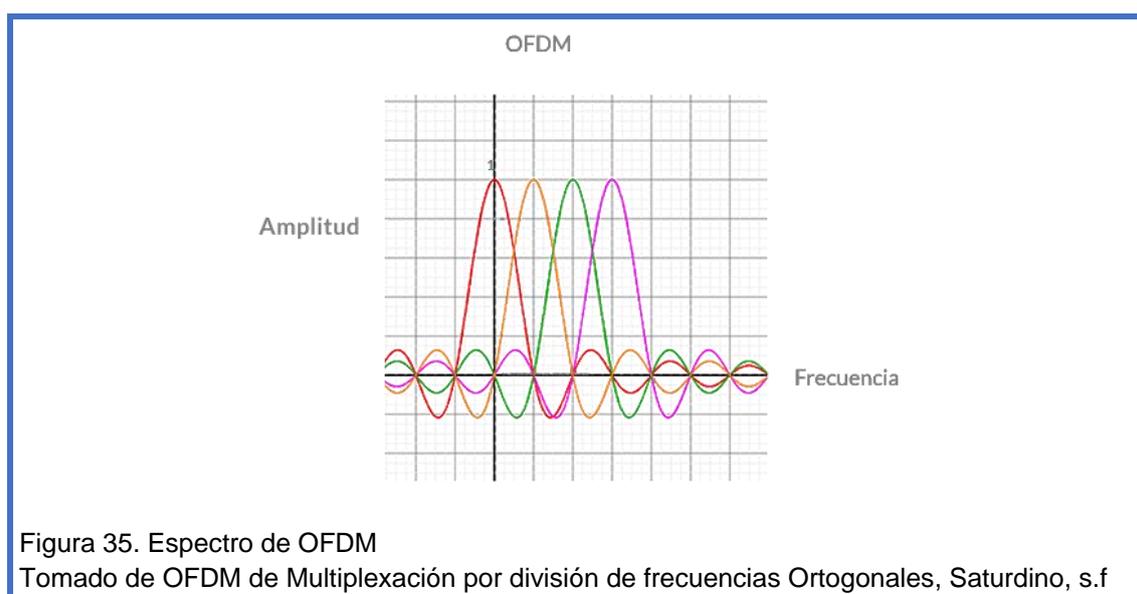


Figura 35. Espectro de OFDM

Tomado de OFDM de Multiplexación por división de frecuencias Ortogonales, Saturdino, s.f

Cada subportadora usa la modulación QAM para enviar información, esto se debe a que cuenta con una eficiente resolución espectral donde mide el ruido y atenuación, este método es utilizado por los estándares BPL.

QAM cuadratura de fase (Quadrature Amplitude Modulation) es la técnica que transmite en 2 señales como una sola señal sin portador ni modulada en cuadratura. OFDM utiliza este sistema de modulación.

Se puede producir interferencia, distorsión o pérdida de señal en los canales, la cual es provocada por un error en la fase o frecuencia de la portadora.

#### 1.3.4.4.2 Ventajas de la modulación OFDM

- La eficiencia espectral es alta.
- Utiliza altas velocidades de transmisión en la implementación del receptor con baja complejidad.
- Adaptación de enlaces con una elevada flexibilidad.
- Robustez frente a las diferencias de retardo.
- Alta inmunidad a ráfagas de ruido.

#### 1.3.4.4.3 Características de los sistemas de modulación en BPL

CARACTERISTICAS	PORTADORA SIMPLE	ESPECTRO ENSANCHADO	OFDM
<i>EFICIENCIA ESPECTRAL</i>	Moderada	Baja	Bueno
<i>ROBUSTEZ CONTRA DISTORSIONES DE CANAL</i>	Buena	Mala	Excelente
<i>ROBUSTEZ CONTRA RUIDO DE CANAL</i>	Buena	Aceptable	Aceptable
<i>HABILIDAD PARA ADAPTARSE A CAMBIOS DE CANAL</i>	Buena	Aceptable	Excelente
<i>COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNETICA</i>	Pobre	Excelente	Buena
<i>COSTOS DE IMPLEMENTACION</i>	Bajo	Bajo	Aceptable

Figura 36. Características sistemas de modulación en BPL

Tomado de Estudio de Factibilidad para Implementar una Red BPL sobre la Red de la Empresa Eléctrica Azogues S.A para brindar un servicio de transporte de Voz, Datos y Video, Navas, Sarmiento, 2012

### **1.3.5 BPL y el Modelo OSI**

El modelo OSI (Open Systems Interconnection) fue creado por la Organización de Estándares Internacionales (ISO), para determinar cuál será la manera de comunicación entre los sistemas de telecomunicaciones, este modelo ayudará en la descripción de la arquitectura BPL.

La tecnología BPL cuenta con un adecuado canal para la comunicación, basándose en la transmisión de datos y la capacidad, información que toma de las capas del modelo OSI con las que trabaja, siendo estas la capa física y la capa de enlace.

#### **1.3.5.1 Capa Física**

Primer nivel del modelo OSI y es el que se va a encargar de las conexiones físicas del cableado también con de la instalación física para trabajar con la de la tecnología PLC, como ventaja cuenta con una infraestructura ya instalada lo que genera ahorro en las obras de instalación. Para la transmisión de información óptima es necesario que los equipos manejen altas velocidades de trabajo.

Los elementos de la tecnología BPL activan el enlace físico al definir las instalaciones mecánicas, eléctricas y funcionales, una vez que la capa física haya cumplido con las condiciones necesarias de eficiencia y escalabilidad. Esta capa realiza también la modulación, codificación y el formato de paquetes.

La red eléctrica al ser un canal más de comunicaciones tiene definido el comportamiento y desempeño gracias a las dificultades que no se libra como son: la atenuación, el ruido y la distorsión, considerar para el desarrollo de la capa física los siguientes aspectos:

Características del medio de transmisión.

- Conexión a tierra de los equipos de comunicación.
- Topología física de BPL.
- Modulación.
- Frecuencia de operación.
- Niveles de radiación y potencia de la señal.
- Características físicas y eléctricas de los equipos

### **1.3.5.2 Capa de Enlace**

El objetivo es considerar las técnicas de control y corrección de errores, para poder brindar una comunicación sólida a través de la red eléctrica. Como ayuda se contará con la subcapa de Control de Acceso al Medio (MAC) quien es la encargada de los protocolos de acceso y de cómo se transfiere las tramas de información.

#### **1.3.5.2.1 Subcapa Control de Acceso al Medio (MAC)**

Establece comunicaciones identificando la dirección MAC de cada uno de los nodos de red, logrando de esta manera que pueda ser compatible la tecnología BPL con el modelo OSI, y así pueda conectarse con nuevos usuarios de la Ethernet además de ser compatibles con los estándares de dicha tecnología.

### **1.3.5.3 Capa de Red**

Esta capa permite que se establezca la ruta de conectividad entre 2 sistemas de host, aun cuando puedan estar ubicados en distintas rutas geográficamente. Al Head End de la red BPL le llegan los paquetes directamente del ISP, por lo tanto debe contar con una IP, para allí desencapsular paquetes y generar tramas que son enviadas a los repetidos y estos al mismo tiempo reenvían las tramas a los módem BPL.

#### 1.3.5.4 Capa de Transporte

La red BPL no modifica la utilización de los protocolos para el transporte TCP y UDP solo los deja habilitados en los nodos BPL y de esta puedan pasar los segmentos de la capa de red, ya que desde esta se garantiza que se dé un correcto procedimiento de encapsulamiento y desencapsulamiento de los segmentos.

#### 1.3.5.5 Capa de Aplicación

En esta capa los equipos BPL tienen funciones y servicios como HTTP, WWW, FTP, SMTP, Telnet entre otros, con estos mismos pueden contar otros equipos con diferente tecnología.

#### 1.3.6 Capacidad del Canal BPL

La capacidad de los sistemas BPL con que la que funcionan es variable, debido a que cuentan con factores como interferencia en redes eléctricas, distancia y número de usuarios conectados que influyen en la capacidad del canal para estos sistemas. De acuerdo a lo explicado se puede conseguir transmitir velocidades de 200 Mbps y para el usuario final se cuenta con velocidades que van en el rango de 2 Mbps hasta 10 Mbps.

La máxima cantidad de información posible a transmitir en bps está dada por la siguiente fórmula según la Ley de Shannon.

$$C = B * \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right)$$

Dónde:

$C$  = Velocidad máxima de transmisión de datos en bps

$B$  = Ancho de banda del canal

$\frac{S}{N}$  = Relación señal a ruido del mismo

Para una tasa de transmisión de datos es la fuente más importante representada por la disponibilidad de ancho de banda en un medio de transmisión. En la práctica el ancho de banda está fragmentado, lo que hace posible con la modulación se pueda aprovechar el espectro.

### **1.3.7 Características de la Red BPL**

- No necesita de ningún tipo de obra adicional para que pueda funcionar la tecnología.
- No tiene inconvenientes de llegar en cualquier punto geográfico al usuario final como es en caso de ADSL.
- La conexión permanece durante las 24 horas del día.
- Tiene una instalación sencilla y rápida por parte del cliente.

### **1.3.8 Sistema que emplea la tecnología BPL**

Los sistemas que emplea la tecnología BPL son 4.

#### **1.3.8.1 Red de alto Voltaje**

Utilizadas en órdenes de reconfiguración de la red además de transportar información de supervisión y señales de telemetría.

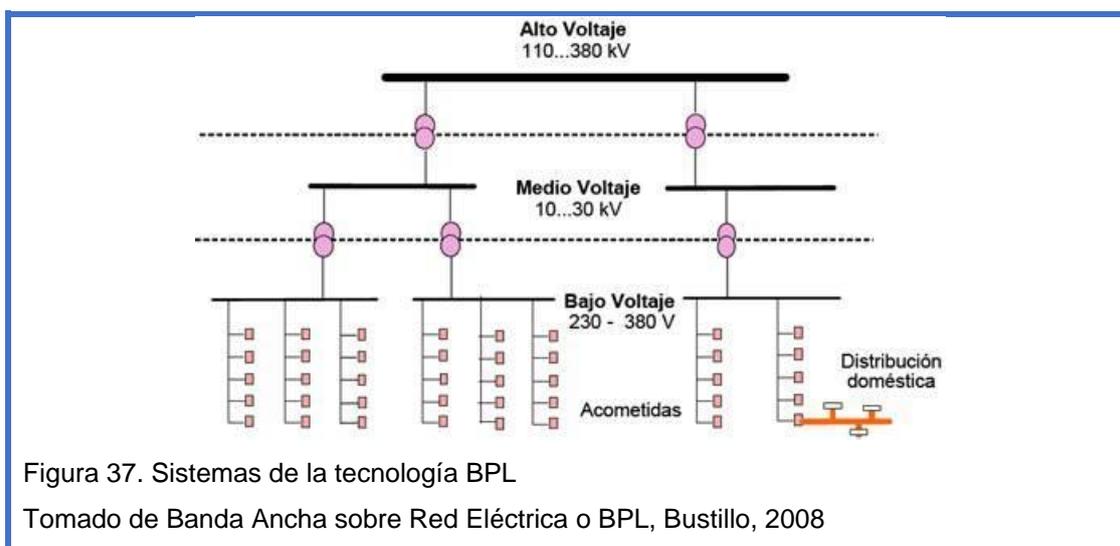
#### **1.3.8.2 Redes de bajo y medio Voltaje**

Se las puede considerar a las dos para el estudio de las soluciones con la que se cuenta ya que abarcan a las dos. La última milla es considerada a la red de bajo voltaje que comprende desde el transformador de media a baja tensión hasta los usuarios. Es importante señalar que:

La transmisión de información es compartida puesto que varios usuarios pueden estar fase de la red eléctrica.

### 1.3.8.3 Red de Distribución Domestica

El objetivo es convertir la red eléctrica doméstica en una red de acceso local, ya que posee una gran ventaja, al ser una red existente y no necesitar de nuevas instalaciones como en otras soluciones alternativas que se puede ofrecer. Cada usuario podrá hacer uso del enchufe como punto de acceso para la navegación en internet o transmisión de datos.



### 1.3.9 Arquitectura de la Red BPL

Como se ha venido mencionando la estructura de la tecnología BPL está basada en los cables eléctricos baja tensión como vía de transporte, logrando dar un el servicio de transferencia de datos.

#### 1.3.9.1 Módem de cabecera.

Como su nombre lo indica el módem de cabecera es el principal componente que tiene la red BPL, ya que este coordina con el resto de equipos que conforman esta red su frecuencia y actividad, esto lo realiza con el objetivo de que la transmisión de datos por la red eléctrica sea constante en todo momento

El módem BPL en la mejor interfaz entre la red de datos y la eléctrica porque permite que se pueda conectar con una red externa el sistema BPL. Al módem de cabecera se lo puede dividir en 2 tipos, los de media tensión que tienen un alcance de 2.5 KM y los de baja tensión de 300 m.



### 1.3.9.2 Unidad Repetidora o HG

Este equipo tiene gran importancia en el sistema BPL ya que se puede ampliar la cobertura y alcance de la señal, logrando que sea posible la transferencia de datos entre líneas de medio voltaje y bajo voltaje. También tiene la capacidad de asegurar la calidad del enlace cuando regenera la señal que se degradada por la atenuación.

Está recubierto de una manera especial ya que está ubicado y expuesto a elementos que puedan generar interferencias.



### 1.3.9.3 Módem BPL o PLC

Dispositivo que debe ir instalado en el hogar, edificio u oficina del usuario, lo que hace este equipo es conectar dos elementos de la red Ethernet aprovechando el cableado eléctrico.

La instalación debe ser con un mínimo de 2 adaptadores, pues depende de cuantos equipos se vaya a conectar al router ADSL. El módem dispone de un conector Ethernet e irá enchufado al tomacorriente y en el conector que dispone se puede conectar cualquier equipo Ethernet.

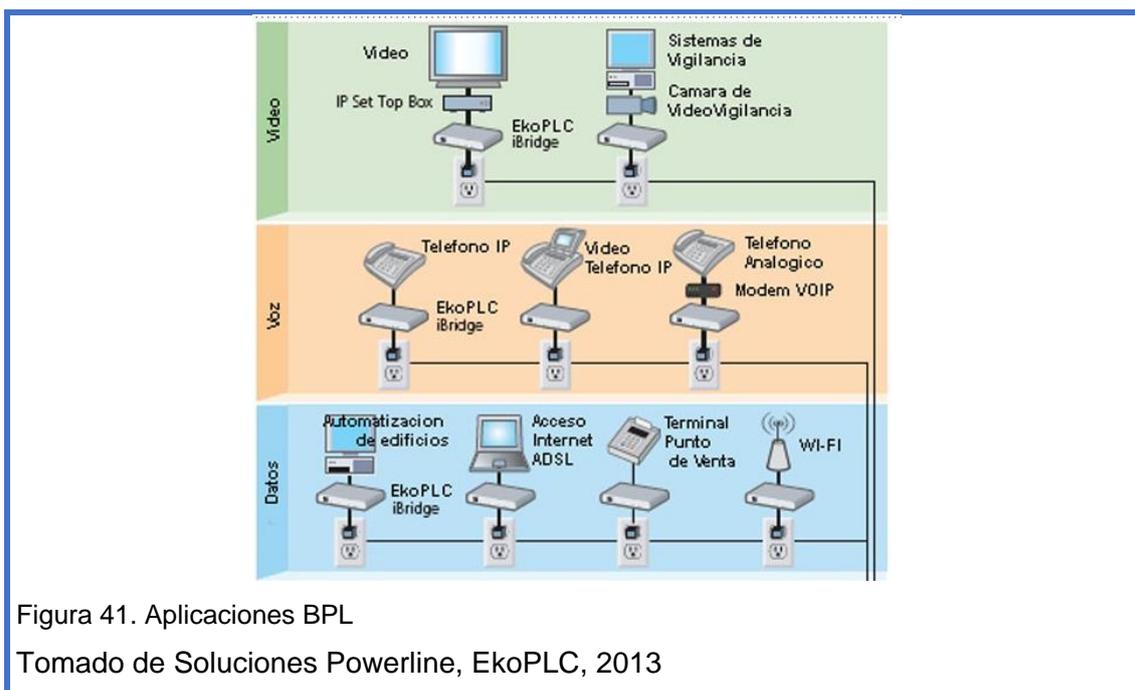


Figura 40. Módem BPL Tp-Link  
Tomado de Tp-Link, 2016

### 1.3.10 Aplicaciones

Entre las aplicaciones de la tecnología BPL se tiene:

- Acceso Internet
- VoIP
- Video Streaming
- Gaming
- Vigilancia
- Entre otras



### 1.3.11 Factores que afectan la señal BPL

#### 1.3.11.1 Atenuación

La atenuación produce una reducción de la potencia de la señal con la distancia. Esto se puede dar por los siguientes motivos:

- Resistencia del cable al calor
- Emisión electromagnética que genera al ambiente.
- La atenuación limita a la capacidad de transmisión de datos.
- A mayor distancia mayor atenuación:
- Inducción generada por equipos que contiene motores como son el caso de balastros, secadores, aspiradores entre otros.
- Desacoplamiento de impedancias por utilizar cables de diferentes diámetros, por los empalmes realizados su afectación es impredecible.

#### 1.3.11.2 Ruido

- Ruido Ambiental, por ejemplo: RF radio, este es incorregible.
- Ruido Incidental, este ocurre por limitado tiempo y afecta a limitado rango de frecuencias. Técnicamente este tipo de ruido es corregible.

### **1.3.12 Ventajas**

- Instalación rápida y sencilla
- Alta posibilidad y oportunidad de prestar varios servicios.
- Variedad de aplicaciones
- Facilidad de conexión del cliente
- Movilidad el usuario puede conectarse en cualquier punto de la edificación.
- Genera servicios de gestión para la empresa de servicio eléctrico.

### **1.3.13 Desventajas**

- La posibilidad de usar esta tecnología depende mucho del estado en el que se encuentre las redes eléctricas ya que si estas se encuentran en mal estado, deterioradas o a su vez los cables presentan empalme mal hecho.
- Otra limitación en el uso de esta tecnología está dada por la distancia, 10 metros es la medida óptima de transmisión, de existir distancias mayores a estas es necesario instalar repetidores.
- El aislante que cubre al cable eléctrico genera ondas electromagnéticas a su alrededor, mismas que pueden llegar a interferir en las frecuencias de otra ondas de radio.

### **1.3.14 BPL en Ecuador**

#### **1.3.14.1 Marco Legal de BPL en Ecuador**

Previo a implementar los servicios de BPL se debe conocer la normativa nacional actual del país, ya que contiene ciertas condiciones primordiales que se deben conocer tanto en el sector eléctrico como el de las telecomunicaciones.

La prestación de servicios de comunicación por medio del uso de cables eléctricos de media y baja tensión como medios de comunicación para redes de acceso no está impedida según la normativa.

Actualmente la sociedad ecuatoriana se rige por un marco legal debido a que el sector de las telecomunicaciones ha experimentado cambios en este aspecto. Anteriormente la SENATEL (Secretaría Nacional de Telecomunicaciones) ahora llamada ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones) es la encargada de indicar las reglas y normas para que pueda existir una expansión de la tecnología BPL, luego de un estudio preliminar.

Hace unos años y mediante el convenio suscrito entre la Superintendencia de Telecomunicaciones, quien era el máximo ente regulador estatal, además de que era la encargada de verificar que los equipos de comunicación BPL cumplan las condiciones dadas en el Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones sobre el proceso de homologación y normalización y la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur, se ha adoptado la recomendación FCC (Federal Communications Commission) 04-245 del estudio realizado por la NTIA (National Telecommunications and Information Administration) del año 2004, en la cual se dan todos los parámetros de medición y rangos permisibles en los cuales pueden operar este sistema para no interferir con otros sistemas de telecomunicaciones.

Los primeros equipos que fueron usados en el país fueron Corinex donde la CONATEL (Consejo Nacional de Telecomunicaciones) confirmó que trabajan con normas internacionales permitiendo que el proceso de homologación no sea un problema en el uso de la tecnología BPL.

Para la medición se adoptó el protocolo de la FCC, debido a que se ha basado en estudios de entidades calificadas tales como la NTIA, CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization) y el ETSI (European

Telecommunications Standard Institute) rescatando los mejores análisis de cada una.

Se detallan los puntos más importantes:

- Las mediciones se realizarán mediante una antena magnética LOOP ya sea activa o pasiva, para frecuencias por debajo de los 30 MHz. Se colocará la antena a 1 metro de altura orientada verticalmente al tendido eléctrico en medición obteniendo su valor máximo cuando se rote la antena 180 grados.
- Para la distancia horizontal de medición, la FCC recomienda que sea de 10 metros.

## **1.4 Generalidades de la Tecnología WIFI**

### **1.4.1 Introducción**

#### **1.4.1.1 Red Inalámbrica**

La red inalámbrica es una de las tecnologías que durante muchos años han facilitado su operación móvil al computador llegando a no pertenecer ni mantenerse estático como un punto fijo, convirtiéndose en una alternativa bastante eficiente con respecto a las redes cableadas, debido al bajo costo, facilidad de instalación y libertad de conectarse en cualquier lugar.

En las redes WLAN cada fabricante utilizaba soluciones particulares, esto presentaba inconvenientes al no permitir la interconexión de equipos de distintos fabricantes, de esta manera el cliente no tenía más opción que trabajar con un mismo fabricante, razón por la cual inicia una aceptación de normalizar los sistemas de comunicación. Este cambio logra una aceptación favorable en el mercado y un desarrollo rápido en las tecnologías inalámbricas 802.11 WIFI, 802.16 WIMAX, 802.12.1 Bluetooth.

El IEEE 802.11 da inicio de la normalización del sistema conocido como WIFI (Wireless Fidelity), esta norma estándar llega a ser la más utilizada para conectar computadores en diferentes distancias, con el pasar del tiempo y de acuerdo con el avance tecnológico ha ido sufrido variaciones hasta que existió el que en la actualidad es el más común en su uso, el estándar IEEE 802.11b tiene su operación en la banda de los 2,4GHz y llega a soportar velocidades de transmisión de datos 11Mbps en un distancia alrededor de los 400m.

La familia del IEEE 802.11x fue concebida como un conjunto de estándares para uso en las redes inalámbricas con el objeto de lograr las Redes de Área Local Inalámbricas (WLAN). Se basa en un mismo marco regulatorio de Ethernet (802.3) asegurando principalmente la interoperabilidad y su sencilla implementación de funciones/dispositivos Ethernet/WLAN.

Con el paso de los años y a partir de la base de este estándar 802.11, se han desarrollado muchos protocolos diferentes, con distinta velocidad, alcance y otras características que implementan nuevas técnicas tanto de modulación como de acceso logrando así mayores velocidades de transmisión y mayor robustez en la conectividad.

#### **1.4.1.2 Componentes de un sistema inalámbrico**

##### **1.4.1.2.1 Dispositivo de Comunicación**

Es el usuario terminal para enviar/recibir señales a la red inalámbrica

##### **1.4.1.2.2 Estación Base**

Es la encargada de recibir y enviar las señales entre el dispositivo usuario y la central de conmutación.

### 1.4.1.2.3 Central de conmutación

Procesa, direcciona y completa la información enviada por los usuarios, es decir ejecuta las funciones de puente entre usuarios inalámbricos y tradicionales.



Figura 42. Componentes Sistema Inalámbrico

Tomado de Infografía, Porta Emibel, s.f.

### 1.4.1.3 Clasificación de las redes inalámbricas

#### 1.4.1.3.1 Redes inalámbricas PAN

Redes que tienen un ámbito específico de aplicación, este ámbito es el de conexión entre computadoras personales y dispositivos asociados. Manejan aproximadamente distancias menores a 30 metros, utilizado en entornos de oficinas, laboratorios y viviendas. Los estándares de estas redes son:

- Infra-Rojos
- Bluetooth
- IEEE 802.15
- HomeRF

#### **1.4.1.3.2 Redes inalámbricas locales WLAN**

Redes que están circunscritas a una localidad equivalente a la superficie de un edificio o de una casa que trabaja a cientos de metros (100-400 metros.).

Los estándares están rígidos por la familia de protocolos cubiertas por el estándar IEEE 802.11, los cuales muestran una serie de mecanismos y protocolos que permiten diferenciar esquemas de transmisión y modulación para lograr mejoras en velocidades y rendimientos para poder transmitir datos.

#### **1.4.1.3.3 Redes inalámbricas metropolitanas (WMAN)**

Redes de accesos inalámbrico de banda ancha que operan en ambientes urbanos y rurales.

La implementación de una red de acceso banda ancha inalámbrica es la aplicación más directa de este tipo de red para que pueda ser un competidor en el mercado del acceso a internet, como ejemplo tenemos WIMAX.

#### **1.4.1.3.4 Redes inalámbricas extendidas (Wide Área)**

Estas redes pueden abarcar varias decenas o incluso cientos de kilómetros, donde se provee el servicio en general mediante la red de telecomunicaciones entre estas tenemos tipo de celular o satelital.

El origen de esta red está en las redes celulares que actualmente se han masificado y aplicado a otros ámbitos. Aquí tenemos los servicios de cuarta generación 4G siendo este un nuevo concepto de comunicaciones móviles que puede alcanzar velocidades de hasta 100 Mb/s ofreciendo servicio de videoconferencia de alta calidad. Estándar disponible en el mercado desde el 2010.

#### **1.4.1.4 Ventajas de las Redes Inalámbricas**

Entre sus principales ventajas frente a las redes cableadas tenemos:

##### **1.4.1.4.1 Movilidad**

Esta es la ventaja más evidente de las redes inalámbricas, cualquier dispositivo u ordenador pueden situarse en cualquier punto donde se tenga cobertura de red sin depender de un cable.

##### **1.4.1.4.2 Desplazamiento**

No solo se puede acceder desde cualquier punto de la oficina o casa a la red, además se puede desplazar de un lugar a otros sin perder la comunicación, lo cual facilita el trabajo en determinadas tareas.

##### **1.4.1.4.3 Flexibilidad**

A la red pueden aumentarse varios computadores lo que no ocasiona que sea necesario hacer cambios de configuración de la red, evitando pasar un cableado que resulta más caro. La red inalámbrica es la indicada para lugares en los que se necesita accesos esporádicos lo que hace que sea una alternativa más viable a comparación de las redes cableadas.

##### **1.4.1.4.4 Ahorro de costes**

En empresas que no disponen de una red cableada debido a que su instalación representa problemas, se convierte en una muy buen alternativa la instalación de una red inalámbrica ya que permitirá el ahorro de costes para compartir recursos.

#### **1.4.1.4.5 Escalabilidad**

Se refiere a lograr expandir la red luego de que se realizó una instalación y se puede conectar más de un nuevo ordenador con facilidad haciendo que pueda ser escalable ya que el funcionamiento de la red sigue siendo eficaz.

#### **1.4.1.5 Aplicaciones de las redes inalámbricas**

En las redes inalámbricas se tienen varias aplicaciones de las cuales citaremos solos las siguientes:

- La implementación de redes de área local en infraestructuras de acceso no favorable y en general en lugares donde la situación cableada es imposible.
- Reconfiguración de la topología de red sin que implique costes adicionales, es factible esta solución en entornos que son cambiantes y la estructura de red debe ser factible para que se adapte a los cambios.
- Es ayuda en situaciones de emergencia donde la red cableada puede congestionarse.
- La red inalámbrica puede ser implementada tan solo para un plazo corto de tiempo.
- Se puede interconectar redes locales que se encuentran en diversos lugares físicos.

#### **1.4.1.6 Encriptación de transmisión**

Cuando hablamos de conexiones inalámbricas se torna fácil que cualquier persona intercepte esta comunicación y acceda a la transmisión de información, por tal motivo es recomendable la encriptación para que la transmisión se emita de forma segura. Esta encriptación WAP tiene características de seguridad viables, como la generación dinámica de claves de acceso.

### 1.4.2 WIFI

Sistema de envío de datos a las redes computacionales de corto plazo, sin uso de cables.

WIFI pertenece a una marca de la WIFI Alliance, llamado anteriormente como WECA Wireless Ethernet Compatibility Alliance, compañía encargada de adoptar, probar y certificar que todos los equipos cumplan los estándares 802.11. Por el mal uso de los términos el nombre del estándar se confunde con el de la certificación. La red WIFI en realidad es una red que cumple con el estándar 802.11.

En la práctica con la WIFI se pueden diseñar redes inalámbricas de velocidad alta donde se puede conectar dispositivos con velocidades de 11Mbps o superiores en ambientes cerrados (20 a 50 metros) o dentro de un radio de varios cientos de metros al aire libre.

Actualmente la red inalámbrica WIFI puede llegar a cubrir áreas con una gran concentración de usuarios, estas zonas se conoce como “zonas locales de cobertura”.

Entre los estándares más utilizados por la IEEE 802.11 tenemos:

Tabla 2. Estándares IEEE 802.11

Estándar	Nombre	Descripción
<b>802.11a</b>	WIFI5	El estándar 802.11 (llamado WIFI 5) con fecha de lanzamiento en 1999 permite un ancho de banda para transferencia superior (el máximo es de 54 Mbps aunque en la práctica es de 30 Mbps). El estándar 802.11a facilita ocho canales de radio en la banda de frecuencia de 5 GHz. Técnica de modulación OFDM, velocidad de Tx de datos típica 25 Mbps, Alcance de interiores hasta 30m y sin compatibilidad.
<b>802.11b</b>	WIFI	El estándar 802.11b actualmente es el más utilizado y fue lanzado al mercado en 1999.

		Ofrece un rendimiento total máximo de 11 Mbps (6 Mbps en la práctica) puede alcanzar hasta 300 metros en un espacio abierto. Utiliza un rango de frecuencia de 2,4 GHz con 3 canales de radio disponibles. Técnica de modulación HR/DSSS, CCK, velocidad de TX de datos típica 6,5 Mbps con alcance de interiores hasta 50 metros con compatibilidad IEEE 802.11g
<b>802.11g</b>		El estándar 802.11g lanzado al mercado el 2003 ofrece un elevado ancho de banda (con un rendimiento total máximo de 54 Mbps pero de 30 Mbps en la práctica) tiene un rango de frecuencia de 2,4 GHz. Este estándar 802.11g es compatible con el estándar anterior, el 802.11b, lo que significa dispositivos que admiten el estándar 802.11g también pueden funcionar con el 802.11b. Técnica de modulación ERP/OFDM, CCK, velocidad de Tx de datos típica 25Mbps con alcance de interiores hasta 30m.
<b>802.11n</b>		El estándar 802.11n lanzado al mercado el 2009 ofrece un elevado ancho de banda (con un rendimiento total máximo de 200 Mbps) posee un rango de frecuencia de 2,4 GHz. El estándar 802.11n es compatible con todos los estándares anteriores, lo que significa que los dispositivos que admiten cualquiera de los estándares anteriores también pueden funcionar con el 802.11n. Técnica de modulación MIMO-OFDM, velocidad de Tx de datos típica >100Mbps con alcance de interiores hasta 30m.

Según la evolución de estándares 802.11, se encuentran algunas mejoras para la capa física:

#### **1.4.2.1 802.11a, g: Multiplicación Ortogonal por División de Frecuencia (OFDM) para WLAN**

Como primera modificación del estándar, el 802.11a incorpora la técnica de Multiplexación Ortogonal por División de Frecuencia (OFDM), soporta hasta 54Mbps en tasa de transmisión de datos nominal. La frecuencia de operación está comprendida en la banda de los 5GHz haciendo imposible que de esta manera se logre conectividad entre dispositivos que no estén en este protocolo.

Es por esta razón que tiempo más tarde se da la creación del protocolo 802.11b misma que aprovecha la banda de frecuencia de 2.4GHz pero incluyendo los beneficios de la técnica OFDM. Con esta mejora se obtiene la compatibilidad con sistemas que han implementado Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) ofreciendo una fácil migración entre dispositivos con estas características.

La modulación en exteriores es máximo 30 metros a 54Mbps y valor mínimo 300 metros 6Mbps, en interiores el valor máximo 12 metros 54 Mbps.

#### **1.4.2.2 802.11b: High Rate Direct-Sequence Spread Spectrum HR/DSSS**

802.11b extensión directa en la técnica de modulación DSSS que está definida en el estándar original, estos productos tuvieron actualizaciones para soportar mejoras del 802.11b y con sustanciales reducciones de precios en el mercado obteniendo una rápida aceptación del estándar 802.11b como la tecnología Wireless LAN definitiva.

802.11b usualmente es usada en configuraciones punto y multipunto en el caso de los AP que debe comunicarse con una antena omnidireccional con todos los clientes estén dentro del área de cobertura del punto de acceso. Al emplear antenas de alta ganancia exterior el protocolo se lo puede ser utilizado en arreglos fijos punto a punto normalmente en rangos superiores a 8Km incluso en ciertos casos a 120 Km siempre que haya línea de vista, con esto se logrará reducir costos en la adquisición de equipos más sofisticados.

El rango en interiores es de 32 metros a 11 Mbit/s y 90 metros a 1Mbit/s.

#### **1.4.2.3 802.11n: Alto Rendimiento**

802.11n se lo puede comparar con el estándar 802.3u llamado Fast-Ethernet pero este nos ofrece tasas de transferencia de hasta 600 Mbps.

La principal característica del 802.11n es su capacidad de soporte para múltiples entradas/múltiples salidas (Multiple input/Multiple Output, MIMO). MIMO permite arreglos de antenas con el que se puede lograr un multiplexado espacial o formación de un solo haz de radiación. La diferencia con los demás estándares que usan anchos de canal de 20 MHz el 802.11g usa canales de 40MHz, a pesar de que esta característica ya había sido usada como una mejora para protocolos como 802.11a y 802.11g, por tanto se preveía que podría afectar considerablemente el rendimiento de los actuales protocolos de 802.11, Bluetooth (802.15.1) y ZigBee (802.15.4).

### **1.4.3 Topología de Red**

Basados en la estructura de conexión punto–multipunto o punto-punto se encuentran elementos básicos que intervienen en la topología de red donde tenemos una Estación Cliente que puede ser cualquier elemento que se conecta que esté equipado con el estándar 802.11. El punto de acceso o Access Point (AP) que es un nodo WIFI que proporciona la conectividad a los computadores que estén conectadas a él. Un Sistema de Distribución que se trata de un componente lógico para el intercambio y conmutación de tramas en sistemas con varios Access Point unidos a toda una red troncal. BSS es un conjunto que brinda servicios básicos que trata de un conjunto de estaciones cliente que tienen conexión directa entre cada una de ellas. Se destacan dos tipos:

- IBSS (BSS Independiente): Las Estaciones Cliente se comunican directamente.
- BSS con infraestructura: Las Estaciones Cliente se comunican mediante un Access Point.

### **1.4.4 Utilidades de la Red WIFI**

Esta red tiene muchas utilidades prácticas en diversos tipos de empresas o negocios.

- Acceder a la red privada empresarial sin importar el punto donde se encuentre el usuario.
- Conectar sin cables varios dispositivos a la vez sin problemas de tender una maraña de cables.
- Poder acceder sin dificultad sobre servicios de VoIP sin cables.

#### **1.4.5 Tipos de Redes Inalámbricas WIFI**

Se hará mención de 2 formas diferentes de conexión:

##### **1.4.5.1 Red WIFI de Infraestructura**

Arquitectura que se basada en 2 elementos: uno o varios puntos de accesos y estaciones de trabajo ya sean estos fijos o móviles que se conectan con el servidor mediante el punto de acceso.

##### **1.4.5.2 Red WIFI Ad-Hoc**

Arquitectura basada solamente en un solo elemento que son las estaciones de cliente sean estas fijas o móviles, las mismas que se conectan unas a otras para intercambiar sus respectivas tramas información a través del medio inalámbrica.

#### **1.4.6 Capa Física PHY**

Capa que se ocupa principalmente de modular y codificar los datos cumpliendo con el principio de proporcionar servicios a la capa MAC para el intercambio de tramas, transportar adecuadamente la señal que corresponde a los bits 0 y 1 de los datos que el transmisor enviará a su receptor. Una función importante en la misma capa PHY es la del intercambio de tramas con el PHY remoto usando múltiples mecanismos de modulación y codificación.

La arquitectura en capa PHY se divide en dos partes:

- Physical Medium Dependent (PMD), que consiste en medios reales tanto para la transmisión y recepción en un medio físico. Es decir la detección de un canal libre (Clear Channel Assessment, CCA).
- Physical Layer Convergence Procedure (PLCP): proporciona a la capa MAC una interfaz única e independiente del PMD concreto.

#### **1.4.7 Seguridad y Fiabilidad**

Actualmente la tecnología WIFI presenta un problema actualmente que es la saturación del espectro radioeléctrico de forma progresiva, ya que existe una demanda considerable de usuarios, lo que afecta directamente a las conexiones que se encuentran a distancias extensas (mayor de 100 metros).

WIFI fue diseñada para conectar computadores a distancias reducidas en la red, cuando sobrepasamos el límite de alcance está expuesto riesgo inevitables de interferencias. En la actualidad se encuentra un elevado porcentaje de redes que son instalados sin tener en consideración alguna de seguridad convirtiéndose en redes vulnerables, sin proteger la información que envía.

Para garantizar la seguridad existen varias alternativas para estas redes. Las más comunes y utilizadas actualmente son los protocolos de cifrado de datos para los estándares WIFI como el WEP, el WPA, o el WPA2, estas son las que se encargan de codificar la información transmitida y así proteger su confidencialidad, proporcionados por los propios dispositivos inalámbricos. La mayoría de las formas son las siguientes:

- WEP, cifra los datos de tal manera que sólo el destinatario específico pueda acceder a ellos. WEP tiene 2 niveles de 64 y 128 bits. Mediante una clave de cifrado se codifica los datos antes de enviarlo al aire. Debido a que este cifrado presenta grandes vulnerabilidades no es muy

recomendado su uso, ya que cualquier cracker puede conseguir sacar la clave.

- WPA: estas claves no tienen restricción de longitud y se forman de dígitos alfanuméricos lo que representa mejoras para la generación dinámica de la clave de acceso.
- IPSEC (túneles IP): Utilizado en el caso de las VPN, lo que permite la autenticación y autorización de usuarios.
- Filtrado de MAC, se recomienda su uso si solo se será con los mismos equipos y que estos sean pocos, ya que de esa manera sólo se permite acceso a la red a aquellos dispositivos autorizados.
- Ocultación del punto de acceso: de manera que sea invisible a otros usuarios el punto de acceso (Router).
  
- El protocolo de seguridad llamado WPA2 (estándar 802.11i), es el más seguro para la WIFI actualmente además de que presenta una mejora relativa de la WPA. Lo que le diferencia del resto es que este protocolo requiere hardware y software compatibles.

#### **1.4.8 Ventajas**

La tecnología WIFI posee varias ventajas, entre esas tenemos:

- Ofrece comodidad superior al de las redes cableadas por ser inalámbricas, ya que cualquier puede tener acceso a la red desde diferentes puntos dentro de un rango con amplio espacio.
- Ahorro en gastos de infraestructura ya que luego de ser configuradas las redes WIFI permiten el acceso de múltiples computadores.
- La compatibilidad entre dispositivos WIFI es total según lo confirmo la WIFI Alliance, es decir, que desde cualquier parte del mundo se podrá utilizar esta tecnología sin problemas.

### 1.4.9 Desventajas

La tecnología WIFI presenta ciertas desventajas al igual que cualquier otra tecnología, algunas de estas son:

- Tiene una menor velocidad con respecto a la conexión por cable debido a que presenta interferencia y pérdidas de señal de acuerdo al ambiente donde este.
- La WIFI tiene como principal desventaja la seguridad, porque al igual que han avanzado las tecnologías también existen programas capaces de capturar paquetes y de esta forma puedan calcular la contraseña de la red, y acceder a ella.

Para solventar esta desventaja WIFI Alliance sacó al estándar WPA para dejar como definitivos el basado en el estándar 802.11i WPA2, las redes que se encuentran protegidas con WPA2 es más robustas a las vulnerabilidades de identificar la clave proporcionando buena seguridad.

- Cabe indicar que la tecnología WIFI no es compatible con otros tipos de conexiones sin cables como son Bluetooth, GPRS, UMTS, etc.

### 1.5 VoIP

VoIP es una tecnología de gestión de enrutamiento de comunicaciones de voz a través de redes de datos basados en protocolos UDP/IP. Utilizando la infraestructura de la red híbrida de datos BPL, WIFI o LTE como una alternativa para transportar el tráfico, y, así mismo al aplicar protocolos de voz sobre IP (VoIP) para el envío de tramas de señalización, se puede lograr tener uso de servicios de telefonía. Usando este protocolo IP, la red tiene acceso a servicios de telefonía local (dentro de la misma red) a bajo costo, y conexión con la PSTN (Public Switched Telephone Network). Además, se tiene la capacidad de habilitar servicios adicionales como buzón de voz, llamada a tres o más clientes, transferencia de llamadas, en fin varios servicios que una PBX puede soportar pero sin un costo adicional.

Los usuarios de la red pueden tener así comunicación de voz con establecimientos que forman parte de la red y con cualquier abonado de la PSTN, mediante equipos especiales que hacen la conmutación entre redes digitales a analógicas y viceversa. Los costos de las llamadas internas son prácticamente gratuitas excepto por el pago del consumo de ancho de banda alquilado. En cambio las llamadas realizadas hacia la PSTN tienen su costo normal como cualquier abonado, debido a que la PBX funciona como una pasarela de comunicaciones entre los usuarios internos y la red pública conmutada.

### **1.5.1 Parámetros de la VoIP**

Solo soporta best effort ya que puede tener limitaciones de ancho de banda; por ese motivo se presentan diversos problemas a garantizar la calidad del servicio.

### **1.5.2 Códecs**

Los códecs garantizan la codificación y compresión del audio y video para de esta manera lograr un sonido o imagen utilizable, por tal motivo la voz debe codificarse para poder ser transmitida por la red IP. Depende del códec utilizado en la transmisión y el ancho de banda que se utilizara.

Entre los códecs más utilizados en VoIP tenemos:

- G.711: bit-rate de 56 o 64 kbps.
- G.722: bit-rate de 48, 56 o 64 kbps.
- G.723: bit-rate de 5,3 o 6,4 kbps.
- G.728: bit-rate de 16 kbps.
- G.729: bit-rate de 8 o 13 kbps.

### 1.5.3 Retardo o latencia

Se considera aceptable un retardo en una conversación cuando un retardo de tránsito y de procesado este por debajo de los 150ms produciendo retardos importantes.

Se puede como estrategia de recuperación reproducir las muestras de voz previa siempre y cuando sean pocas las tramas perdidas. Claro que no solo se puede usar esta estrategia también se puede combatir mejor las ráfagas de errores empleando sistemas de interpolación. Al basarse en las muestras de voz previas, el decodificar predicara la trama perdida.

## 1.6 Calidad de Servicio

Para mejorar el nivel de servicio, se ha trabajado bajo la siguiente iniciativa:

- Para aprovechar el ancho de banda transmitiendo menos información para lo que se propone la supresión de silencios, ya que al ser transmitida otorga más eficiencia.

La calidad de servicio QoS puede ser medida bajos los siguientes parámetros como son:

- Ancho de banda
- Delay (retraso temporal)
- Jitter (variación de retraso)
- Pérdida de paquetes.

En una red se puede implementar tres tipos básicos de QoS:

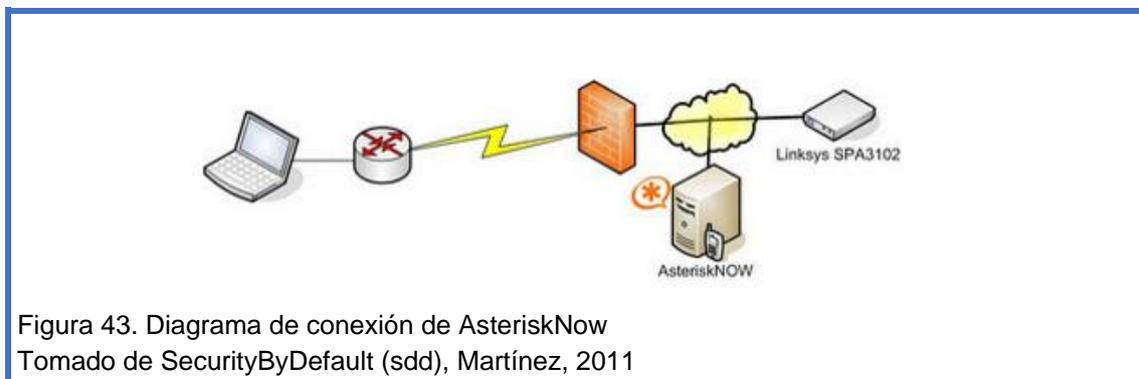
- Entrega de mejor esfuerzo (best effort): este método solo se encarga de enviar paquetes sin que exista una prioridad para ello pues solo los va enviando de acuerdo a como van llegando.
- Servicios Integrados: este método usa una función principal que es pre acordar una camino para los paquetes que van llegando y que necesitan prioridad. Es una arquitectura no es escalable, por la cantidad de

recursos que necesita para estar reservando el ancho de banda que necesita para cada aplicación. El servicio integrado usa como mecanismo el RSVP (resource reservation protocol) desarrollado para programar y reservar el ancho de banda requerido para cada una de las aplicaciones que son transportados por la red.

- Servicios Diferenciados: con este sistema cada dispositivo de red tiene la posibilidad de manejar los paquetes individualmente, como por ejemplo cada router y switch configuran sus propias políticas de QoS, y con ello deciden de manera propia acerca de la entrega de los paquetes. Los servicios diferenciados utilizan 6 bits en la cabecera IP.

### 1.7 Adaptador Telefónico Analógico (ATA)

El Adaptador Telefónico Analógico es un dispositivo que permite reenviar la señal analógica, que llega por el cable RJ-11 del teléfono convencional a la central con AsteriskNow mediante VoIP.



Este adaptador también cuenta con la opción de conectar uno o dos teléfonos analógicos a la red. Este equipo al conectarse al servidor de voz sobre IP por medio del internet al teléfono convencional, es capaz de transferir las señales de voz recibidas y enviarlas por la red como una señal de datos de esta manera es procesada y entregada a su destino en forma de voz nuevamente, de igual manera trabaja con la señal de datos de las llamadas entrantes, las traduce en voz para que puedan ser escuchadas en el teléfono analógico que

está conectado a este equipo, con muy buena calidad de sonido que puede superar a la del servicio analógico tradicional.

La configuración de este requiere conectar el cable del teléfono analógico al ATA y este equipo ATA conectarlo al servidor de VoIP, que a su vez está conectado al internet.

Este servicio ayuda a rebajar los costos por llamadas nacionales, internacionales y celulares por el hecho de que usa la red de internet para establecer la comunicación.

## **2. CAPÍTULO II: DISEÑO DE LA RED HÍBRIDA LTE – WIFI – BPL**

En este capítulo se segmenta los enlaces de red de cada una de las tecnologías descritas en nuestro estudio, con el propósito de analizar que ancho de banda demandará la red, analizar los tipos de antenas utilizadas, definir la configuración del servidor de telefonía IP, analizar el tráfico de datos generado en la red híbrida

### **2.1 Diseño de la Red Híbrida LTE-WIFI-BPL**

De acuerdo a lo expuesto en los capítulos 1 del Marco Teórico sobre los conceptos, definiciones, componentes y principales características de cada una de las tecnologías de red propuestas para este proyecto, es importante analizar cuál es comportamiento de cada una de estas tecnologías con la implementación de esta red.

#### **2.1.1 Ubicación donde se implementa el prototipo de red híbrida propuesto**

Para la implementación del prototipo propuesto se instala los equipos de comunicación de red inalámbrica con tecnología 4G en la oficina principal ubicada en Calle Antonio Moscoso S19-130 y José María sector Solanda, que será el punto de partida para la comunicación de la tecnología LTE 4G, la oficina principal se encargará de distribuir el internet, servicio de voz sobre IP y administrar el ancho de banda adecuado a la oficina sucursal ubicada en calle Salvador Bravo S19-147 y Francisco Rueda, sector Solanda.

Cabe recalcar que es muy importante realizar un análisis de los proveedores de servicio LTE 4G antes de implementar el prototipo y validar si en el sector donde está ubicado la oficina principal existe cobertura de la tecnología LTE 4G.

### 2.1.2 Análisis de Proveedores LTE 4G en Ecuador

La tecnología de red llamada LTE 4G presta servicios de Banda ancha y es considerada la mejor tecnología inalámbrica hasta el momento, por su rapidez en la transmisión de voz, datos y video.

Actualmente la mayor parte de los sectores de la ciudad de Quito cuentan con enlaces de Red LTE 4G y son ofrecidas por las operadoras principales del Ecuador (Claro, Movistar, CNT) que brindan el servicio de redes LTE 4G para descargar audio, fotos y aplicaciones online con mayor velocidad, hacer video conferencias en tiempo real y mejorar la calidad de servicio de voz. Estos algunos de los beneficios que nos brinda esta tecnología.

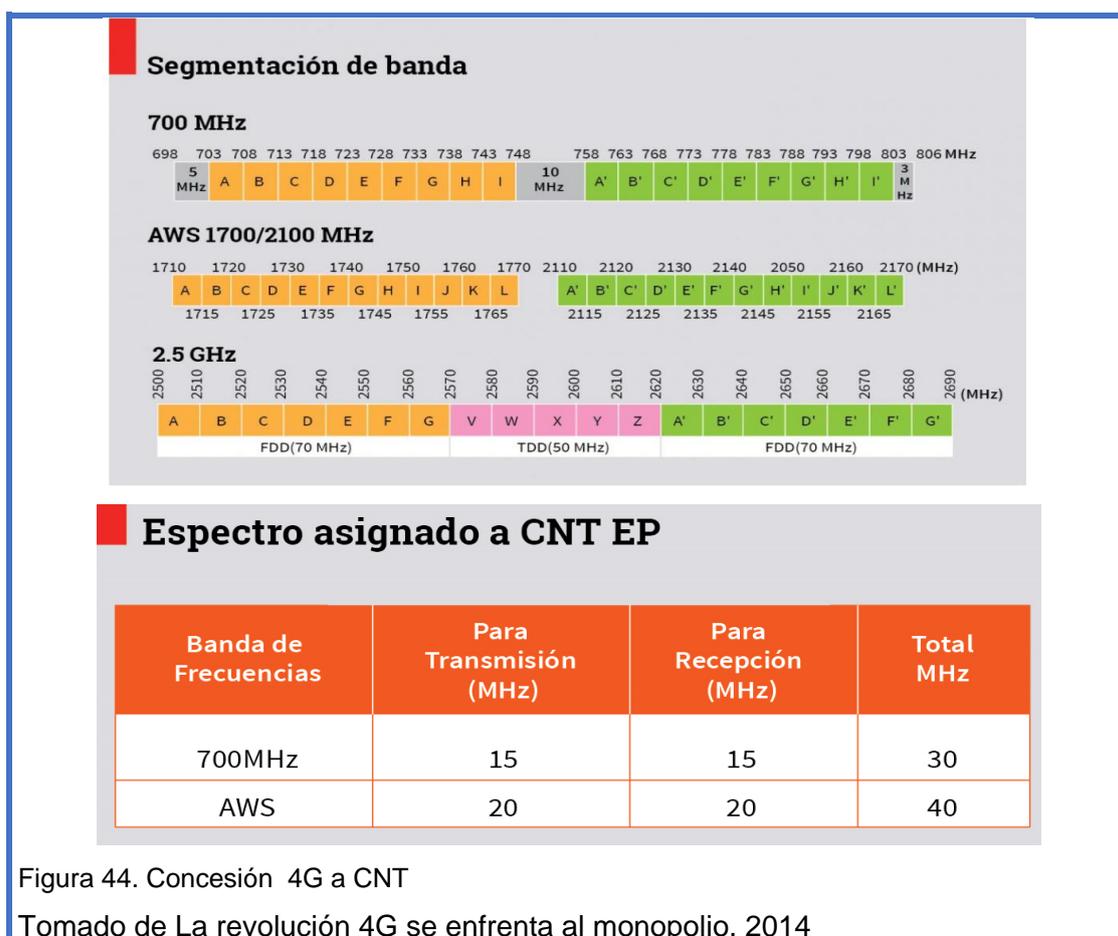
De acuerdo los planes que ofrecen estas operadoras se han generado una tabla con sus respectivos planes, megas y costo que incluyen en su servicio.

Tabla 3. Proveedores LTE 4G.

	Plan	GB INCLUIDOS	Costo Mensual
<b>CNT</b>	LTE Control Corp 4G 140	15GB	140 +iva
<b>CLARO</b>	Adrenalina 1000MB	1GB	37 +iva
<b>MOVISTAR</b>	Smart 6000PLUS	6GB	80 +Iva

A pesar que la operadora Claro (Conecel S.A) fue considerada como el operador dominante en el mercado de las telecomunicaciones móviles por varios años, debido a las enormes ventajas que ofrecía sobre las otras operadoras, dejando a CNT E.P y Movistar (Otecel S.A.), sin poder consolidarse en el mercado de las telecomunicaciones como empresas competitivas con suficiente precisión como lo es Conecel S.A. Y en vista de esta competencia inequitativa, Conatel, ahora Arcotel (Agencia de Regulación y Control de las Comunicaciones) mediante resolución TEL-804-29-Conatel-2012 resolvió dar concesión la empresa pública CNT E.P. en la banda de 700 MHz los bloques G - G', H - H' e I - I' correspondientes a los rangos 733 - 748 MHz (UP LINK) y 788 -803 MHz (DOWN LINK) a nivel nacional, luego de 3

años Conatel ahora Arcotel (Agencia de Regulación y Control de las Comunicaciones) autorizó la concesión a la empresa pública CNT E.P. en la banda de AWS 1700/2100 MHz los bloques A - A', B - B', C - C' y D - D' correspondientes a los rangos 1710- 1730 MHz (UP LINK) y 2110 - 2130 MHz (DOWN LINK) a nivel nacional.



Un factor importante es verificar que en el sector donde se encuentra la oficina principal, exista cobertura de la tecnología LTE 4G, cabe recalcar que las operadoras Claro y Movistar solo trabajan con la tecnología HSPA+ en el sector de Solanda, mientras que CNT actualmente es la operadora que tiene mayor experiencia en el mercado nacional con el servicio LTE 4G, para comprobar dicha cobertura se utiliza el link: <http://gis.cnt.com.ec/apppublico/>

## Oficina Principal: Calle Antonio Moscoso S19-130 y José María Alemán



Como se puede apreciar en la Figura 45, existe cobertura del servicio LTE 4G en el sector donde se encuentra la oficina Principal por esta razón para la implementación de este proyecto se ha escogido el operador CNT E.P. como proveedor de servicio de internet.

### 2.1.3 Ubicaciones de las Estaciones Base CNT

Para el análisis fue necesario investigar la ubicación de las estaciones base que se encuentran alrededor de la oficina Principal.

En la siguiente tabla se ha definido su ubicación, las coordenadas, la altitud.

Tabla 4. Ubicaciones Estación Base

Estaciones Base				
ESTACIÓN BASE	UBICACIÓN	COORDENADAS NOTACIÓN DECIMAL	COORDENADAS NOTACIÓN GMS	Altitud(m)
EB_LTE4G_1	Francisco Rueda y Mariano Benedicto	latitud: -0.265314° longitud: -78.540072°	latitud: 0°15'55.13"S longitud: 78°32'24.26"O	2849,7
EB_LTE4G_2	Av. Ajavi y José María Alemán	latitud: -0.265014° longitud: -78.536311°	latitud: 0°15'54.05"S longitud: 78°32'10.72"O	2845
EB_LTE4G_3	José María Alemán	latitud: -0.269801° longitud: -78.541086°	latitud: 0°16'11.28"S longitud: 78°32'27.91"O	2852,4
EB_LTE4G_4	G Archilla y José María Ante	latitud: -0.268372° longitud: -78.536483°	latitud: 0°16'6.14"S longitud: 78°32'11.34"O	2849,9

## Ubicación de la Oficina Principal

Tabla 5. Ubicación Oficina Principal

Oficina Principal				
OFICINA	UBICACIÓN	COORDENADAS NOTACIÓN DECIMAL	COORDENADAS NOTACIÓN GMS	Altitud(m)
Oficina Principal	Antonio Moscoso y José María Alemán	latitud: -0.266844° longitud: -78.539539°	latitud: 0°16'0.64"S longitud: 78°32'22.34"O	2851,5

Utilizando Google Earth se registró las coordenadas para apreciar las ubicaciones de las estaciones base y la oficina principal.



### 2.1.4 Calculo de la distancia del Enlace LTE 4G a la Oficina Principal

Para el cálculo de la distancia es necesario contar con las coordenadas de la latitud y longitud de las estaciones bases encontradas y la oficina principal, para ello se utilizará la siguiente ecuación.

$$d = 111.18 \times (\cos)^{-1}[\sin(xt) \times \sin(xr) + \cos(xt) \times \cos(xr) \times \cos(yr - yt)]$$

(Ecuación 1)

Tomado de la Tesis Diseño de una red inalámbrica basada en el estándar IEEE 802.11, que opere en la banda de 5 [GHz] y con la cual un isp pueda comercializar los servicios de acceso a internet en la parroquia veloz de la ciudad de Riobamba.

### 2.1.5 Distancia entre EB\_LTE 4G\_1 y Oficina Principal

Los valores de la longitud y latitud de la estación EB\_LTE 4G\_1 y oficina Principal.

Tabla 6. Ubicación EB\_LTE4G\_1

ESTACIÓN BASE	UBICACIÓN	COORDENADAS NOTACIÓN DECIMAL
EB_LTE4G_1	Francisco Rueda y Mariano Benedicto	latitud: -0.265314 longitud: -78.540072

Tabla 7. Ubicación Oficina Principal

OFICINA	UBICACIÓN	COORDENADAS NOTACIÓN DECIMAL
Oficina Principal	Antonio Moscoso y José María Alemán	latitud: -0.266844 longitud: -78.539539

Remplazando en la ecuación 1 se obtiene:

$$d = 111.18 \times (\text{Cos})^{-1} [\sin(-0.265314) \times \sin(-0.266844) + \cos(-0.265314) \times \cos(-0.266843) \times \cos(-78.539539 + 78.540072)]$$

$$d = 183.88 \text{ [m]}$$

Para calcular la distancia real [D] del enlace entre la antena de la EB\_LTE 4G\_1 y de la oficina principal se debe sumar las altitudes de la estación base más 16 metros de altura de la torre y la altitud de la oficina principal más 12 metros de donde se encuentra el modem LTE 4G, para ello se aplica la ecuación del teorema de Pitágoras.

$$D = \sqrt{a^2 + d^2} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Remplazando en la ecuación 2 se obtiene:

$$D = \sqrt{((2849+16) - (2851+12))^2 + (182,88)^2}$$

$$D = 183,89[m]$$

### 2.1.6 Distancia entre EB\_LTE 4G\_2 y Oficina Principal

Los valores de la longitud y latitud de la estación EB\_LTE 4G\_2 y Oficina Principal.

Tabla 8. Ubicación EB\_LTE4G\_2

ESTACIÓN BASE	UBICACIÓN	COORDENADAS NOTACIÓN DECIMAL
EB_LTE4G_2	Av. Ajavi y José María Alemán	latitud: -0.265014° longitud: -78.536311°

De acuerdo a los datos obtenidos en la Tabla 7, se remplaza en la ecuación 1 y se obtiene:

$$d = 111.18 \times (\text{Cos})^{-1} [\sin(-0.265014) \times \sin(-0.266844) + \cos(-0.265014) \times \cos(-0.266844) \times \cos(-78.539539 + 78.536311)]$$

$$d = 420.69 \text{ [m]}$$

Para calcular la distancia real [D] del enlace entre la antena de la EB\_LTE 4G\_2 y de la oficina principal se debe sumar las altitudes de la estación base más 18 metros de altura de la torre y la altitud de la oficina principal más 12 metros de donde se encuentra el modem LTE 4G, para ello se aplica la ecuación del teorema de Pitágoras

Remplazando en la ecuación 2 se obtiene:

$$D = \sqrt{((2845+18)-(2851+12))^2 + (420,69)^2}$$

$$D = 420,69[m]$$

### 2.1.7 Distancia entre EB\_LTE 4G\_3 y Oficina Principal

Los valores de la longitud y latitud de la estación EB\_LTE 4G\_3 y Oficina Principal.

Tabla 9. Ubicación EB\_LTE4G\_3

ESTACIÓN BASE	UBICACIÓN	COORDENADAS NOTACIÓN DECIMAL
EB_LTE4G_3	José María Alemán	latitud: -0.269801° longitud: -78.541086°

De acuerdo a los datos obtenidos en la Tabla 7, se remplaza en la ecuación 1 y se obtiene:

$$d = 111.18 \times (\cos)^{-1}[\sin(-0.269801) \times \sin(-0.266844) + \cos(-0.269801) \times \cos(-0.266844) \times \cos(-78.539539 + 78.541086)]$$

$$d = 372.16 [m]$$

Para calcular la distancia real [D] del enlace entre la antena de la EB\_LTE 4G\_3 y de la oficina principal se debe sumar las altitudes de la estación base más 20 metros de altura de la torre y la altitud de la oficina principal más 12 metros de donde se encuentra el modem LTE 4G, para ello se aplica la ecuación del teorema de Pitágoras.

Remplazando en la ecuación 2 se obtiene:

$$D = \sqrt{((2852 + 20) - (2851 + 12))^2 + (372,16)^2}$$

$$D = 372,26[m]$$

### 2.1.8 Distancia entre EB\_LTE 4G\_4 y Oficina Principal

Los valores de la longitud y latitud de la estación EB\_LTE 4G\_4 y Oficina Principal.

Tabla 10. Ubicación EB\_LTE4G\_4

ESTACIÓN BASE	UBICACIÓN	COORDENADAS NOTACIÓN DECIMAL
EB_LTE4G_4	G Archilla y José María Ante	latitud: -0.268372° longitud: -78.536483°

De acuerdo a los datos obtenidos en la Tabla 7, se remplaza en la ecuación 1 y se obtiene:

$$d = 111.18 \times (\cos)^{-1}[\sin(-0.268372) \times \sin(-0.266844) + \cos(-0.268372) \times \cos(-0.266844) \times \cos(-78.539539 + 78.536483)]$$

$$d = 391,13 [m]$$

Para calcular la distancia real [D] del enlace entre la antena de la EB\_LTE 4G\_4 y de la oficina principal se debe sumar las altitudes de la estación base más 22 metros de altura de la torre y la altitud de la oficina principal más 12 metros de donde se encuentra el modem LTE 4G, para ello se aplica la ecuación del teorema de Pitágoras.

Remplazando en la ecuación 2 se obtiene:

$$D = \sqrt{((2849 + 22) - (2851 + 12))^2 + (391.13)^2}$$

$$D = 391,21[m]$$

De acuerdo a los cálculos realizados en la distancia de las estaciones base con la oficina principal podemos indicar que la estación base más cercana es la EB\_LTE 4G\_1 que tiene una distancia de 183,88 metros.

### **2.1.9 Topología y direccionamiento de RED**

La topología se basa en la distribución que se ha asignado para este prototipo, seccionamos los enlaces de red por tecnologías LTE, WIFI, BPL utilizadas para este proyecto. El enlace de red LTE que es utilizado desde la Estación Base LTE 4G hasta la Oficina Principal donde se encuentra un Router/Modem LTE 4G, luego el Enlace de Red WIFI que tiene la oficina Principal con la Oficina Sucursal y finalmente el enlace de red BPL que es utilizado en el interior de las oficinas, como se muestra en el siguiente figura 47.

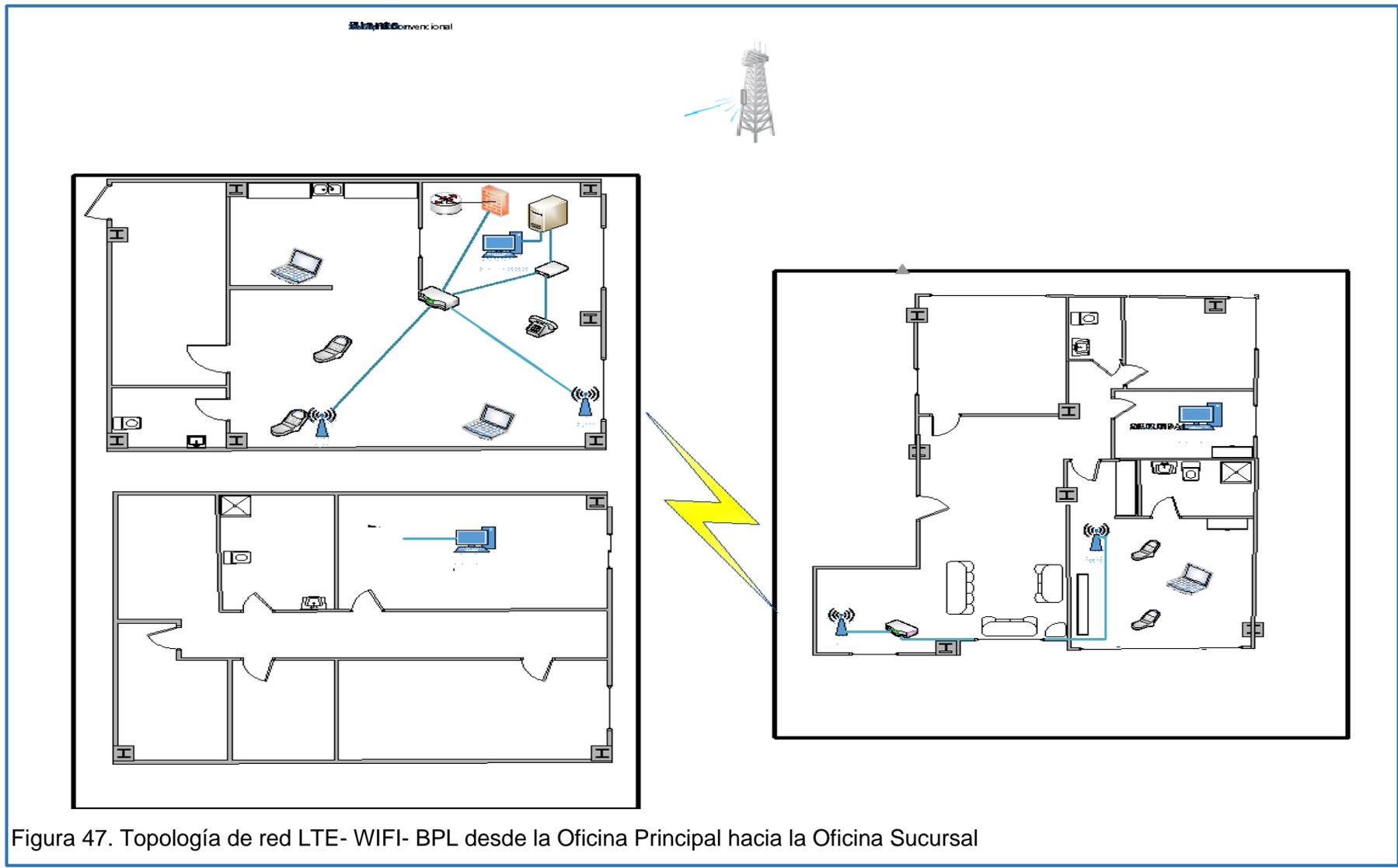


Figura 47. Topología de red LTE- WIFI- BPL desde la Oficina Principal hacia la Oficina Sucursal

### **2.1.10 Enlace de Red Estación Base LTE 4G – Oficina Principal**

Las estaciones base del proveedor CNT tienen instaladas varios modelos de antenas sectoriales, pero la más utilizadas son las antenas denominadas APXVRR13-C y están ubicadas en diferentes sectores de la ciudad de Quito, mejorando así la capacidad de su red de datos y de ampliar la cobertura, para sus suscriptores, estas antenas son blindadas para ser inmunes al ruido de tal forma que permiten mejorar el rendimiento de las enlaces de las zonas urbanas.

Es importante recalcar que de acuerdo a las características técnicas de estas antenas tienen una combinación de dos antenas X-polarizada en una sola cúpula de radar, estas antenas están diseñadas para aplicaciones que requieren un mínimo número de antenas en un sitio celular y torre reducida, son ideales para GSM1800, PCS, UMTS y Redes de TV móvil donde se requiere una alta ganancia. Tal como muestra la figura 48.

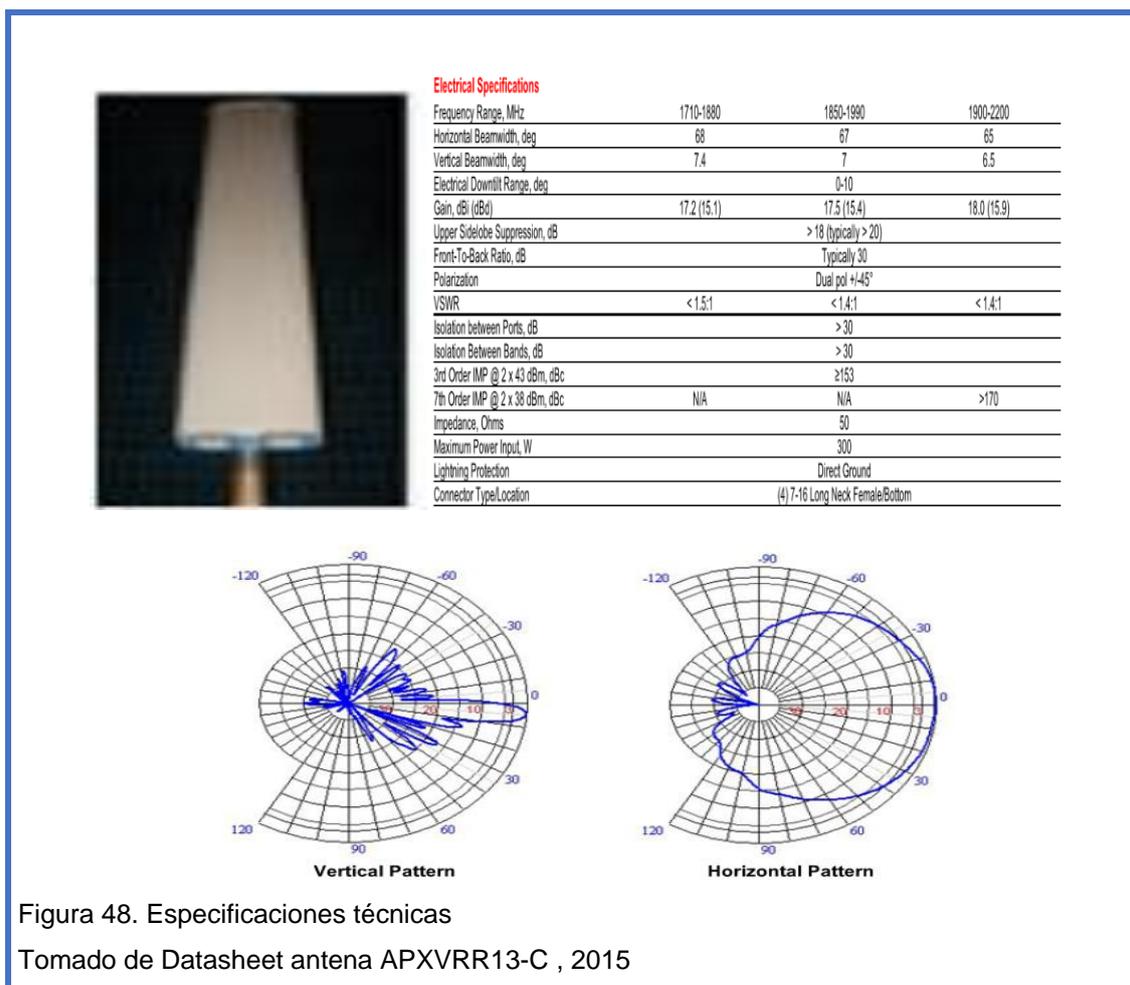


Figura 48. Especificaciones técnicas

Tomado de Datasheet antena APXVRR13-C , 2015

Tabla 11. Especificaciones técnicas

Estaciones Base				
ESTACIÓN BASE	ANTENA	FRECUENCIA MHZ	GANANCIA dBi	POTENCIA INPUT (dBm)
EB_LTE4G_1	APXVRR13-C	1710-1880	17.2	54.77

Tomado de especificaciones Técnicas Antena APXVRR13-C, 2015

### 2.1.11 Selección de Equipos Oficina principal

Para la selección de equipos con tecnología LTE 4G es importante analizar la compatibilidad que debe tener el equipo seleccionado con la tecnología de la antena instalada en la estación base EB\_LTE 4G\_1, para aprovechar a lo máximo el servicio LTE 4G, esto implica que el equipo LTE 4G para la oficina principal debe trabajar con la misma tecnología 4G y los mismos estándares inalámbricos, es por eso que para la implementación de este prototipo se

seleccionó el equipo **Huawei MiFi E5776S**, es un módem WIFI 4G LTE, inalámbrico multifunción, especialmente pensado para pequeñas empresas y autónomos, la comunicación es inalámbrica y es compatible con las tecnología LTE/DC-HSPA+/HSPA+/HSPA/UMTS o EDGE/GPRS/GSM.

### 2.1.1.1 Características del modem Huawei MiFi E5776S

Tabla 12. Especificaciones Técnicas

<b>Tecnología</b>	LTE 4G, 3G,2G
<b>Bandas de Frecuencia</b>	850,900,1900, 2.100,2.600 MHZ
<b>Velocidad de Descarga</b>	150Mbps
<b>Velocidad de subida</b>	50Mbps
<b>Tipo de Antena</b>	Impedancia 50 $\Omega$
<b>Ganancia de la antena externa</b>	16dBi
<b>Sensibilidad</b>	-40dBm
<b>Estándares Inalámbricos</b>	IEEE 802.11n, IEEE 802.11g, IEEE 802.11b
<b>Tecnología de Modulación</b>	DBPSK, DQPSK, CCK, OFDM, 16-QAM, 64-QAM

Tomado de Datasheet Huawei MiFi E5776S, 2016



Figura 49. Huawei MiFi E5776S

Tomado de especificaciones técnicas, 2015

### 2.1.12 Presupuesto de potencia de enlace

El Presupuesto de potencia de enlace de una conexión punto a punto inalámbrico, se calcula en base a todas las ganancias y pérdidas generadas por conectores, cables y pérdida del espacio libre desde el transmisor al receptor. Se compone de 3 elementos principales: La potencia efectiva de transmisión en el transmisor, pérdidas en la propagación, efectiva sensibilidad receptiva en el receptor.

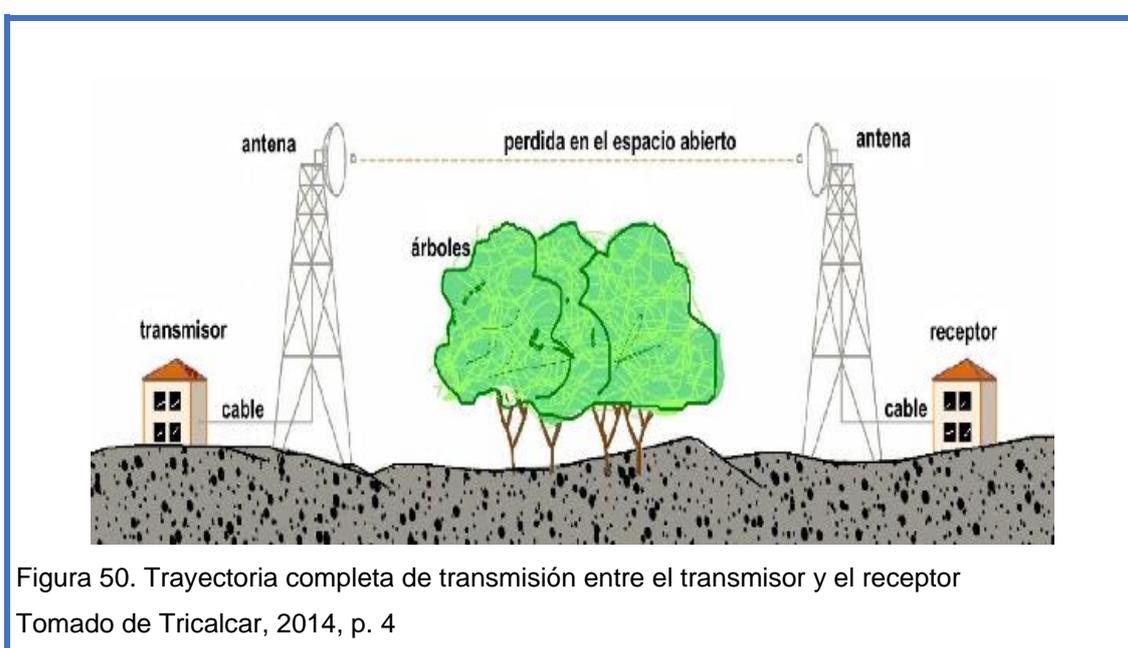


Figura 50. Trayectoria completa de transmisión entre el transmisor y el receptor

Tomado de Tricalcar, 2014, p. 4

### 2.1.13 Potencia de Transmisión (TX)

La potencia de transmisión en los sistemas inalámbricos de los equipos IEEE 802.11, es la potencia de salida del radio, y varía entre 15-26dBm (30-400mW) y normalmente se encuentran en las especificaciones técnicas de cada modelo de los equipos de transmisión, los valores pueden variar por muchos factores pero en especial de la temperatura de la zona, y de la tensión de alimentación.

### 2.1.13.1 Cálculo de la Potencia

Para calcular la potencia se utiliza la siguiente ecuación 3

$$P_{(dBm)} = 10 \cdot \log_{10}(1000 \cdot P_{(W)} / 1W) \quad (\text{Ecuación 3})$$

Remplazando en la ecuación

$$P_{(dBm)} = 10 \cdot \log_{10}(1000 \cdot 300W / 1W)$$

$$P_{(dBm)}=54,77$$

$$P_{(dBW)}=24,77$$

### 2.1.14 Ganancia de Antena

La ganancia de una antena, se la mide en base a la relación entre la densidad de potencia radiada en una dirección determinada con la densidad de potencia que irradia una antena isotrópica, con las mismas distancias y potencias facilitadas a la antena, normalmente la ganancia de la antena se encuentra en las especificaciones técnicas de cada modelo de los equipos de transmisión.

De acuerdo a las especificaciones técnicas de la antena APXVRR13-C se tiene:

Ganancia de antena (dBi)= 17.2

### 2.1.15 Cálculo de Pérdida del espacio Libre

Para calcular la pérdida de espacio libre se utiliza la siguiente Ecuación 4.

$$FSL(dB) = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) + K \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde:

**d** = es la distancia que debe viajar la señal

**f** = frecuencia de la antena

**k** = es una constante

**Nota:** K= -187,5 (metros, Hz); K= 92,4 (Km, GHz); K= 32,45 (Km, MHz)

Entonces de acuerdo a los datos la ecuación es:

$$FLS(dB) = 20 \log d(km) + 20 \log f(GHz) + 92,45 \quad (\text{Ecuación 5})$$

Datos:

$f = 1,8 \text{ GHz}$

$d = 0.18 \text{ [KM]}$

Remplazando

$$Fls(dB) = 20 \log(0.18) + 20 \log(1.8) + 92,45$$

$$Fls(dB) = 82,66 \text{ dB}$$

### 2.1.16 Pérdida de cables y conectores

Es la pérdida que producen los cables conectados al transmisor y receptor, estas pérdidas dependen de la frecuencia de operación y el tipo de cables.

A continuación en la tabla 13 se presentan los valores de la pérdida de los cables por tipo de categoría.

Tabla 13. Características de los cables

Características de los Cables			
	CAT 5	CAT 5e	CAT 6
Frecuencia	100 MHz	100 MHz	250 MHz
Return Loss (Min. at 100MHz)	16.0 dB	20.1 dB	20.1 dB
Characteristic Impedance	100 ohms $\pm$ 15%	100 ohms $\pm$ 15%	100 ohms $\pm$ 15%
Attenuation (Min. at 100 MHz)	22 dB	22 dB	19.8 dB
Next (Min. at 100MHz)	32.3 dB	35.3 dB	44.3 dB

<b>PS-Next (Min. at 100MHz)</b>	no specification	32.3 dB	42.3 dB
<b>ELFEXT (Min. at 100 MHz)</b>	no specification	23.8 dB	27.8 dB
<b>PS-ELFEXT (Min. at 100 MHz)</b>	no specification	20.8 dB	24.8 dB
<b>Delay Skew (Max. per 100 m)</b>	no specification	45 ns	45 ns

Tomado de Información de cables cat5, 2014

Tabla 14. Pérdidas de Propagación

<b>Tipo de cable</b>	<b>Perdida 802.11b/g (2.4GHz) dB/1m</b>
LMR-100	1.3 dB por metro
LMR-195	0.62 dB por metro
LMR-200	0.542 dB por metro
LMR-240	0.415 dB por metro
LMR-300	0.34 dB por metro
LMR-400	0.217 dB por metro
LMR-500	0.18 dB por metro
LMR-600	0.142 dB por metro
LMR-900	0.096 dB por metro
LMR-1200	0.073 dB por metro
LMR-1700	0.055 dB por metro
RG-58	1.056 dB por metro
RG-8X	0.758 dB por metro
RG-213/214	0.499dB por metro
9913	0.253 dB por metro
3/8" LDF	0.194 dB por metro
1/2" LDF	0.128 dB por metro
7/8" LDF	0.075 dB por metro
1 1/4" LDF	0.056 dB por metro
1 5/8" LDF	0.046 dB

Tomado de Seguridad Wireless, 2012

El cable más utilizado es el LMR400 para conectar la antena sectorial por lo tanto de acuerdo a la tabla 14, tiene una pérdida de 0.217dB por metro, por lo tanto si asumimos que en la EB\_LTE 4G\_1 se utiliza 20 metros la pérdida en el cable será de  $0.217 * 20 = 4,34$  dB.

Cabe mencionar que la pérdida de cada conector es aproximadamente 0.25 dB.

Perdida de cables y conectores =  $4,34 + 2(0,25) = 4,85$  dB

### 2.1.17 Línea de Vista Enlace LTE 4g – oficina Principal

Es posible determinar la menor cantidad posibles de obstáculos con la línea de vista en sus siglas en Ingles LOS (Line of Signe).

### 2.1.18 Zona de Fresnel en el Enlace LTE 4g – oficina Principal

Para calcular la Zona de fresnel utilizaremos la ecuación 6.

$$r = 17.31 \sqrt{\frac{d}{4 * f}} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Dónde:

**r** = radio [m]

**d** = distancia [m]

**f** = frecuencia del enlace en MHz

$$r = 17.31 \sqrt{\frac{0.18}{4 * 1.88}}$$

$$r = 2.7 \text{m}$$

### 2.1.19 Potencia Irradiada Isotrópica Efectiva (PIRE)

La potencia irradiada isotrópica efectiva (PIRE) es la cantidad de potencia igual a la radiada por una antena que emite en varias direcciones se expresa

habitualmente en decibelios respecto a una potencia de referencia emitida por una potencia de señal equivalente.

Para el cálculo se utiliza la siguiente ecuación 7.

$$PIRE = Pt(dBW) + G(dBi) - Loss$$

(Ecuación 7)

Dónde:

**Pt (dBW)** = Potencia de salida del radio transmisor = 24,77 dBW

**G (dBi)** = Ganancia de la Antena emisora = 17,2 dBi

**Loss** = pérdidas por atenuación en los cables y conectores = 4,34 dB y conectores = 0,50dB

Remplazando en la ecuación 7 se obtiene:

$$PIRE = Pt(24.77) + G(17.2) - (4.34 + 0.50)$$

$$PIRE = 37,13[dBW]$$

### 2.1.20 Presupuesto de Enlace

El presupuesto de enlace nos permite analizar cuál es la potencia que se emite al receptor, por eso que es necesario calcular el margen de potencia de recepción.

Para el cálculo del margen de potencia se utiliza la ecuación 8.

$$M(dB) = Pt(dBm) - Acc1(dB) + G1(dBi) - Lfs + G2(dbi) - Acc2(dB) - Pr(dBm)$$

(Ecuación 8)

Donde:

$M(dB)$  = Margen de la potencia de recepción

$P_t(dBm)$  = Potencia Tx= 54,77

$Acc1(dB)$  = Perdida de cables y conectores del emisor = 4,34

$Acc2(dB)$  = Perdida de cables y conectores del receptor = 0

$G1(dBi)$  = Ganancia Tx =17,2

$G2(dBi)$  = Ganancia Rx =16dBi

$Lfs$  = pérdidas en el espacio libre = 82,66

$Pr(dBm)$  = sensibilidad del radio receptor = -40

Remplazando los valores en la ecuación 8 se obtiene:

$$M(dB) = 54,77 - 4,84 + 17,2 - 82,66 + 16 - 0 - (-40)$$

$$M(dB) = 40,47$$

### 2.1.21 Resultados de los cálculos del enlace Estación Base LTE 4G – Oficina Principal

Tabla 15. Resultados de Cálculos

Resultados de los cálculos obtenidos	
DATOS	VALORES
Distancia	183.88 m
Frecuencia	1,8 GHZ
Potencia	54,77 dBm
FLS	82,66 dB
Pérdidas Cables y conectores	4.85 dB
Zona de Fresnel	2.67 m
PIRE	37.13 dBW
Margen de Potencia	40,47 dB

### 2.1.22 Simulación del Enlace LTE 4G - Oficina Principal en Radio Mobile

Para simular el enlace, se utilizó el software llamado Radio Mobile que nos permite verificar cuan factible es la implementación de este enlace LTE 4G.

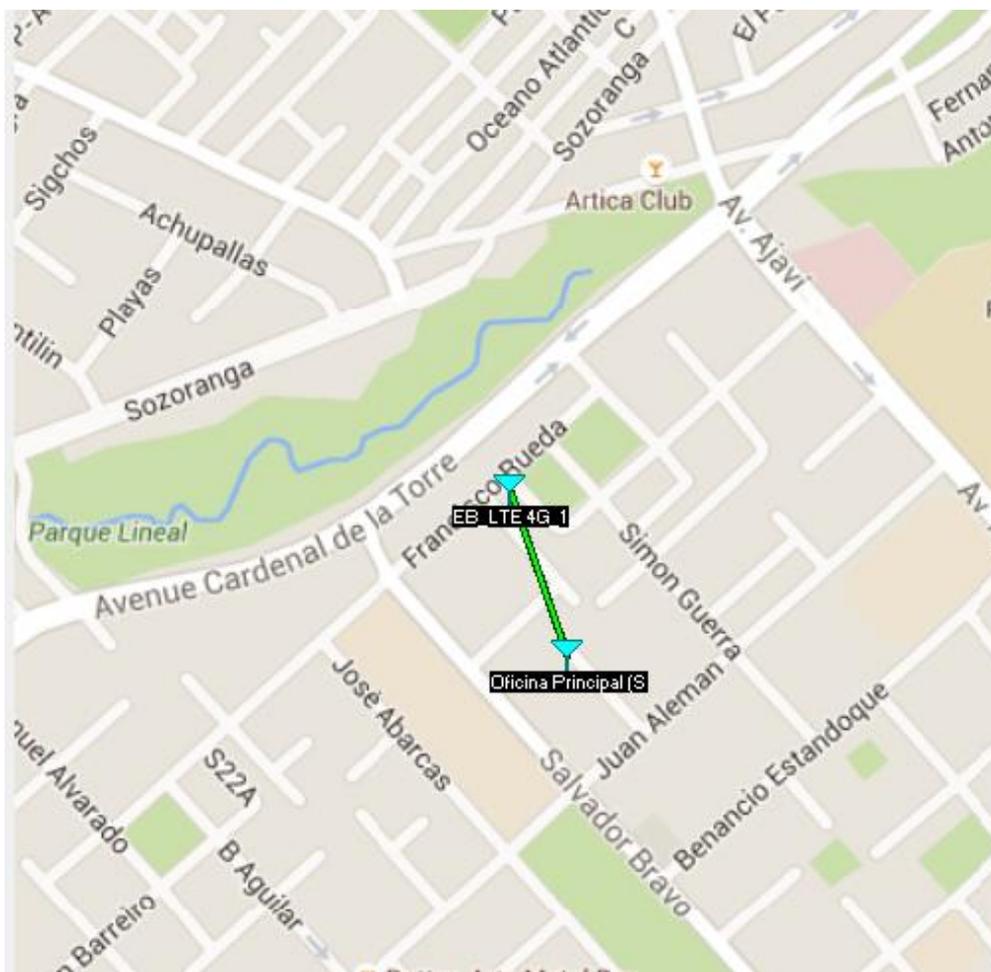


Figura 51. Ubicación de la EB\_LTE4G\_1 y la oficina principal  
Tomado de Radio Mobile, 2016

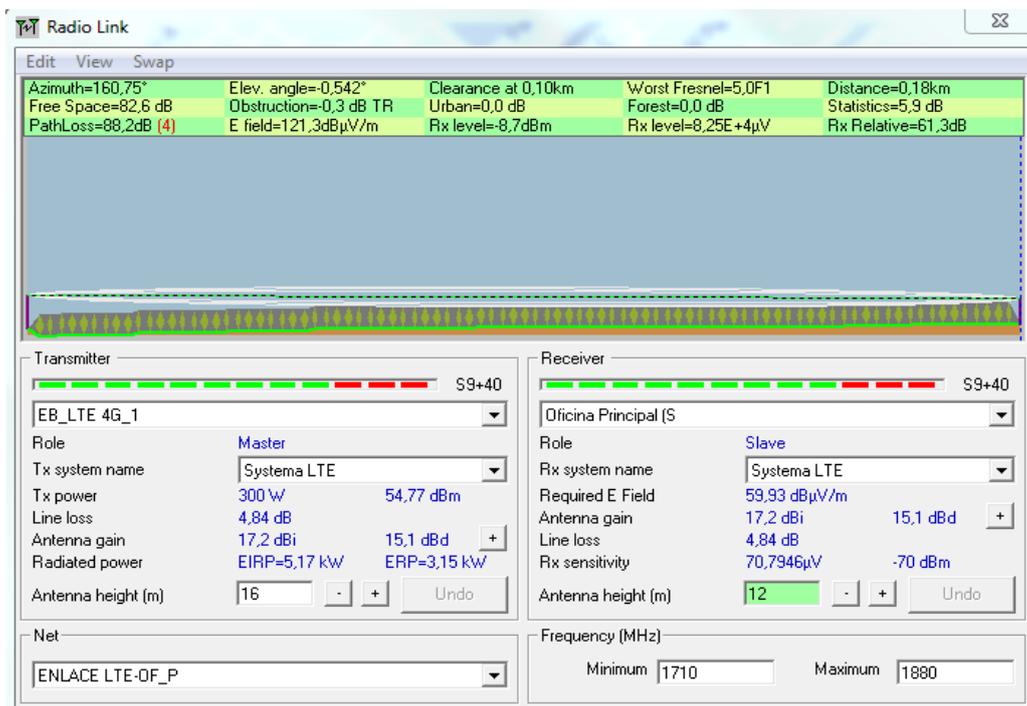


Figura 52. Cálculo del enlace de Red EB\_LTE4G\_1 y la oficina principal  
Tomado de Radio Mobile, 2016

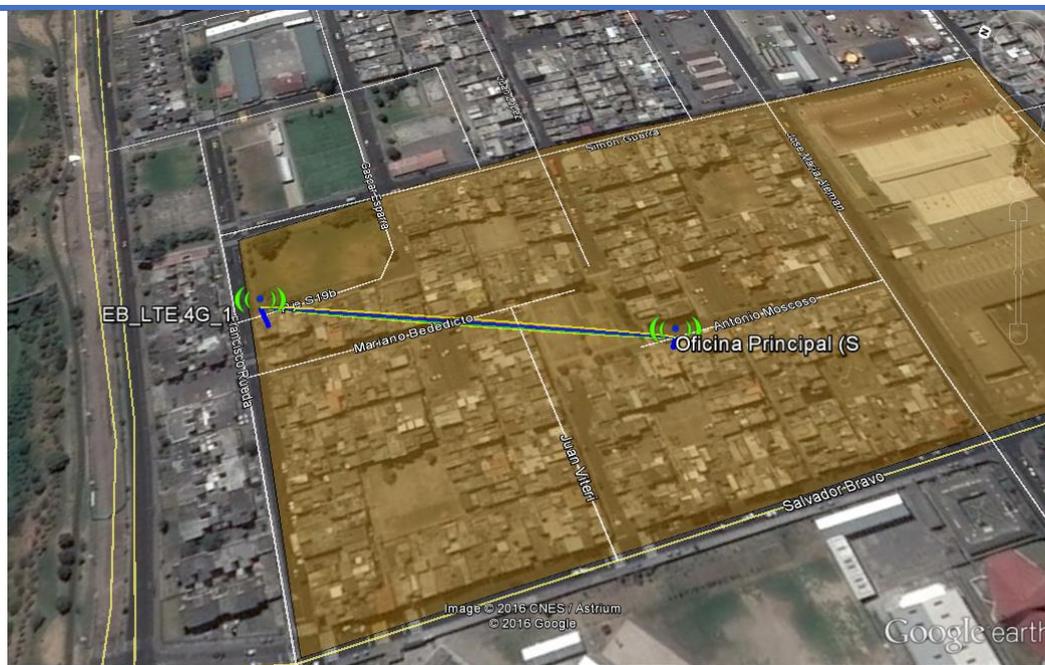


Figura 53. Representación gráfica de la EB\_LTE4G\_1 y la Oficina Principal  
Tomado de Google Earth, 2016

## Mapa de Cobertura

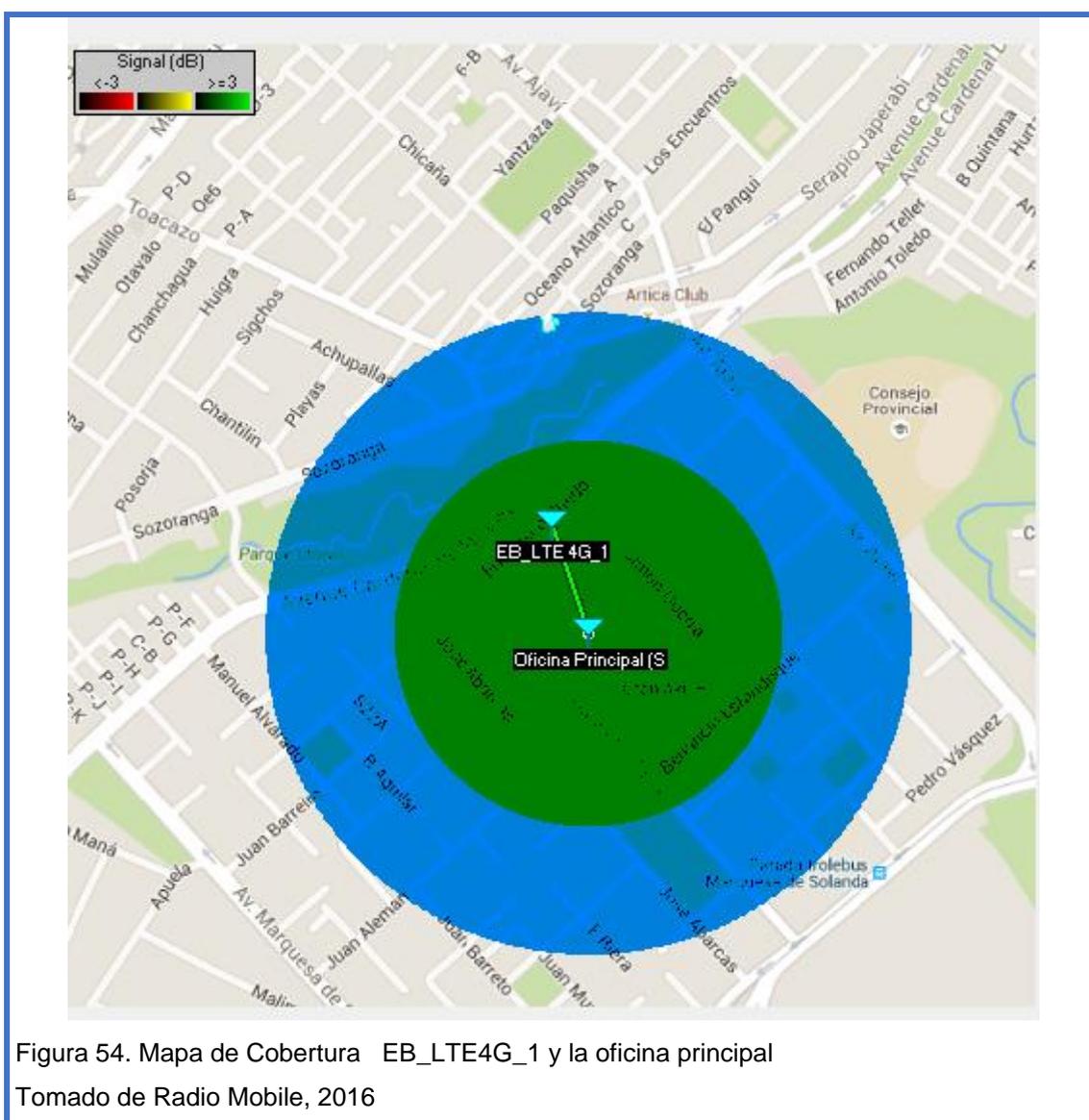


Figura 54. Mapa de Cobertura EB\_LTE4G\_1 y la oficina principal  
Tomado de Radio Mobile, 2016

## 2.2 Enlace de Red WIFI Oficina Principal y Sucursal

En este escenario la comunicación entre la oficina principal y la oficina sucursal es inalámbrica, de igual manera dentro de las 2 oficinas; así podrá ser usada por usuarios que tengan que movilizarse de un puesto a otro y no puedan acceder a un punto de la LAN.

La red de distribución inalámbrica usa el espectro radioeléctrico para transmitir las señales de internet de una estación a otra. Para que esto se cumpla es necesario definir los equipos que cumplan con las características técnicas para transportar el tráfico que consumirán los clientes (download) y el generado por los usuarios que será el tráfico de subida (upload).

Generalmente estas redes son diseñadas para operar a largas distancias y soportar grandes anchos de banda, ya que de estas dependen otras redes o servicios.

### 2.2.1 Estudio y selección de equipos para la comunicación

A continuación se muestra un estudio y cuadro de detalles generales de los equipos a ser usados en la implementación del segmento WIFI para el prototipo de red híbrida de este proyecto.

En la selección de equipos WIFI para la transmisión y distribución entre las dos oficinas y hacia los demás usuarios se han tomado las siguientes características que deben tener las antenas y el Access Point (AP) para la conexión de la red híbrida, de acuerdo a los requerimientos.

#### 2.2.1.1 Características Antenas NanoStation Loco M5

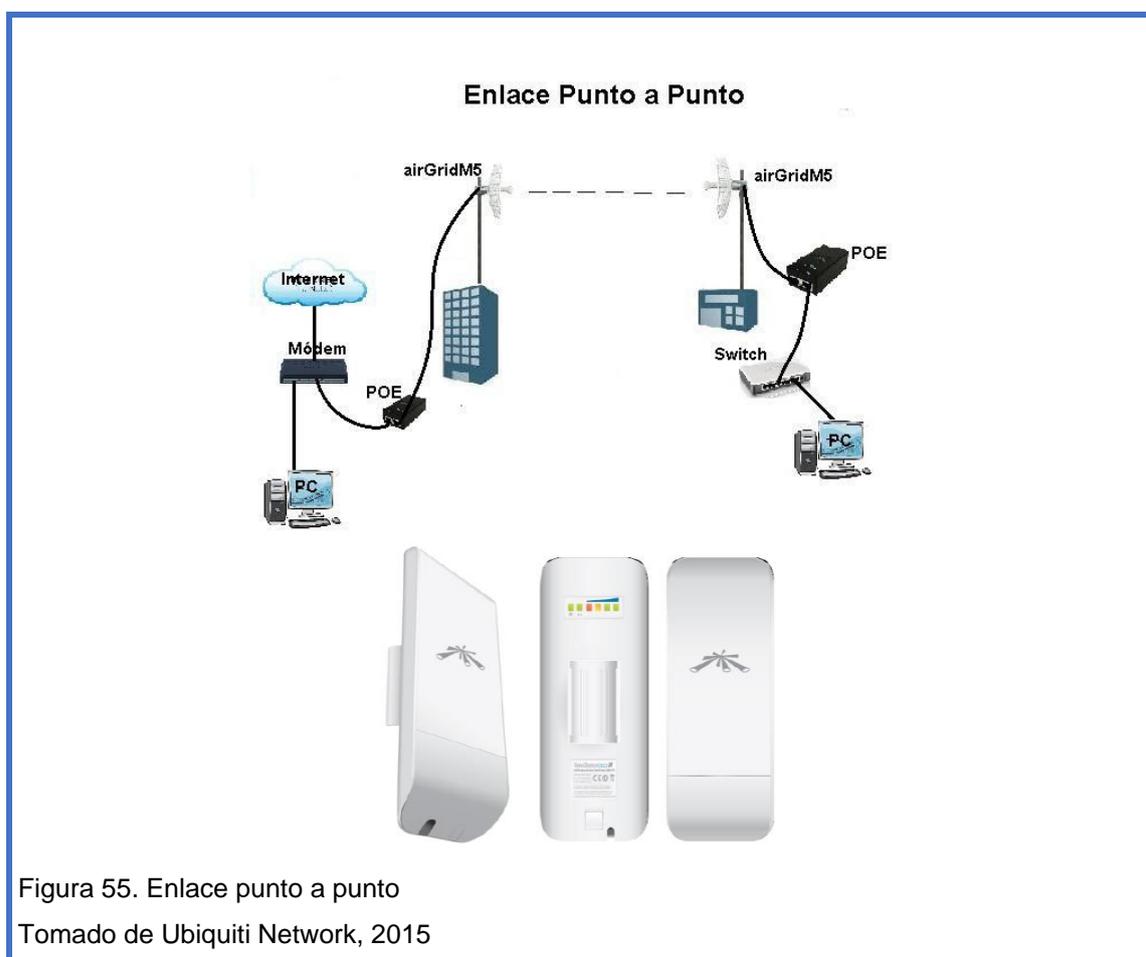
Tabla 16. Especificaciones técnicas

<b>Tecnología</b>	soporta LTE 4G, 3G,2G
<b>Bandas de Frecuencia</b>	2400 a 5825 MHZ
<b>velocidad de transferencia Inalámbrica</b>	IEEE 802.11n (6.5 - 300Mbps)
<b>Estándares Inalámbricos</b>	IEEE 802.11n, IEEE 802.11g, IEEE 802.11b
<b>Tecnología de Modulación</b>	OFDM

## 2.2.2 Red punto a punto (PtP)

Para este caso de estudio la oficina principal con la sucursal establecerán una comunicación de red punto a punto, están formadas por equipos inalámbricos que tienen comunicación directa, en cada extremo del enlace tienen una antena con ganancia suficiente para cumplir con el presupuesto de potencia de enlace.

Existen varios modelos de antenas inalámbricas que pueden conectarse desde un punto a otro, pero las que usaremos son las llamadas NanoStationLoco M5, las mismas que cubren los requerimientos expuestos para la conexión.



La comunicación que se da en estos enlaces es solo entre 2 equipos:

- Una antena que opera como punto de acceso (oficina principal) y otro como estación (oficina sucursal).

SYSTEM INFORMATION			
Processor Specs	Atheros MIPS 24Kc, 400MHz		
Memory Information	32MB SDRAM, 8MB Flash		
Networking Interface	1 X 10/100 BASE-TX (Cat. 5, RJ-45) Ethernet Interface		
REGULATORY / COMPLIANCE INFORMATION			
Wireless Approvals	FCC Part 15.247, IC RS210, CE		
RoHS Compliance	YES		
OPERATING FREQUENCY 5470MHz-5825MHz			
5GHz TX POWER SPECIFICATIONS			5GHz RX SPECIFICATIONS
11a	DataRate	Avg. TX	Tolerance
	1-24Mbps	23 dBm	+/-2dB
	36Mbps	21 dBm	+/-2dB
	48Mbps	19 dBm	+/-2dB
5 GHz 11n / AiMax	54Mbps	18 dBm	+/-2dB
	MCS0	23 dBm	+/-2dB
	MCS1	23 dBm	+/-2dB
	MCS2	23 dBm	+/-2dB
	MCS3	23 dBm	+/-2dB
	MCS4	22 dBm	+/-2dB
	MCS5	20 dBm	+/-2dB
	MCS6	18 dBm	+/-2dB
	MCS7	17 dBm	+/-2dB
	MCS8	23 dBm	+/-2dB
	MCS9	23 dBm	+/-2dB
	MCS10	23 dBm	+/-2dB
	MCS11	23 dBm	+/-2dB
	MCS12	22 dBm	+/-2dB
	MCS13	20 dBm	+/-2dB
MCS14	18 dBm	+/-2dB	
MCS15	17 dBm	+/-2dB	
11a	DataRate	Sensitivity	Tolerance
	24Mbps	-83 dBm	+/-2dB
	36Mbps	-80 dBm	+/-2dB
	48Mbps	-77 dBm	+/-2dB
5 GHz 11n / AiMax	54Mbps	-75 dBm	+/-2dB
	MCS0	-96 dBm	+/-2dB
	MCS1	-95 dBm	+/-2dB
	MCS2	-92 dBm	+/-2dB
	MCS3	-90 dBm	+/-2dB
	MCS4	-86 dBm	+/-2dB
	MCS5	-83 dBm	+/-2dB
	MCS6	-77 dBm	+/-2dB
	MCS7	-74 dBm	+/-2dB
	MCS8	-95 dBm	+/-2dB
	MCS9	-93 dBm	+/-2dB
	MCS10	-90 dBm	+/-2dB
	MCS11	-87 dBm	+/-2dB
	MCS12	-84 dBm	+/-2dB
	MCS13	-79 dBm	+/-2dB
MCS14	-78 dBm	+/-2dB	
MCS15	-75 dBm	+/-2dB	
PHYSICAL / ELECTRICAL / ENVIRONMENTAL			
Enclosure Size	163 x 31 x 80		
Weight	0.18kg		
Enclosure Characteristics	Outdoor UV Stabilized Plastic		
Mounting Kit	Pole Mounting Kit Included		
Max Power Consumption	5.5 Watts		
Power Supply	24V, 0.5A surge protection integrated POE adapter Included		
Power Method	Passive Power over Ethernet (pairs 4,5+; 7,8 return)		
Operating Temperature	-30C to +80C		
Operating Humidity	5 to 95% Condensing		
Shock and Vibration	ETSI300-019-1,4		
INTEGRATED 2x2 MIMO ANTENNA			
Frequency Range	4.9-6.0 GHz	Max VSWR	1.4:1
Gain	13 dBi	H-pol Beamwidth	45 deg.
Polarization	Dual Linear	V-pol Beamwidth	45 deg.
Cross-pol Isolation	20dB minimum	Elevation Beamwidth	45 deg.

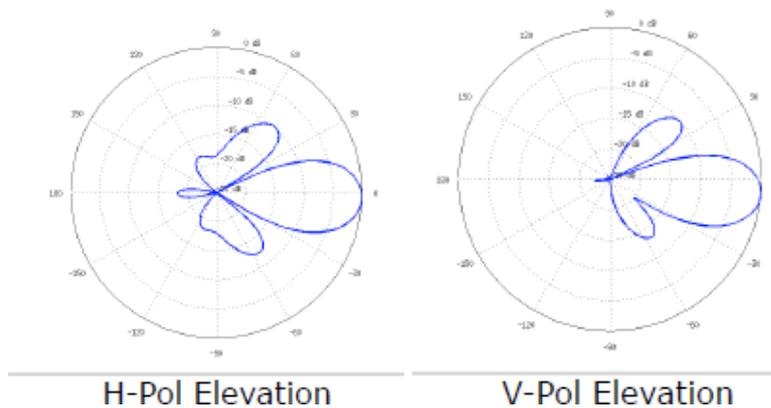


Figura 56. Especificaciones técnicas

Tomado de Datasheet antena NanoStation Loco M5 , 2015

## 2.2.3 Comportamiento de las ondas de radio

Para el diseño de la red inalámbrica, se debe considerar:

- Para llegar a distancias radiales más lejanas que viajen a través y alrededor de los obstáculos se necesita una onda de longitud larga.
- Las ondas de longitud corta pueden trasportar una mayor cantidad de datos.

### 2.2.3.1 Absorción

La absorción produce que las ondas electromagnéticas se atenúen o pierdan potencia por tener que atravesar superficies metálicas o aguas en diferentes formas. La cantidad de potencia perdida depende de la frecuencia con la que se esté trabajando.

### 2.2.3.2 Reflexión

Se conoce como reflexión cuando la onda viaja y se encuentra con otro tipo de superficie, la mayor parte de esta onda se refleja sobre dicha superficie. La reflexión puede ser de dos tipos: especular cuando la superficie es lisa el ángulo de incidencia es igual al reflejado y difusa cuando la superficie de incidencia tiene imperfecciones.

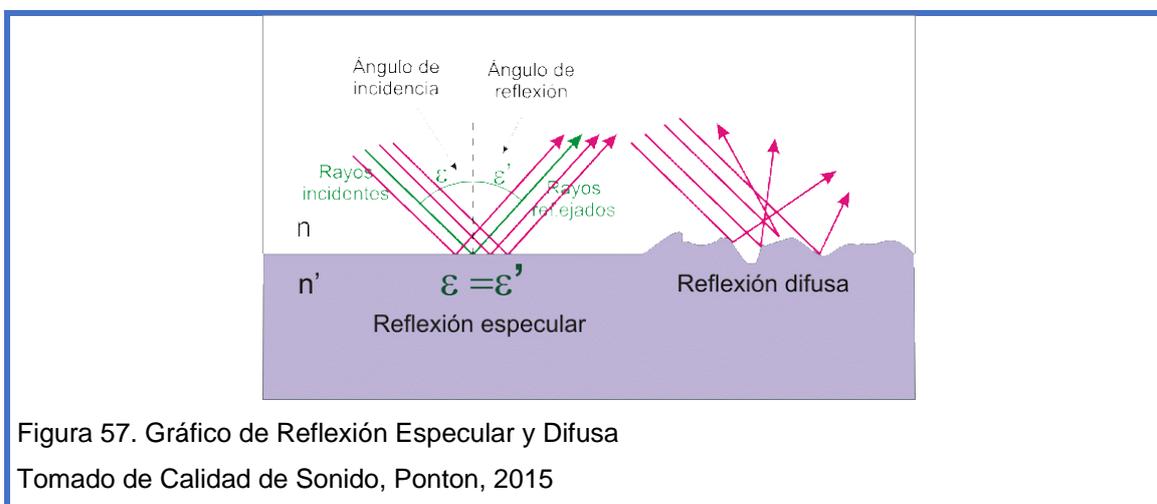
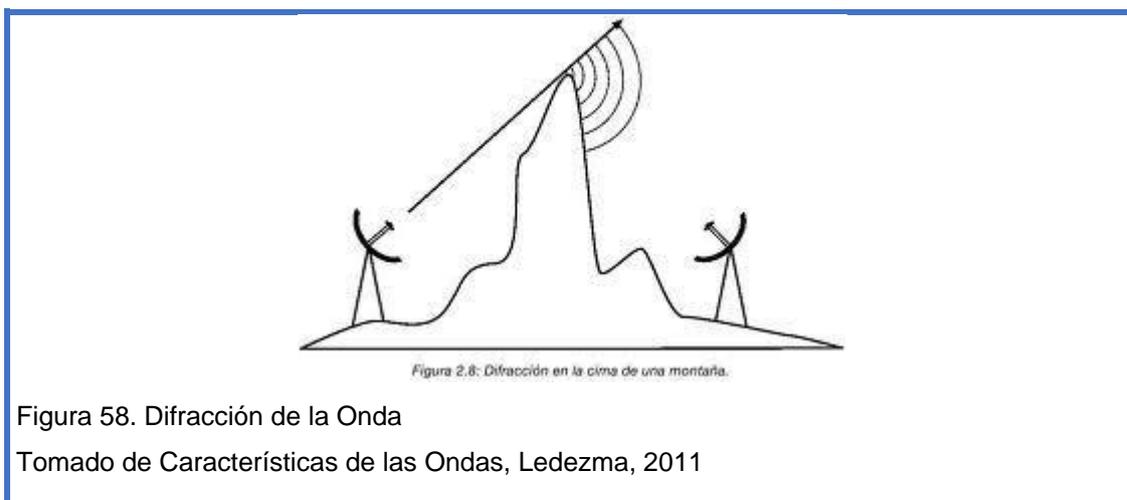


Figura 57. Gráfico de Reflexión Especular y Difusa

Tomado de Calidad de Sonido, Ponton, 2015

### 2.2.3.3 Difracción

Es un fenómeno ondulatorio ya que la difracción se observa cuando una onda tiene la capacidad de curvarse y esparcirse en los bordes de un obstáculo como paredes, picos de montañas entre otros; así logra que las ondas de radio especialmente las cortas cambien su dirección de propagación además de que existe pérdida de potencia.



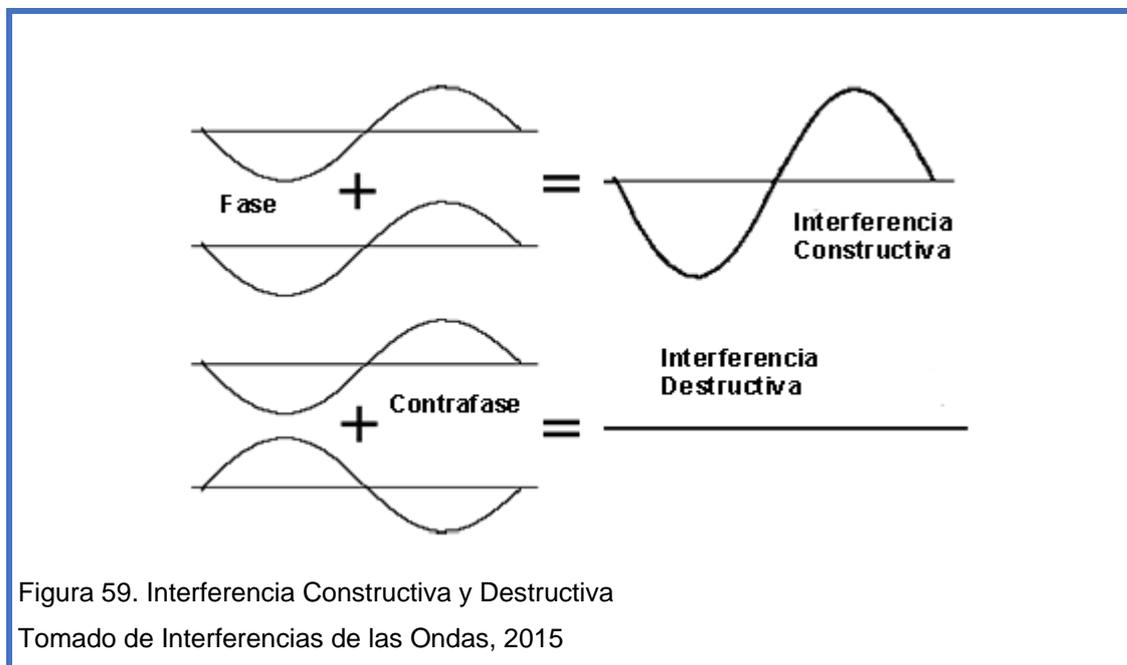
### 2.2.3.4 Interferencia

Cuando las ondas electromagnéticas compiten por el uso del espectro radioeléctrico se produce la interferencia.

Existen 2 tipos de interferencia: la primera es la destructiva que se produce cuando se encuentran 2 señales con igual amplitud pero con fase opuesta que terminan por anularse y la segunda es la constructiva cuando las señales se combinan formando nuevas ondas pero que no servirán para la comunicación.

Para solventar dichos problemas se pueden tomar alternativas como: buscar el canal menos utilizado dentro del rango de frecuencias con los que esté trabajando, con la ayuda de un analizador de espectro se puede utilizar

diferentes técnicas de modulación y filtros para que los fabricantes puedan reducir la interferencia.



## 2.2.4 Cálculo del enlace punto a punto Oficina Principal – Oficina Secundaria

### 2.2.4.1 Cálculo de la distancia y ángulos de vista de las antenas

#### 2.2.4.1.1 Cálculo de la distancia del enlace

Con las coordenadas de cada punto tanto como latitud y longitud de cada punto se puede calcular la distancia horizontal entre la oficina principal y la oficina secundaria, se obtiene con la siguiente ecuación 9:

$$d = 111,18 * \text{Cos}^{-1}[\sin(xt) * \sin(xr) + \cos(xt) * \cos(xr)\cos(yr - yt)]$$

(Ecuación 9)

Los valores de longitud, latitud y altitud [m] de la oficina Principal y Sucursal en notación decimal son:

Tabla 17. Ubicación Oficina Principal – Oficina Sucursal

Oficina Principal – Oficina Sucursal				
OFICINA	UBICACIÓN	COORDENADAS NOTACIÓN DECIMAL	COORDENADAS NOTACIÓN GMS	Altitud(m)
Oficina Principal	Antonio Moscoso y José María Alemán	latitud: -0.266828 longitud: -78.539644	latitud: 0°16'0.58"S longitud: 78°32'22.72"O	2855
Oficina Sucursal	Salvador Bravo y Francisco Rueda	latitud: -0.266303 longitud: -78.540319	latitud: 0°15'58.69"S longitud: 78°32'25.15"O	2855

Reemplazando la ecuación 9 se obtiene:

$$d = 111,18 * \text{Cos}^{-1}[\text{Sin}(-0,266828) * \text{Sin}(-0,266303) + \text{Cos}(-0,266828) * \text{Cos}(-0,266303) * \text{Cos}(-78,540319 + 78,539644)]$$

$$d = 111,18 * \text{Cos}^{-1}[0,999999]$$

$$d = 90,09[m]$$

Para encontrar la distancia real [D] del enlace entre la antena de la oficina principal y la oficina sucursal se debe sumar la altitud de la oficina principal más la altura de donde está ubicada la antena 16m y la altitud de la oficina sucursal más 14m donde se encuentra la antena, para ellos se aplica el teorema de Pitágoras en la siguiente ecuación 10.

$$D = \sqrt{a^2 + d^2} \quad (\text{Ecuación 10})$$

$$D = \sqrt{((2855 + 16) - (2855 + 14))^2 + (90,09)^2}$$

$$D = \sqrt{(2)^2 + (90,09)^2}$$

$$D = 90,11[m]$$

#### 2.2.4.1.2 Cálculo del ángulo Azimut de la Antena desde la Oficina Principal – Oficina Secundaria

El valor de este ángulo indica el punto correcto en el que se deberá establecer la antena en el plano horizontal referido a la dirección norte (0°) y la dirección sur (180°) según las manecillas del reloj.

Fórmula para calcular el ángulo de azimut (orientación horizontal de la antena respecto al norte).

$$Azimut = \tan^{-1}(\theta) \quad (\text{Ecuación 11})$$

Donde:

$$\theta = \left( \frac{\Delta Longitud}{\Delta Latitud} \right) \quad (\text{Ecuación 12})$$

$$\frac{\Delta Longitud}{\Delta Latitud} = \frac{Long.Ant2 - Long.Ant1}{Lat.Ant2 - Lat.Ant1}$$

#### 2.2.4.1.2.1 Azimut Trasmisor-Receptor

$$\frac{\Delta Longitud}{\Delta Latitud} = \frac{-78,540319 - (-78,539644)}{-0,266303 - (-0,266828)}$$

$$Azimut = \tan^{-1}(-1,320202)$$

$$Azimut = -53,99^\circ$$

Para que el ángulo sea positivo se le suma  $360^\circ$ , el cual sería:

$$Azimut_{Tx} = 306,99^\circ$$

#### 2.2.4.1.2.2 Azimut Receptor-Transmisor

La obtención del Azimut del receptor se resta  $180^\circ$  al valor del transmisor, siendo este:

$$Azimut_{Rx} = 126,99^\circ$$

#### 2.2.4.1.3 Cálculo del ángulo de Elevación Antena Oficina Principal – Oficina Sucursal

Es el ángulo que se forma entre la dirección de viaje de una onda radiada desde la antena y la horizontal. Para el cálculo aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{Elevación} = \tan^{-1}(\theta) \quad (\text{Ecuación 13})$$

Donde:

$\theta$  = ángulo de elevación

$$\theta = \left( \frac{\Delta \text{altura}}{\text{Distancia}} \right) \quad (\text{Ecuación 14})$$

$$\theta = \left( \frac{2869 - 2871}{90,11} \right)$$

$$\text{Elevación} = \tan^{-1}(-0.02)$$

$$\theta = -1,1^\circ$$

#### 2.2.4.1.4 Cálculo del ángulo de Elevación Antena Oficina Sucursal – Oficina Principal

Es el ángulo formado entre la dirección de viaje de una onda radiada desde la antena y la horizontal. Para el cálculo aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{Elevación} = \tan^{-1}(\theta) \quad (\text{Ecuación 15})$$

Donde:

$\theta$  = ángulo de elevación

$$\theta = \left( \frac{\Delta \text{altura}}{\text{Distancia}} \right) \quad (\text{Ecuación 16})$$

$$\theta = \left( \frac{2871 - 2869}{90,11} \right)$$

$$\text{Elevación} = \tan^{-1}(0.02)$$

$$\theta = 1,1^\circ$$

#### 2.2.4.1.5 Presupuesto de Potencia del Enlace

Es la suma en decibeles de los aportes de los elementos que conforma el enlace.

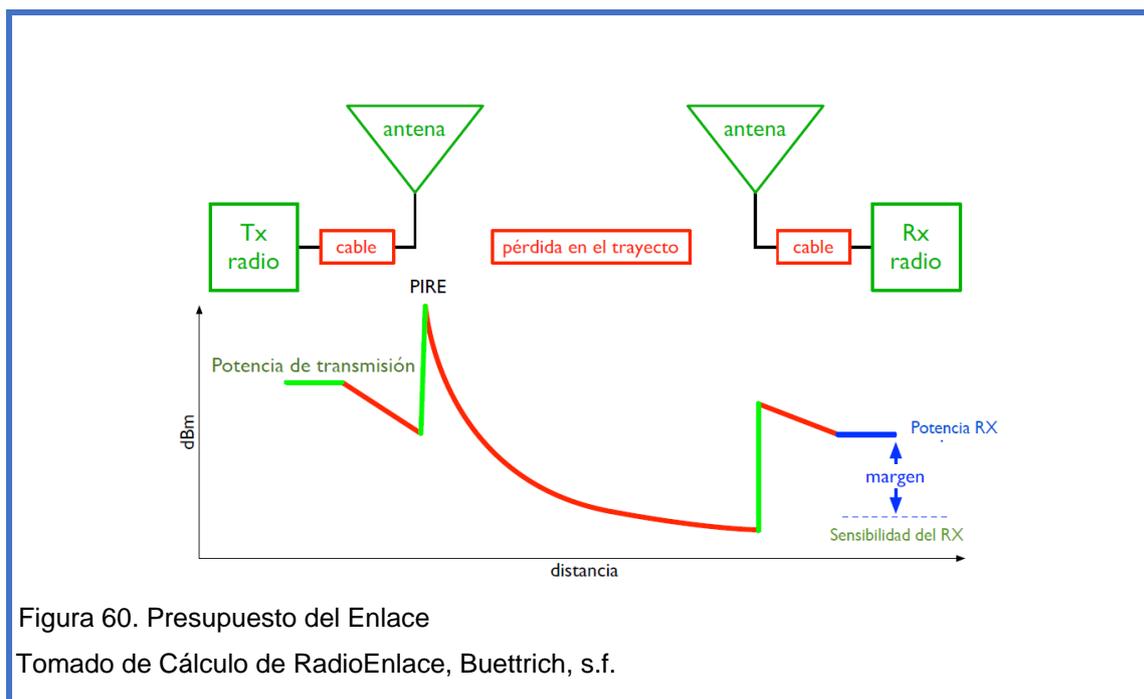


Figura 60. Presupuesto del Enlace

Tomado de Cálculo de RadioEnlace, Buettrich, s.f.

### 2.2.4.1.6 Potencia

Para lograr que los enlaces operen en las mejores condiciones requieren de un mínimo de potencia  $P$  de acuerdo a las características técnicas de los sistemas inalámbricos. Normalmente este dato se encuentra en las especificaciones técnicas de cada modelo de antena.

La relación entre potencias se define por el decibel que es una medida adimensional. El cálculo en dB está dado por la ecuación 17

$$dB = 10 * \text{Log}\left(\frac{P_1}{P_0}\right) \quad (\text{Ecuación 17})$$

Dónde:

$P_1$  y  $P_0$  = valores de potencia [mW] a comparar, para el caso de una antena isotrópica se utiliza un valor de  $P_0=1$  [mW].

### 2.2.4.1.7 Ganancia de la Antena

Esta característica está detallado en las especificaciones técnicas de cada modelo de antena. De acuerdo a las especificaciones técnicas de la antena NanoStation Loco M5 se tiene que:

Ganancia de la antena (dBi) = 13.

#### 2.2.4.1.8 Cálculo de pérdidas en el espacio libre

La potencia de la señal, la mayor parte de esta se pierde en el aire. Por lo tanto la pérdida en el espacio libre mide la dispersión de la potencia de un espacio sin obstáculos.

Su fórmula es:

$$FSL(dB) = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) + K \quad (\text{Ecuación 18})$$

Dónde:

**d** = distancia que recorre la señal [Km]

**f** = frecuencia en la que opera el enlace en [Ghz]

**k** = constante 92,4 con las unidades usadas en la d y f.

La ecuación queda así:

$$f = 5825 \text{ MHz} = 5,825 \text{ GHz}$$

$$d = 0,09336$$

$$FSL = 20\log(0,09336) + 20\log(5,825) + 92,45$$

$$FSL = 86,84dB$$

#### 2.2.4.1.9 Potencia Irradiada Isotrópica Efectiva (PIRE)

Es la misma cantidad de potencia que radia en todas las direcciones una antena teórica.

El cable utilizado para la conexión de la antena al Router D-Link DIR600 son 18 metros de UTP cat5e con conectores RJ45 a cada extremo, de acuerdo a la Tabla 13 el cable UTP tiene una atenuación de 22 dB por cada 100 metros, por lo tanto:

La pérdida en cable UTP es:  $\frac{22dB*18m}{100m} = 3,96 \text{ dB}$

La pérdida en conectores RJ45 es: 0,01 dB

Perdida de cables y conectores: 3,96 + 0,01 = 3,97

Esta dada por la siguiente ecuación 19

$$PIRE = Pt(dBW) + G(dBi) - Loss \quad (\text{Ecuación 19})$$

Donde:

**Pt dBW)=** Potencia de salida del radio transmisor = -7 [dBW]

**G (dBi)=** Ganancia de la antena emisora = 13[dBi]

**Loss=** 3,97

Reemplazando en la formula tenemos:

$$PIRE = -7 + 13 - 3,97$$

$$PIRE = 2,03[dBW]$$

$$PIRE = 1.6[W]$$

#### 2.2.4.2 Línea Visual

Es una de las condiciones más importantes para crear enlaces inalámbricos confiables y se trata de la capacidad de ver un elemento desde un punto o ubicación sin que haya o existan pocos elementos que obstruyan la visión.

Existen tres categorías principales de línea de vista:

**Línea de vista (LOS – Line of Sight)** se trata de como la señal viaja desde el transmisor hasta el receptor mediante un camino directo y sin obstáculos. El enlace entre la oficina principal y la oficina sucursal debe estar libre de

obstáculos para la primera zona de Fresnel; de no ser factible se produciría una reducción de la intensidad de la señal



**Cercano a la línea de vista (nLOS – Near Line of Sight)** describe el recorrido obstruido entre el transmisor y el receptor; estas obstrucciones pueden ser casas, edificios, árboles, etc.



**Sin línea de vista (NLOS – Non Line of Sight)** en este caso si las obstrucciones con completas entre las dos antenas, por esta razón la señal puede ser reflejada, refractada, absorbida, difractada o dispersos. Al receptor

llegan en momentos diferentes por la creación de múltiples señales, diferentes rutas y con diferente ruta, por tal motivo se debe incorporar un número de técnicos para superar este problema.



#### 2.2.4.3 Zona de Fresnel

La zona de Fresnel es la altura donde se pueden posicionar las antenas y realizar un enlace confiable.

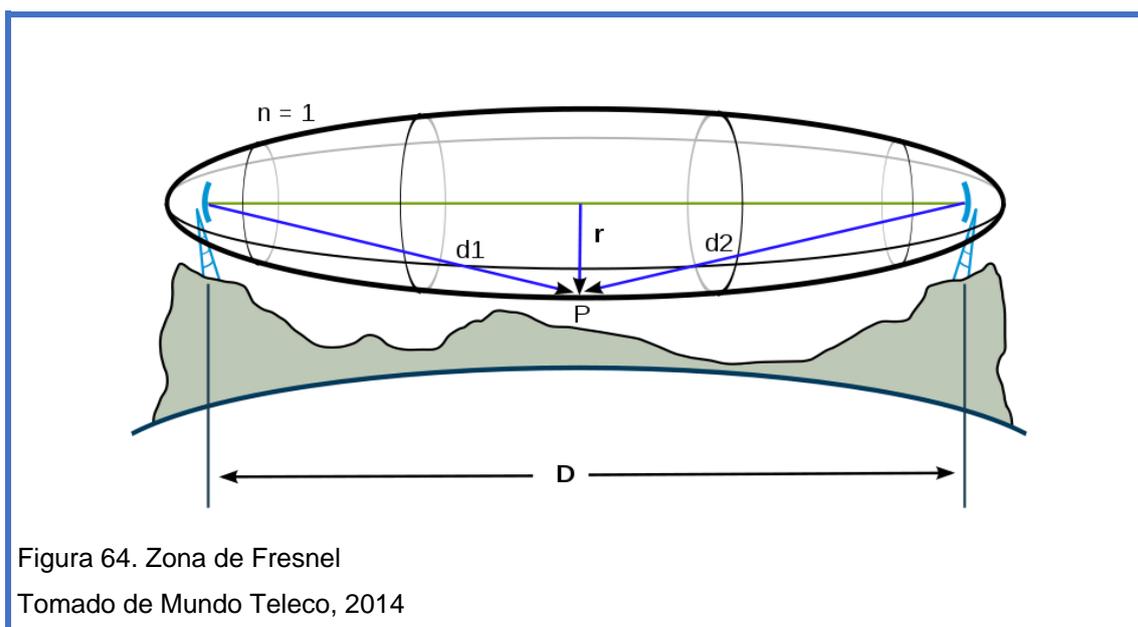
Existen varias zonas de Fresnel, por lo general se usa tan solo la primera zona ya que en esta región existe la mayor cantidad de potencia que llegar al receptor, por tal motivo es importante asegurar que en dicha zona este despejada de todo obstáculo.

En un enlace inalámbrico se considera un 60% del despeje de la primera zona de Fresnel.

Para un alcance máximo de los equipos usados en radio frecuencia se tiene ciertas condiciones idóneas que son:

- Utilización de antenas correctas.

- Para respetar la primera zona de Fresnel se debe conocer la altura correcta donde se colocaran las antenas.
- En el caso de enlaces exteriores, prevención de condiciones climatológicas adversas.
- Tener una visión directa entre el transmisor y receptor.



Para el cálculo de la zona de Fresnel se tiene dos opciones, la primera en situaciones donde no existe obstrucción parcial, el radio de esta primera zona se calcula con la siguiente ecuación 20:

$$r = 17,31 \sqrt{\frac{D}{4 \cdot f}} \quad (\text{Ecuación 20})$$

Donde:

**r** = radio [m]

**D** = distancia [km]

**f** = frecuencia [GHz]

La segunda para situaciones donde existe obstrucción parcial, donde se tiene la siguiente fórmula:

$$r = 17,31 \sqrt{\frac{d1 \cdot d2}{f \cdot D}} \quad (\text{Ecuación 21})$$

Donde:

**r** = radio [m]

**d1 y d2** = distancias desde el obstáculo a los extremos del enlace [m]

**D** = distancia [m]

**f** = frecuencia [MHz]

#### 2.2.4.3.1 Análisis de la Zona de Fresnal

Aplicando la formula explicada anteriormente se obtiene:

$$r = 17,31 \sqrt{\frac{D}{4f}}$$

$$r = 17,31 \sqrt{\frac{0,09336}{4 * 5,825}}$$

$$r = 1,07[m]$$

#### 2.2.4.4 Presupuesto de Enlace

Con el cálculo de presupuesto de enlace, se logra cuantificar el impacto en la potencia que recibe el receptor.

El margen de potencia de recepción debe ser mayor a la que indica el fabricante.

La fórmula es:

$$M(dB) = Pt(dBm) - Acc1(dB) + G1(dBi) - PEA + G2(dBi) - Acc2(dB) - Pr(dBm) \quad (\text{Ecuación 22})$$

Esta ecuación tendrá los valores calculados y los obtenidos de las especificaciones técnicas de los equipos a usarse.

$M(dB)$  = Margen de la potencia de recepción

$Pt(dBm)$  = Potencia Tx= 23 [dBm]

$Acc1(dB) = Acc2(dB)$ = Pérdida en cables y conectores del emisor y receptor respectivamente = 3,97

$G1(dBi) = G2(dBi) = 13$  [dBi]

$PEA$  = pérdidas en el espacio libre = 86,84 [dB]

$Pr(dBm)$ = sensibilidad del radio receptor = -87 [dBm]

Reemplazando datos tenemos:

$$M(dB) = 23 - 3,97 + 13 - 86,84 + 13 - 3,97 - (-87)$$

$$M(dB) = 41,22[dB]$$

### 2.2.5 Resultados del cálculo del enlace WIFI entre la Oficina Principal y la Oficina Sucursal

Tabla 18. Resultados de Cálculos

Resultados de los cálculos obtenidos	
DATOS	VALORES
Distancia	90,11 m
Frecuencia	5,825 [GHz]
Potencia	23 dBm
PEA	86,84 dB
Azimut Tx	306,52°
Zona de Fresnel	1,07 m
PIRE	2,03 dBw
Margen de Potencia	41,22 dB

## 2.2.6 Simulación en Radio Mobile

De acuerdo al simulador Radio Mobile que muestra el perfil el perfil de elevación ingresando las coordenadas de los extremos del enlace, características, radios, entre otros valores que permiten tener los resultados con mayor exactitud.

### 2.2.6.1 Ubicación física del enlace



Figura 65. Ubicación de la oficina principal y la oficina sucursal  
Tomado de Radio Mobile, 2016

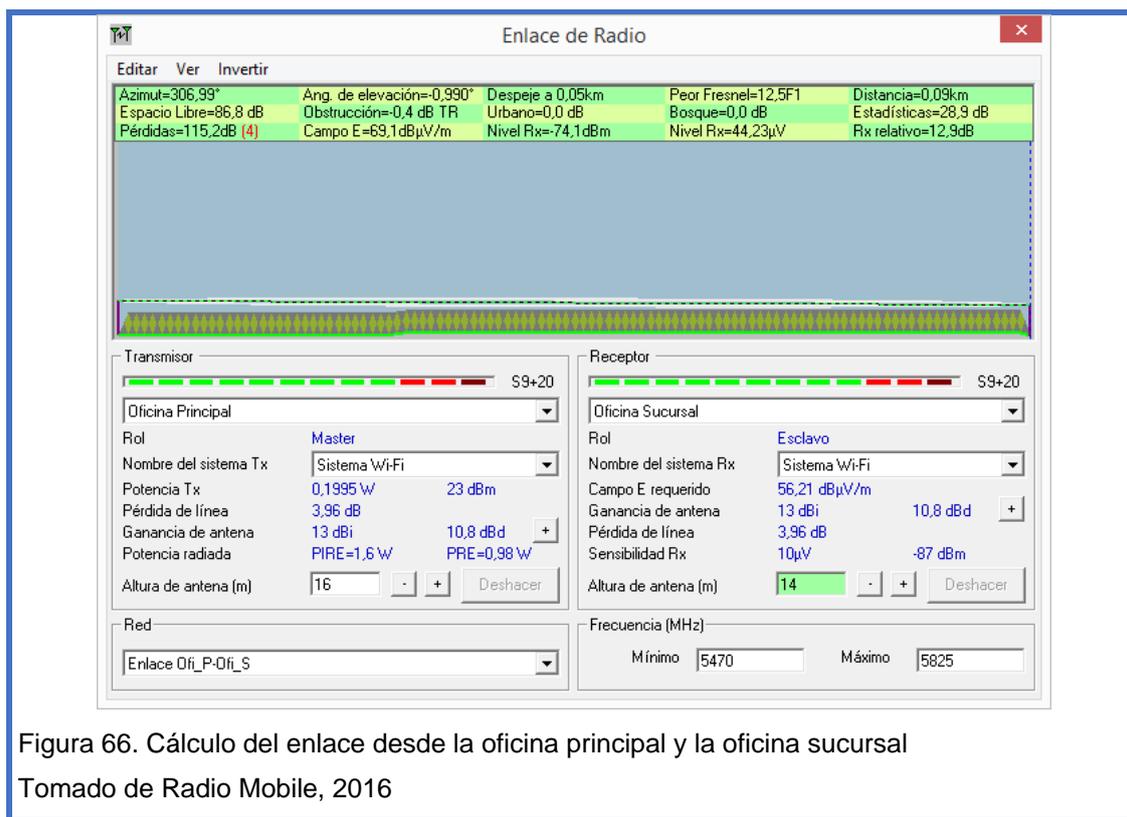


Figura 66. Cálculo del enlace desde la oficina principal y la oficina sucursal  
Tomado de Radio Mobile, 2016

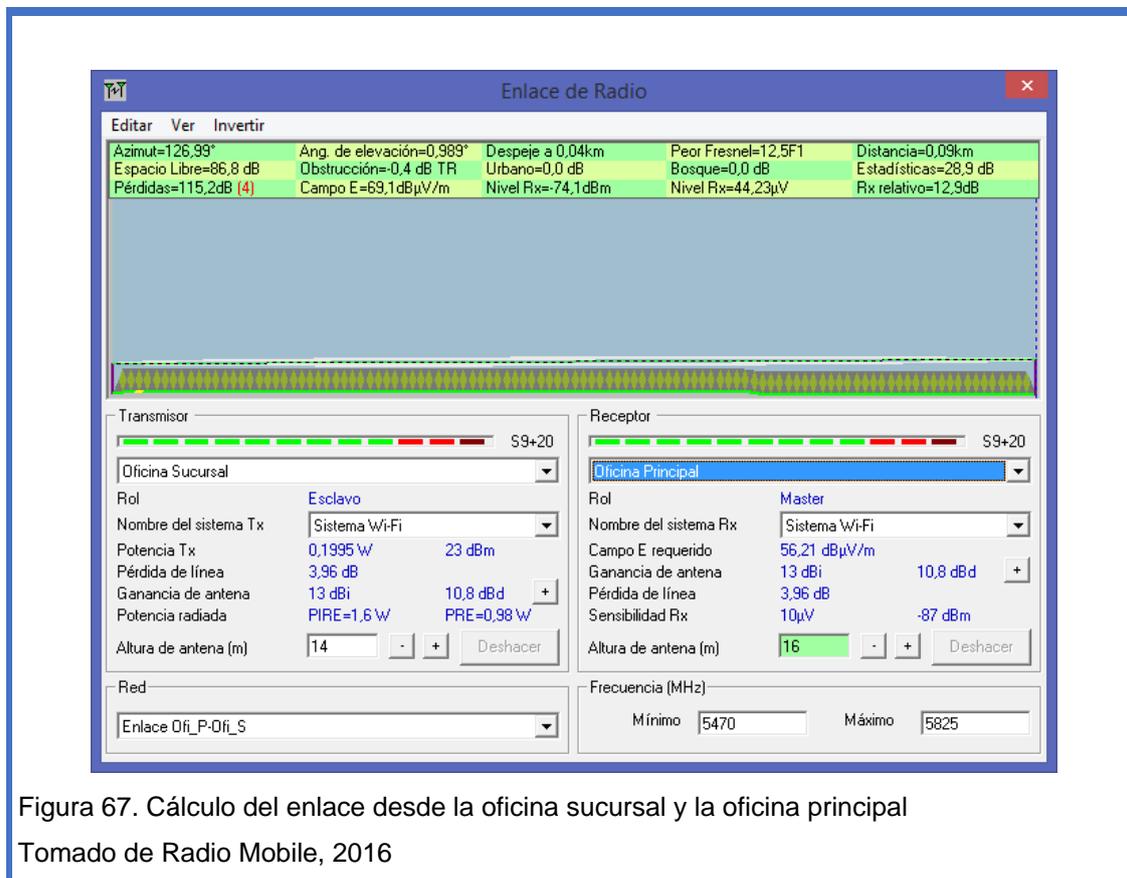


Figura 67. Cálculo del enlace desde la oficina sucursal y la oficina principal  
Tomado de Radio Mobile, 2016



Figura 68. Representación gráfica de la Oficina Principal y la Oficina Sucursal  
Tomado de Google Earth, 2016

### 2.2.6.2 Mapa de Cobertura

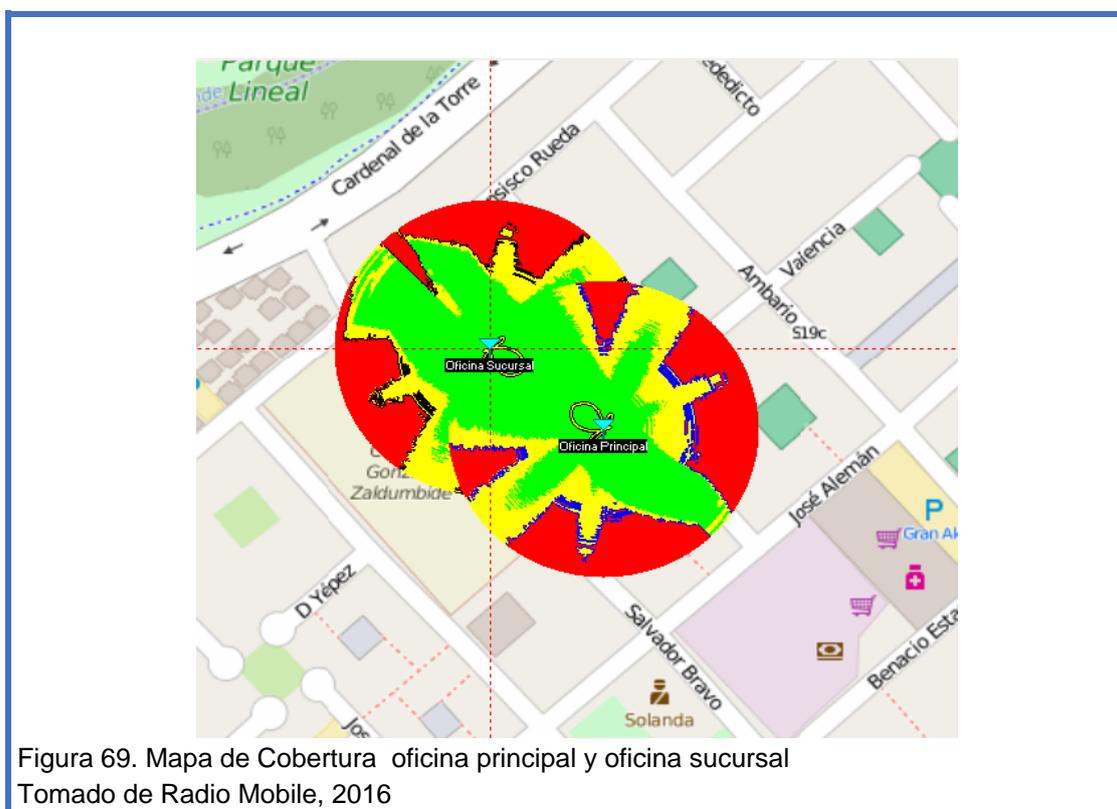


Figura 69. Mapa de Cobertura oficina principal y oficina sucursal  
Tomado de Radio Mobile, 2016

### 2.2.7 Red interna Oficina Principal

Para la comunicación interna de la oficina principal en este prototipo se usará el equipo Dlink DIR 600 el mismo que recibe la señal desde el modem **Huawei MiFi E5776S**, y se lo selecciono por las siguientes razones:

- Compatible con equipos inalámbricas y soporta tecnología LTE 4G, 3G y 2G
- Ofrece velocidades de hasta 300Mbps
- Es fácil de configurar y su actualización de firmware es automática
- Estándares inalámbricos IEEE 802.11n, IEEE 802.11g, IEEE 802.11b
- Seguridad WAP2 (AES)
- Tiene 4 puertos RJ45 para conectar equipos a la red física. Donde tendrá conectado la LAN de la antena NanoStation Loco



En la oficina sucursal se trabajará para la comunicación interna de los equipos inalámbricos con equipos ADSL HG531Sv1 por las siguientes razones:

- Equipos económicos que cumplen con los estándares para el prototipo de red.
- Ofrece velocidad de transferencia de 300Mbps

- Poseen configuraciones para QoS (Calidad de Servicio)
- Fácil de instalar y configurar

Además de poseer características técnicas tales como:

Tabla 19. Especificaciones Técnicas

<b>Tecnología</b>	soporta LTE 4G, 3G,2G
<b>Bandas de Frecuencia</b>	2400 a 2497 MHZ
<b>velocidad de transferencia Inalámbrica</b>	IEEE 802.11n (6.5 - 300Mbps)
<b>Estándares Inalámbricos</b>	IEEE 802.11n*, IEEE 802.11g, IEEE 802.11b
<b>Tecnología de Modulación</b>	OFDM

Tomado de Datasheet ADSL HG531SV1, 2014



Figura 71. ADSL: HG531Sv1

## 2.3 Enlace de red BPL en la oficina principal

### 2.3.1 BPL (Broadband Power Line)

Con esta tecnología vamos a aprovechar la red eléctrica para convertirla en una línea de alta velocidad digital para poder usar internet sobre ella. Es decir, convertimos nuestro servicio de electricidad en un medio para que internet llegue a cubrir los lugares donde no existe acceso a la red.

Las características de los equipos o adaptadores BPL que se necesitan para la conexión de la red híbrida son:

Tabla 20. Especificaciones Técnicas

<b>Tecnología</b>	soporta LTE 4G, 3G,2G
<b>Bandas de Frecuencia</b>	2400 a 2497 MHZ
<b>Velocidad de transferencia</b>	150 - 200Mbps
<b>Estándares Inalámbricos</b>	IEEE 802.11n*, IEEE 802.11g, IEEE 802.11b
<b>Tecnología de Modulación</b>	OFDM

Tomado de Datasheet TP-Link TL-WPA4220KIT, 2016

De acuerdo a estas características para la comunicación entre esos lugares inasequibles tanto de la oficina principal o de la oficina sucursal se trabajara con equipos Tp-Link TL-WA850RE por las siguientes razones:

- Los adaptadores convierten un toma de corriente en un punto de acceso a la red
- Son fáciles de instalar y configurar
- Nos permite extender el alcance de la red
- Nos permite crear una nueva red inalámbrica



Figura 72. TP-Link TL-WPA4220KIT

## 2.4 Detalle aspectos a usar en las 3 tecnologías

En el siguiente cuadro se indica un resumen de las características que tienen en común y con las que los diferentes equipos a usar en la red híbrida se comunicaran entre sí.

Tabla 21. Especificaciones Técnicas en común de los equipos a usar

Tecnología	LTE 4G	WIFI		BPL
		HG532C	Dlink DIR600	
Características				
Tecnología soportada	4G, 3G, 2G	4G, 3G, 2G	4G, 3G, 2G	4G, 3G, 2G
Bandas de Frecuencia	2400 MHZ	2400 MHZ	2400 MHZ	2400 MHZ
Velocidad de Transferencia	150 Mbps	300 Mbps	300 Mbps	200Mbps
Estándares Inalámbricos	IEEE 802.11n	IEEE 802.11n	IEEE 802.11n	IEEE 802.11n
Tecnología de Modulación	OFDM	OFDM	OFDM	OFDM

## 2.5 Análisis de Usuarios en la RED

De acuerdo a la simulación establecida para este estudio se toma como escenario todos los usuarios existentes entre la oficina principal y la secundaria, de acuerdo al tipo de negocio puede variar el número de usuario conectados a la red. Para nuestro análisis se utiliza 10 usuarios, los mismos que estarán repartidos de acuerdo a la localización interna y conexiones de red y eléctricas de las oficinas de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 22. Número de usuarios por oficina y conexión

<b>Tecnología</b>	<b>Oficina Principal</b>	<b>Oficina Sucursal</b>
# usuarios WIFI	4	2
# usuarios BPL	2	2
<b>Total</b>	6	4

### 2.5.1 Análisis de Capacidad de Tráfico en la Red Oficina Principal y Red Oficina Sucursal

El objetivo es realizar el análisis de tráfico para conocer el flujo de información que se trasmite desde y hacia los servidores. La captura del tráfico de red se realizó con el analizador de paquetes Wireshark que es un analizador de protocolos que permite observar cualquier tipo de tráfico que pasa por la red. De esta manera nos permite analizar si existen problemas en las redes de comunicaciones.

Wireshark fue instalado en un equipo para las pruebas, con el fin de medir las peticiones hacia los mismos, y de esta manera tener un aproximado del tráfico a ser transmitido. Se realizó la medición durante las horas con mayor afluencia de navegación y transferencia de datos en cada oficina para poder calcular.

## 2.5.1.1 Cálculos Capacidad de Tráfico en la Red

### 2.5.1.1.1 Capacidad de Tráfico Oficina Principal

En la figura 73 se puede verificar el tráfico de la oficina principal

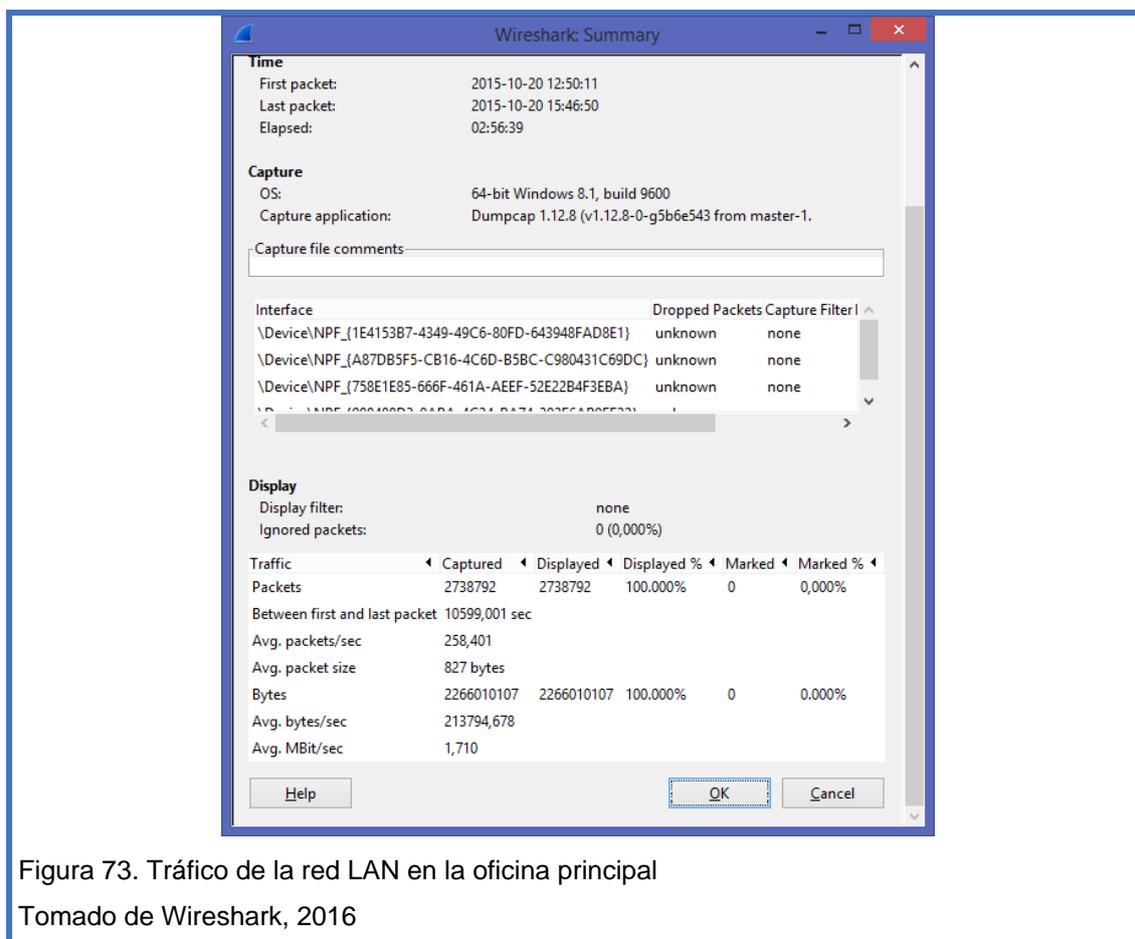


Figura 73. Tráfico de la red LAN en la oficina principal

Tomado de Wireshark, 2016

Basado en muestreo realizado, el promedio de bytes que circulan en la LAN de la sucursal es de **2266010107 Bytes**.

De la información obtenida se extrae la cantidad de tráfico promedio que circula en la red LAN de la oficina principal, durante el periodo establecido que es de **2266010107 byte (2161.03564MB)**. Para saber la cantidad de datos por hora que se transmiten en las redes se realiza la siguiente operación:

$$\frac{2161,03564 \text{ MB}}{3 \text{ horas}} = 540,25 \text{ MB/hora}$$

Tomando en cuenta que la red opera las 8 horas por día se realiza la siguiente operación:

$$540,25 \text{ MB} * 8 \text{ horas} = 4322 \text{ MB}$$

La cantidad de tráfico promedio en un día de uso de la red en la oficina principal es de **4322 MB**.

Además se puede verificar el árbol jerárquico de las estadísticas del protocolo y las conversaciones entre dos puntos.

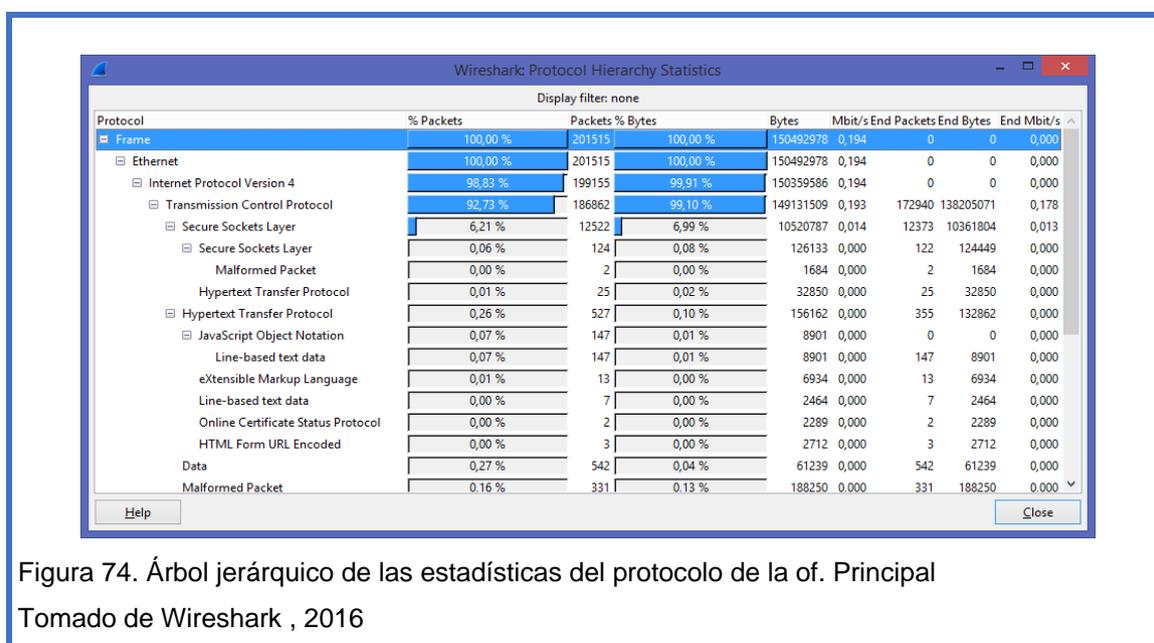


Figura 74. Árbol jerárquico de las estadísticas del protocolo de la of. Principal  
Tomado de Wireshark , 2016

Conversations: traficoofprincipal.pcapng

Ethernet Conversations

Address A	Address B	Packets	Bytes	Packets A-B	Bytes A-B	Packets A-B	Bytes A-B	Rel Start	Duration	bps A-B	bps A-B
HuaweiTe_29:bfbf	IntelCor_7:cbd61	189 254	149 491 594	108 800	121 348 177	80 454	28 143 417	0,00000000	5093,4777	190593,83	44203,07
NokiaCor_aeb7:1c	Broadcast	4	240	4	240	0	0	14,298407000	3,0003	639,93	N/A
Ubiquiti_04:ca:ea	Broadcast	3 451	278 224	3 451	278 224	0	0	17,301898000	6165,5927	361,00	N/A
HuaweiTe_29:bfbf	Broadcast	194	12 910	194	12 910	0	0	29,897805000	4792,9023	21,55	N/A
IntelCor_7:cbd61	Broadcast	803	74 118	803	74 118	0	0	168,486101000	6006,0679	98,72	N/A
IPv4mcast_fc	IntelCor_7:cbd61	1 012	68 744	0	0	1 012	68 744	168,486293000	6004,1730	N/A	91,59
IPv4mcast_fc	Ubiquiti_04:ca:ea	985	64 625	0	0	985	64 625	333,655657000	5847,5591	N/A	88,41
IntelCor_7:cbd61	Ubiquiti_04:ca:ea	5 618	465 066	3 196	231 873	2 422	233 193	2088,408150000	4108,4833	451,50	454,07
IntelCor_6b:8da8	Broadcast	25	1 050	25	1 050	0	0	2900,488909000	634,7353	13,23	N/A
Giga-Byt_44:a:5:7a	Broadcast	9	540	9	540	0	0	3121,839784000	564,2153	7,66	N/A
SamsungE_4a:ca:d7	Broadcast	9	450	9	450	0	0	3219,032523000	2853,8653	1,26	N/A
IPv4mcast_7:fff:a	Ubiquiti_04:ca:ea	9	8 870	0	0	9	8 870	3448,911465000	2420,2421	N/A	29,32
ChicomonyE_72:82:06	Broadcast	74	5 986	74	5 986	0	0	3490,582001000	1733,5219	27,62	N/A
IPv4mcast_7:fff:a	ChicomonyE_72:82:06	8	7 151	0	0	8	7 151	3490,601786000	7,1485	N/A	8002,80
ChicomonyE_72:82:06	IntelCor_7:cbd61	15	8 992	7	1 337	8	7 655	3491,216309000	9,4653	1130,02	6469,93
IPv4mcast_fc	ChicomonyE_72:82:06	39	2 504	0	0	39	2 504	3491,412449000	1290,8392	N/A	15,52
D-Linkln_bar67:aa	Broadcast	2	84	2	84	0	0	5119,964062000	171,4177	3,92	N/A
IntelCor_7:cbd61	Trendnet_a3:dd:71	3	1 770	0	0	3	1 770	5231,826843000	813,2206	N/A	17,41
Trendnet_a3:dd:71	Broadcast	1	60	1	60	0	0	5298,121276000	0,0000	N/A	N/A

Name resolution  Limit to display filter

Help Copy Follow Stream Graph A-B Graph A-B Close

Figura 75. Lista de conversaciones entre dos puntos de la of. Principal  
Tomado de Wireshark, 2016

### 2.5.1.1.2 Capacidad de Tráfico Sucursal

En la figura 76 se puede verificar el tráfico en la sucursal.

Wireshark Summary

**Time**  
 First packet: 2015-10-20 02:39:19  
 Last packet: 2015-10-20 06:43:10  
 Elapsed: 04:03:51

**Capture**  
 OS: 64-bit Windows 8.1, build 9600  
 Capture application: Dumpcap 1.12.8 (v1.12.8-0-g5b6e543 from master-1).  
 Capture file comments:

**Interface**

Interface	Dropped Packets	Capture Filter
\Device\NPF_{1E4153B7-4349-49C6-80FD-643948FAD8E1}	unknown	none
\Device\NPF_{A87DB5F5-CB16-4C6D-B5BC-C980431C69DC}	unknown	none
\Device\NPF_{758E1E85-666F-461A-AEEF-52E22B4F3EBA}	unknown	none

**Display**  
 Display filter: none  
 Ignored packets: 0 (0,000%)

**Traffic**

Traffic	Captured	Displayed	Displayed %	Marked	Marked %
Packets	419535	419535	100,000%	0	0,000%

Between first and last packet 14631,345 sec  
 Avg. packets/sec 28,674  
 Avg. packet size 204 bytes  
 Bytes 85599207 85599207 100,000% 0 0,000%  
 Avg. bytes/sec 5850,399  
 Avg. MBit/sec 0,047

Help OK Cancel

Figura 76. Tráfico de la red LAN en la oficina sucursal  
Tomado de Wireshark, 2016

Basado en muestreo realizado, el promedio de bytes que circulan en la LAN de la sucursal es de **85599207 Bytes**.

De la información obtenida se extrae la cantidad de tráfico promedio que circula en la red LAN de la sucursal, durante el periodo establecido de mayor afluencia que es de 85599207 bytes (81.63377MB). Para saber la cantidad de datos por hora que se transmiten en las redes se realiza la siguiente operación:

$$\frac{81.63377MB}{4horas} = 20,41 MB/hora$$

Tomando en cuenta que en la res se opera las 8 horas por día se realiza la siguiente operación:

$$20,41 MB * 8 horas = 163,28 MB$$

La cantidad de tráfico promedio en un día de uso de la red en la oficina sucursal es de **163,28 MB**.

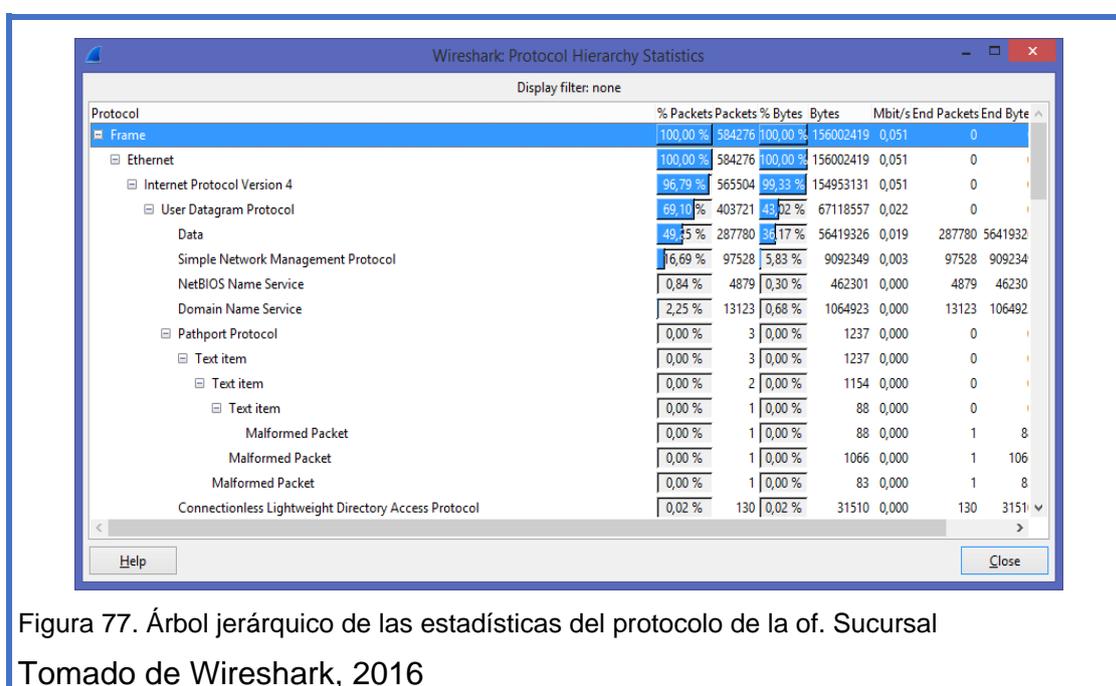
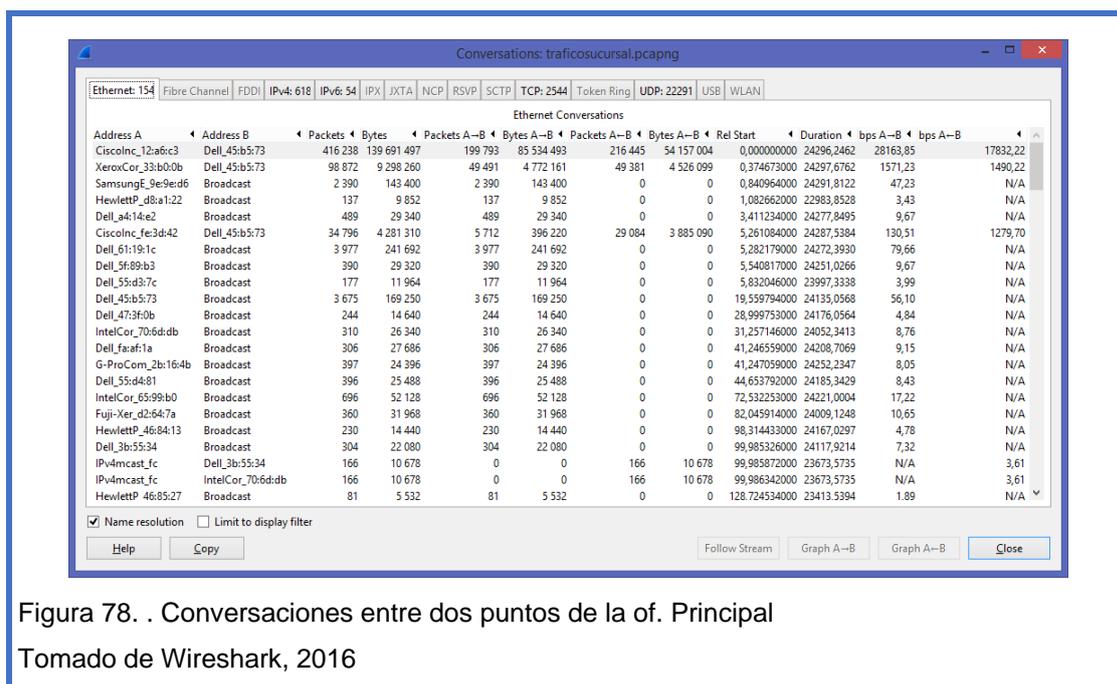


Figura 77. Árbol jerárquico de las estadísticas del protocolo de la of. Sucursal

Tomado de Wireshark, 2016



## 2.5.2 Cálculo de ancho de banda en base al servicio de internet y VoIP de la Red Híbrida.

Para determinar el ancho de banda necesario en la red híbrida LTE, WIFI y BPL se determina los servicios a ofrecer que son: Acceso a Internet y Voz.

### 2.5.2.1 Cálculo Ancho de Banda

El servicio ofrecido tiene valores promedio de ancho de banda donde se tomaran para el cálculo la cantidad de tráfico que circula por la red de la oficina principal y sucursal, de donde se obtiene lo siguiente:

Para la oficina principal tenemos un tráfico de 4322 MB:

$$AB = \frac{4322 \text{ MB}}{8 \text{ horas}} * \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ Byte}} * \frac{1 \text{ hora}}{3600 \text{ s}} = 1,20 \text{ bps}$$

$$AB = 1200 \text{ Kbps}$$

Para la oficina sucursal tenemos un tráfico de 163,28 MB:

$$AB = \frac{163,28 \text{ MB}}{8 \text{ horas}} * \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ Byte}} * \frac{1 \text{ hora}}{3600 \text{ s}} = 0,045 \text{ bps}$$

$$AB = 45,35 \text{ Kbps}$$

El resultado de la suma entre el valor de la oficina principal con el de la oficina sucursal tenemos el ancho de banda para la red híbrida:

$$AB = 1200 + 45,35 = 1245,35 \text{ Kbps}$$

Tabla 23. Capacidad de acceso a la Red para los 10 usuarios

Servicio	Capacidad (Kbps)
Acceso a Internet	1245,35

**Nota:** solo para el prototipo se usaran 10 equipos y con aquello se validara el funcionamiento del prototipo de la red híbrida pero a largo plazo se podrá aumentar el número de equipos y usuarios.

### 2.5.2.2 Estimación de Ancho de Banda para el servicio de VoIP

El requerimiento de tráfico viene determinado por el ancho de banda necesarios para transportar la voz sin que esta sufra mayor deterioro, se usara el códec G.711 el cual ocupa un ancho de banda de 64kbps, además el grado de servicio determina la posibilidad de bloqueo de las llamadas telefónicas, es decir, en nuestro ejemplo el grado de servicio será del 1% para que del total de llamadas únicamente el 2% se perderán o serán bloqueadas dando al sistemas un 98% de confiabilidad.

Para ayuda del cálculo del tráfico de acuerdo a lo antes mencionado se utilizara la herramienta <http://www.erlang.com/calculator/eipb/>. Como dato adicional importante al calcular el tráfico de VoIP es el valor del tráfico en la hora cargada BHT que viene determinado por la ecuación 24:

$$BHT = \left[ \frac{\text{duración llamada promedio(s)} * \text{ocupación del canal}}{3600} \right] \text{Erlangs}$$

(Ecuación 23)

Donde:

**Duración de la llamada promedio:** estimada en 2 minutos

**Ocupación del canal:** Estimación del número de usuarios que ocupan el canal de comunicación.

Por tanto:

$$BTH = \left[ \frac{120s * 10}{3600} \right] = 0,3333Erlangs$$

De acuerdo al resultado el ancho de banda es dada por:

Figura 79. Cálculo del ancho de banda para VoIP  
Tomado de Erlangs and VoIP Bandwidth Calculator, 2016

En resumen, el cálculo de ancho de banda total para la red híbrida es:

Tabla 24. Cálculo del ancho de banda para VoIP

Servicio	Capacidad (kbps)
Datos	1245,35
Voz	240
<b>Total</b>	<b>1485,35</b>

### 2.5.3 Escalabilidad de Red Híbrida LTE – WIFI – BPL

La red híbrida LTE – WIFI – BPL está diseñada para soportar el crecimiento de equipos en la red y sin perder la calidad en los servicios ofrecidos.

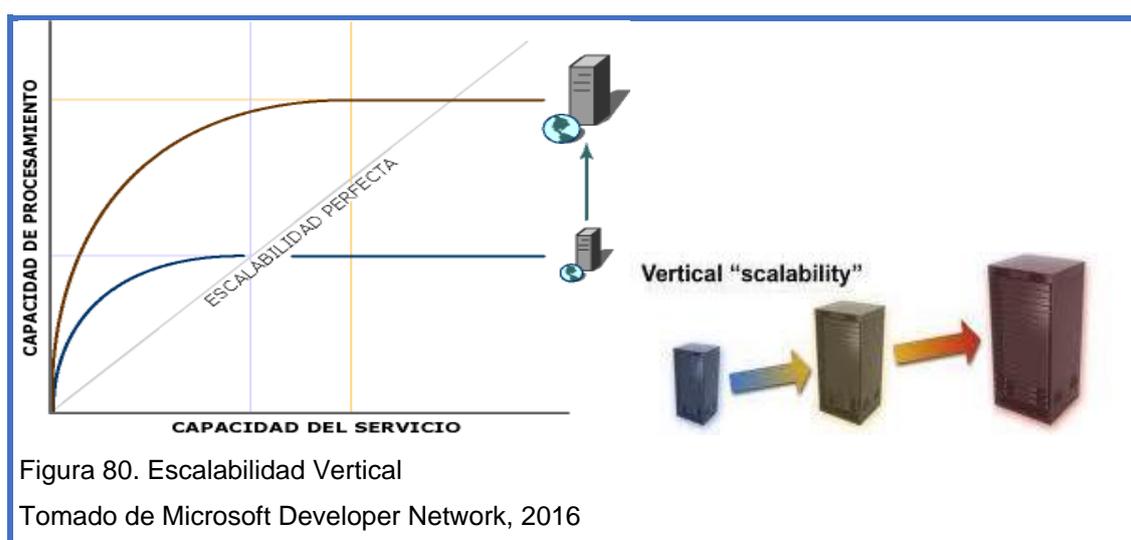
La escalabilidad de esta red híbrida, permite al administrador de la red tener un crecimiento en función de la demanda de nuevos equipos, sin preocuparse por la interoperabilidad de la red.

La escalabilidad es importante desde el hardware hasta el software, por ejemplo, se debe tener en cuenta lo versátiles que son los servidores, como en dos años es posible que se necesite el doble de capacidad o reasignar los servidores a otra aplicación.

Existen 2 formas de escalar:

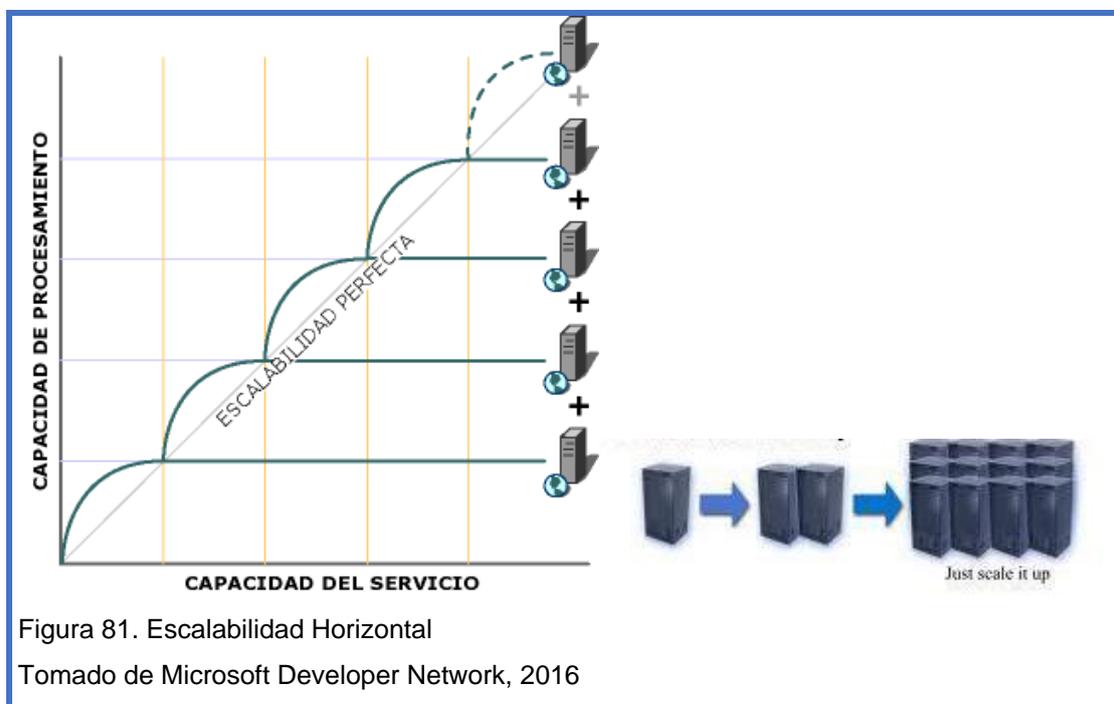
#### 2.5.3.1 Escalabilidad vertical

El escalabilidad vertical, consiste en utilizar equipos con un software más avanzado y rápido, esta escalabilidad nos permite incluir en los equipos procesadores memoria mucho más rápida. Esta escalabilidad nos permite aumentar en la capacidad del equipo sin afectar el código fuente del software.



### 2.5.3.2 Escalabilidad horizontal

Consiste en incrementar equipos que desempeñen una misma tarea con el propósito de mejorar la tolerancia de errores en las aplicaciones.



### 2.5.3.3 Tipos de Escalabilidad

Existen varios tipos de escalabilidad:

- De Recursos
- De Aplicaciones
- De Tecnología

En el cuadro se muestra la capacidad del enlace de internet que se debe tener en la oficina principal y en la oficina sucursal con un factor de crecimiento de la red en un 5% anual por 5 años, para esto se ha realizado un análisis de tamaño promedio de las páginas web comúnmente visitadas como buscadores, páginas de correo electrónico, páginas de actualización y descarga de software, etc; para este análisis se asume un escenario de navegación en 5 sitios al mismo tiempo (videos), se obtuvo un promedio de 23740,4 KB, la medición de la página web se la realizó con la ayuda de Webpage Size Lookup,

se estima para este prototipo por usuario un acceso a páginas web en un promedio de 25 sitios por hora.

Sitios de navegación:

Video1 = 22150 KB

Video 2 = 23340 KB

Video 3 = 26272 KB

Video 4 = 25510 KB

Video 5 = 21430 KB

Total = 118702 KB

El promedio de navegación se considera que en una hora se puede acceder a 25 sitios:

$$25 \text{ sitios} * 23740,4, KB = 593510 \frac{KB}{hora} \text{ por cada usuario}$$

Para conocer en bps realizamos el siguiente cálculo:

$$AB = \frac{255110KB}{1 \text{ hora}} * \frac{1 \text{ hora}}{3600 \text{ s}} * \frac{8 \text{ bit}}{1 \text{ byte}} * \frac{1000 \text{ byte}}{1 KB} = 1318911,11 \text{ bps por cada usuario}$$

$$AB = 1,25 \text{ Mbps por usuario}$$

Tabla 25. Crecimiento de 5% anual a 5 años

Oficina	# de Usuarios	Proyección de Crecimiento de 5% anual a 5 años	Capacidad enlace para acceso a internet Kbps
Principal	6	8	201,1
Sucursal	4	5	420

De acuerdo a los resultados se puede indicar que la red tiene escalabilidad pues la capacidad de internet en un crecimiento del 5% anual a 5 años está dentro y por debajo de la capacidad que tiene la red híbrida.

## **2.5.4 Estudio y selección de Equipos para el servicio de VoIP**

### **2.5.4.1 Servidor VoIP**

VoIP es una tecnología con constantes actualizaciones en cuanto a software y hardware lo que permite elegir entre una amplia gama de dispositivos acordes a las necesidades de la red.

El servidor de VoIP tanto en software como en hardware. El software elegido es Asterisk en su versión más reciente del 2015 y del cual se hará un análisis más detallado junto a otras opciones disponibles en secciones siguientes, por ahora Asterisk y cualquiera de sus versiones tanto graficas como en modo texto pueden ser implementadas sobre cualquier hardware ya sea un servidor dedicado o un computador.

Como se mencionó anteriormente se realizar un análisis detallado de opciones disponible que de acuerdo a las aplicaciones basadas en Asterisk se tratan de dar un enfoque más gráfico y sencillo, dentro de las cuales tenemos:

### **2.5.4.2 Elastik**

Es un software que ofrece una interfaz gráfica para la configuración de Asterisk, se caracteriza por que incluye un servidor de fax, telefonía IP, conferencias y servidor de correo.

### **2.5.4.3 AsteriskNOW**

Se trata de una distribución de GNU/Linux basada en CentOS que permite convertir una PC de escritorio en una central telefónica PBX basada en Asterisk en cuestión de minutos y funcionando.

Entre algunas de sus características:

- Interfaz usuario con la cual se administra un servidor de VoIP
- Creación de extensiones

- Distribución automática de llamadas
- Correo de voz

Al igual que todas las soluciones basadas en Asterisk soporta un gran número de códecs y es posible trabajar con un gran número de protocolos como SIP e IAX2.

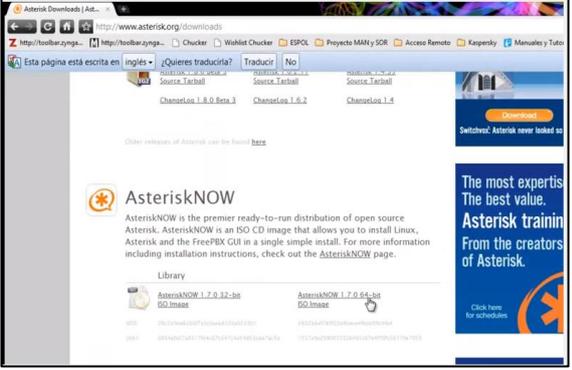
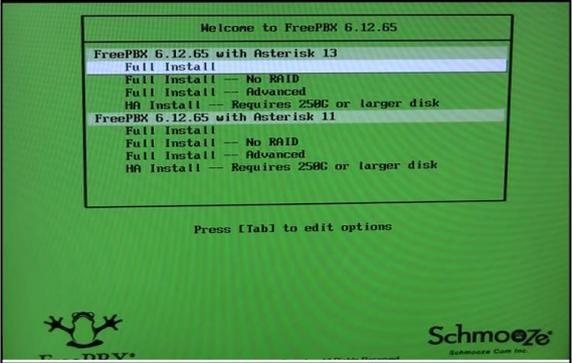
Por lo tanto se selecciona trabajar con **AsteriskNow** para instalar la central de VoIP.

## CAPÍTULO III: IMPLEMENTACION Y PRUEBAS DE LA RED HÍBRIDA LTE – WIFI – BPL

Después de haber realizado el análisis de equipos de comunicación, el diseño de la red, en este capítulo se presenta la implementación, configuración y pruebas de la red híbrida LTE-WIFI-BPL. Se trata a profundidad los servicios tales como datos y VoIP, con la finalidad de que el acceso a los recursos sea más eficientes siempre brindando seguridad en la conectividad.

### 3.1 Configuración del Servidor VoIP

Tabla 26. Configuración del Servidor VoIP

Pasos	Explicación	Captura de Pantalla
1	El servidor de VoIP se lo realiza para este prototipo sobre la plataforma AsteriskNow y configuración del ATA para llamadas hacia afuera de la central.	
2	Desde la página <a href="http://www.asterisk.org">www.asterisk.org</a> proceder a descargar el instalador .iso para la posterior instalación en el equipo que será servidor.	
3	Para poderlo instalar quemar en CD la imagen del instalador. Luego de tener en un cd el instalador se procede con la instalación del programa.	

- 4 Inicialá el proceso para realizar la configuración del servidor y podrá visualizarlo.

```

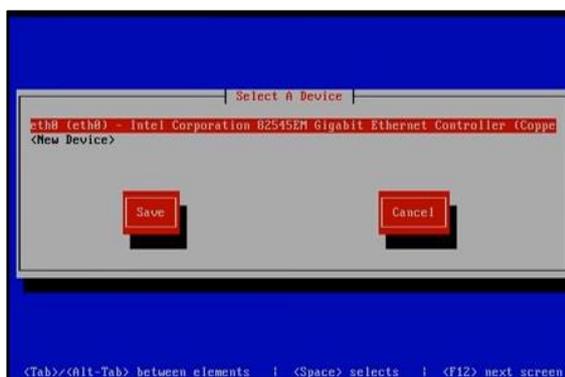
ci 0000:00:1e:0: Bridge window [mem pref disabled]
ci 0000:00:01:0: PCI INT A -> GSI 16 (level, low) -> IRQ 16
ci 0000:00:1c:0: PCI INT A -> GSI 16 (level, low) -> IRQ 16
ci 0000:00:1c:4: PCI INT A -> GSI 16 (level, low) -> IRQ 16
ci 0000:00:1c:5: PCI INT B -> GSI 17 (level, low) -> IRQ 17
ET: Registered protocol family 2
P route cache hash table entries: 32768 (order: 5, 131072 bytes)
CP established hash table entries: 131072 (order: 8, 1048576 bytes)
CP bind hash table entries: 65536 (order: 7, 524288 bytes)
CP: Hash tables configured (established 131072 bind 65536)
CP reno registered
ET: Registered protocol family 1
ci 0000:00:1d:0: PCI INT A -> GSI 21 (level, low) -> IRQ 21
ci 0000:00:1d:0: PCI INT A disabled
ci 0000:00:1d:1: PCI INT B -> GSI 22 (level, low) -> IRQ 22
ci 0000:00:1d:1: PCI INT B disabled
ci 0000:00:1d:2: PCI INT C -> GSI 18 (level, low) -> IRQ 18
ci 0000:00:1d:2: PCI INT C disabled
ci 0000:00:1d:3: PCI INT D -> GSI 23 (level, low) -> IRQ 23
ci 0000:00:1d:3: PCI INT D disabled
ci 0000:00:1d:7: PCI INT A -> GSI 21 (level, low) -> IRQ 21
ci 0000:00:1d:7: PCI INT A disabled
rying to unpack rootfs image as initramfs...

```

- 5 Comenzar con la configuración. Seleccionar la configuración de la network. Click en **Tool**.



- 6 Escoger la tarjeta de red a ser configurada. Dar **Enter** sobre la tarjeta seleccionada.



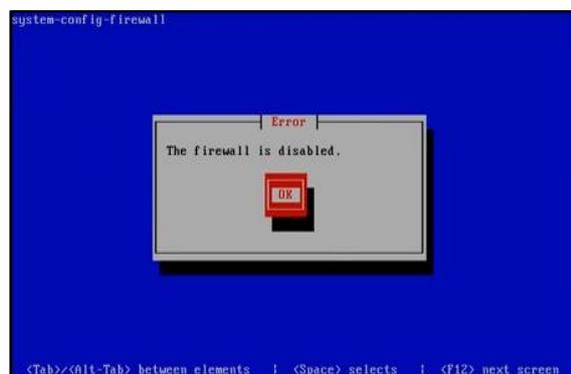
- 7 La configuración de la IP debe ser estática por lo tanto escoger la configuración manual y colocar la dirección que tendrá el servidor. Clic en **OK**.



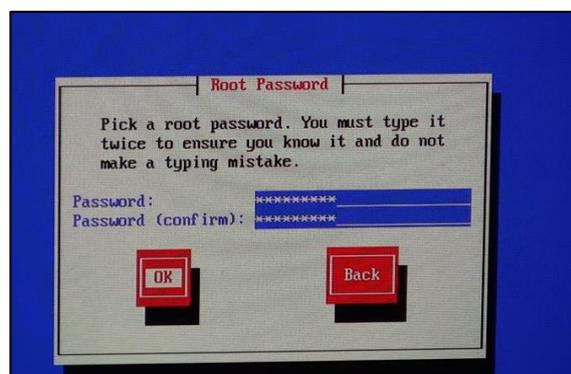
- 8 Solicitará guardar la configuración realizada. Click en **“Save&Quit”**.



- 9 En este caso de prototipo se mantendrá deshabilitado el firewall del servidor. Click en **OK**.



- 10 Configurar el password para el root y con el cual se podrá logear en el servidor. Clic en **OK**.



- 11 Finalizada la configuración iniciará el proceso de

instalación.

```
Restarting...Shutting down [ OK ] nmon:
[ OK ]
Stopping atd: [ OK ]
Stopping httpd: [ OK ]
Stopping sbrt_daemon: [ OK ]
Stopping sshd: [ OK ]
Stopping mysqld: [ OK ]
daemonname: No address associated with name
Shutting down dnsmasq: [ OK ]
Stopping xinetd: [ OK ]
Stopping safe_asterisk: [ OK ]
Shutting down asterisk: [ OK ]
```

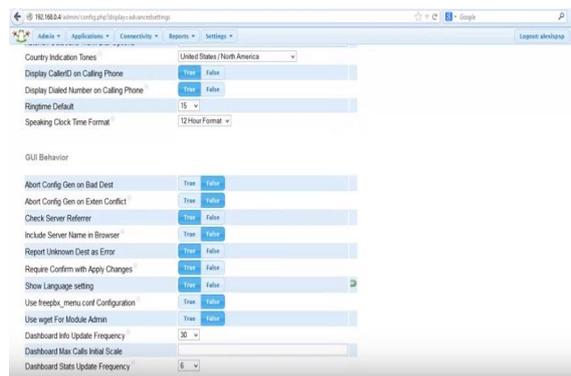
```
Stopping sshd: [ OK ]
Stopping mysqld: [ OK ]
daemonname: No address associated with name
Shutting down dnsmasq: [ OK ]
Stopping xinetd: [ OK ]
Stopping safe_asterisk: [ OK ]
Shutting down asterisk: [ OK ]
Stopping crond: [ OK ]
Stopping sbrt_daemon: [ OK ]
Stopping sbrt_daemon: [ OK ]
Stopping block device availability: Deactivating block devices:
[SKIP]: amount of VolGroup lv_swap (dm-1) mounted on /
[SKIP]: amount of VolGroup lv_root (dm-0) mounted on /
[ OK ]
Stopping system message bus: [ OK ]
Unloading dmnd hardware modules: done
Stopping audit: [ OK ]
Shutting down system logger: [ OK ]
Shutting down interface eth0: [ OK ]
Shutting down loopback interface: [ OK ]
Stopping monitoring for 'Uc VolGroup: 2 logical volume(s) in volume group "VolG
roup" unmonitored [ OK ]
Sending all processes the TERM signal... [ OK ]
```

12 Finalizada la instalación proceder a la configuración y creación de las extensiones a usarse mediante el ambiente grafico del software llamado FreePBX. Mediante el browser colocar la dirección IP del servidor para el ingreso.

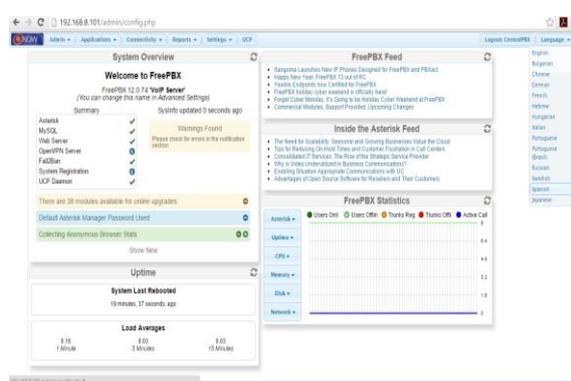


Inicialmente y para una mejor entendimiento cambiar el idioma de la interfaz a "Español" previo hay que activar la opción de mostrar la opción de lenguajes en la interfaz ir a **Settings** luego

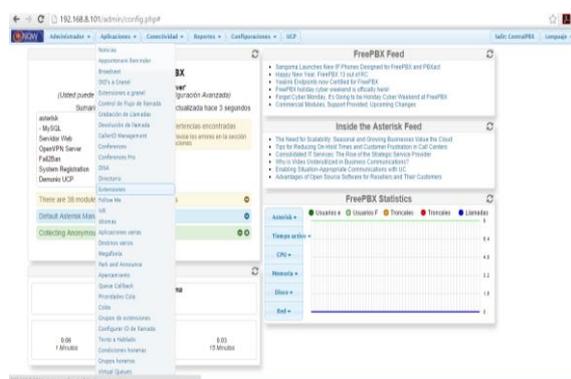
hasta **Advanced Settings** en la opción **Show Lenguaje Settings** colocar el valor en **True**.



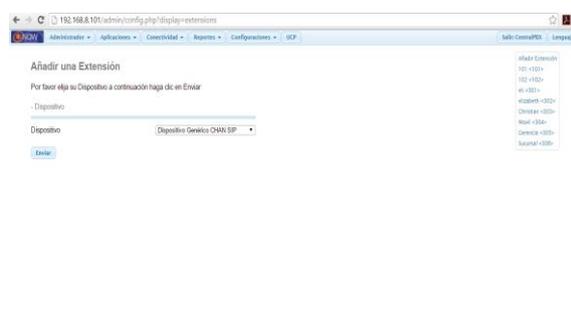
- 13 Una vez activada la opción de lenguaje cambiar la interfaz a español. Seleccionar **Spanish**.



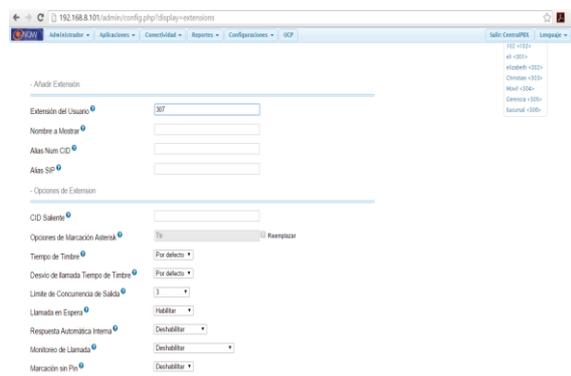
- 14 Con la interfaz en español se procede a crear las extensiones a usar en la oficina principal y la sucursal. Ir hasta **Aplicaciones** luego **Extensiones**.



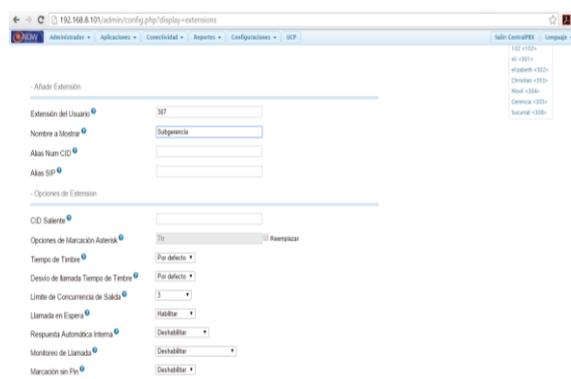
- 15 Crearemos una extensión con el protocolo **SIP** luego click en **Enviar**.



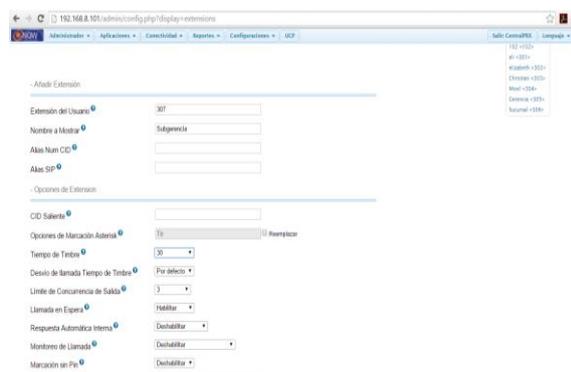
- 16 Se abrirá un formulario en blanco donde se llenara como campos específicos e importantes para la configuración de la extensión iniciando el **Extensión del Usuario** que será el número asignado a la extensión.



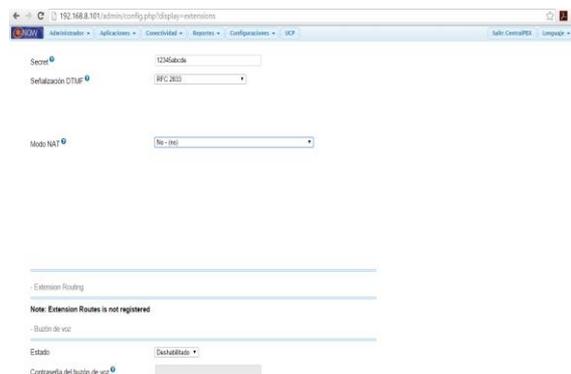
- 17 En la siguiente sección se configurara el **Nombre a Mostrar** que será el nombre que aparezca cuando se llame a otra extensión.



- 18 El siguiente campo a configurar será el **Tiempo del Timbre** mismo que se definirá por 30s si no se contesta se colgara la llamada.



- 19 Configurar el campo **Secret** es una contraseña que servirá para la configuración de dicha extensión en un dispositivo móvil o en el software **X-lite** que está instalado en los

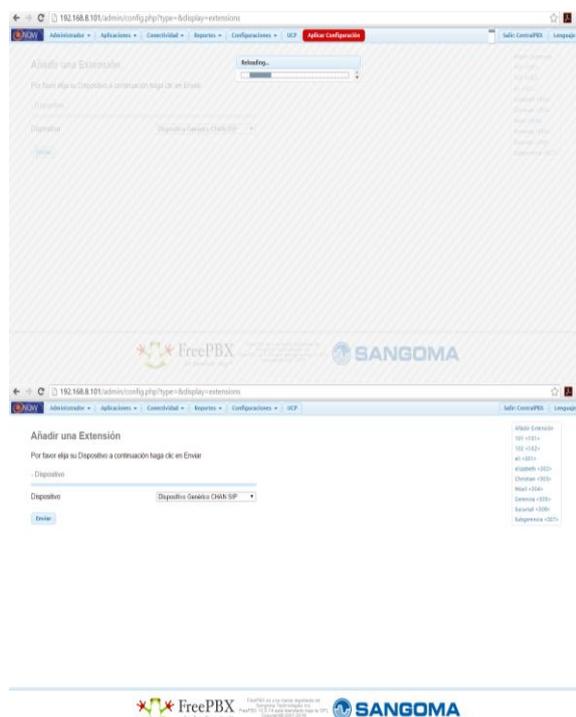


computadores. Además el **NAT** debe ir en **NO**.

- 20 Estas son las características más importantes a configurar, terminado este proceso dar click en **Enviar**.

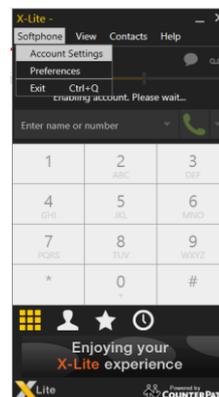


- 21 Para que lo realizado sea aplicado click en **Aplicar Configuración** y se iniciara el proceso. En el lado derecho de la pantalla se podrá identificar las extensiones que han sido creadas.



- 22 En cada ordenador se procedió con la instalación del software **X-Lite** el mismo que hará la función de

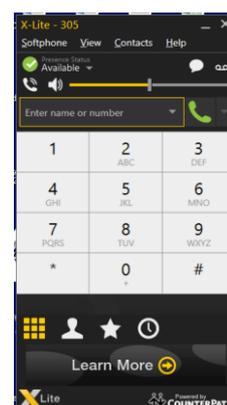
teléfono. Ir hasta **Softphone** luego elegir **Account Settings**.



- 23 Los datos a configurar son: **Account Name** el nombre que se le dio a la extensión, **User ID** el número de la extensión, **Domain** la ip que tiene el servidor, **Password** el secret que se le dio a la extensión.



- 24 Si el registro fue exitoso en el software **X-Lite**, se podrá visualizar la palabra **Available**.



- 25 Para la configuración del PSTN se ocupara el equipos ATA Linksys



26 Previamente se creó una extensión para ser configurada en el dispositivo siguiendo los pasos (12-22) explicados anteriormente.

27 Ingresar al dispositivo con la dirección IP que se asignó



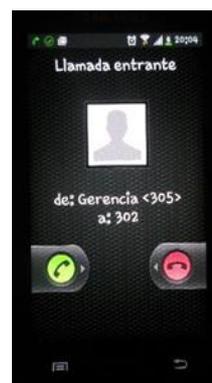
28 Configurar los siguientes parámetros: Proxy la dirección IP de la Central VoIP; habilitar VoIP-To-PSTN en Yes; el número de extensión; nombre; password y "Make Call without Reg" y "Ans call without reg" decimos "NO"

Proxy:	192.168.1.10	Register:	yes
Make Call Without Reg:	no	Register Expires:	304
Ans Call Without Reg:	no	Display Name:	Mobile
Auth ID:		Password:	XXXXXXXXXX
		User ID:	123456
		Use Auth ID:	no

29 Guardar y aplicar las configuraciones realizadas



30 Llamada entrante al teléfono móvil



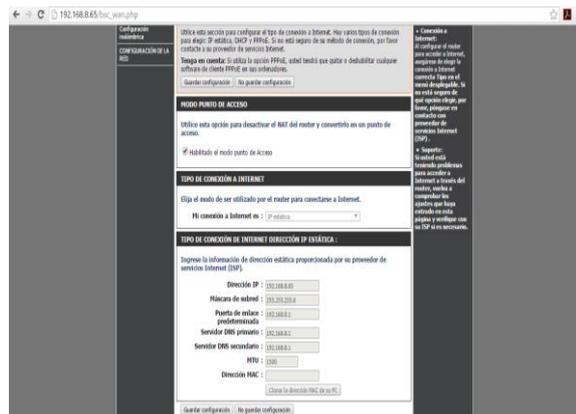
## 3.2 Configuración segmento de red WIFI

### 3.2.1 Configuración AP que recibe la señal 4G LTE en la Oficina Principal

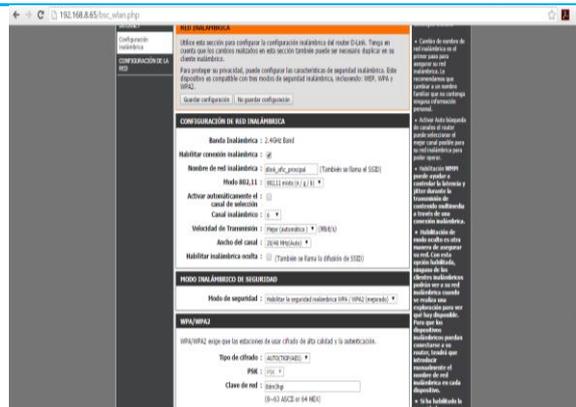
Tabla 27. Configuración AP en la Oficina Principal

Paso	Explicación	Captura de Pantallas
1	Desde el modem <b>Huawei MiFi E5776S</b> la señal de datos es receptada por <b>AP D-Link DIR 600</b> el cual repartirá la señal a la oficina principal y a la antena que se conectara con la antena <b>NanoStation Loco M5</b> de la oficina sucursal.	
2	La configuración del equipo <b>AP D-Link DIR 600</b> ingresar al mismo desde la dirección IP que está dado por las configuraciones de fábrica.	
3	Estado de la configuración del <b>AP D-Link DIR 600</b> .	

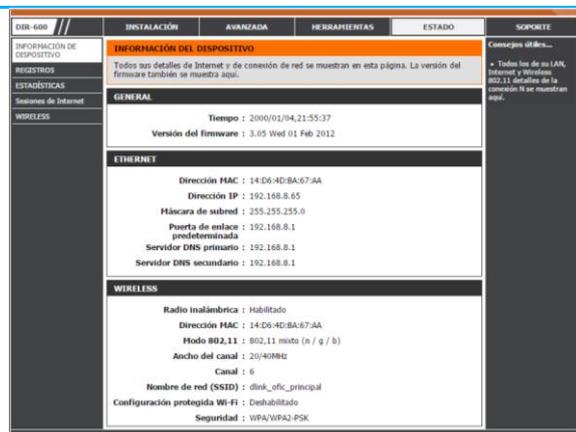
- 4 En el AP D-Link DIR 600 se configurar la red interna para la oficina Principal. Configurar la IP del equipo y la dirección IP de la que recibirá la señal.



- 5 En la configuración de la Red Inalámbrica indicar el nombre que se dará al red para la conexión de los equipos de la oficina principal (dlink\_ofic\_principal), el Estándar a usar y el modo de encriptación con la clave de esta red.

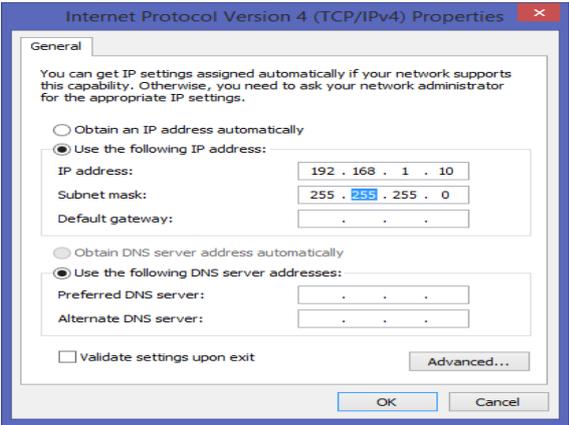
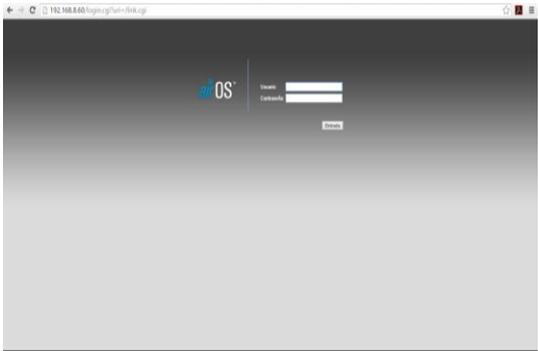


- 6 Ir hasta Información del Dispositivo el mismo que indicara un resumen de las configuraciones realizadas.



### 3.2.2 Configuración antenas NanoStation Loco M5 que comunica la Oficina Principal con la Oficina Sucursal

Tabla 28. Configuración antenas NanoStation Loco M5

Pasos	Explicación	Captura de Pantallas
1	Se hará la configuración del enlace punto a punto entre la oficina principal y oficina secundaria mediante las antenas.	
2	Colocar en la tarjeta de red del computador la dirección IP que este dentro del rango que viene por defecto los equipos.	
3	Conectada la antena al computador mediante un <b>browser</b> , ingresar a la antena con la IP que viene desde las configuraciones de fábrica. <b>Usuario</b> ubnt y <b>clave</b> ubnt. Esta será la antena para la <b>Oficina Principal</b>	
4	Una vez dentro en las configuraciones de la antena como recomendación resetear el dispositivo para evitar alguna configuración previa. Concluido lo indicado ingresar nuevamente a la antena y dirigirse a la pestaña <b>Network</b> , donde se modificara la <b>IP</b> que	

se 192.168.8.60 y la **puerta de enlace** que tendrá la IP de nuestro modem LTE 192.168.8.1 (dirección en la que se basara nuestra red). **Aplicar** los cambios.

- 5 Con la nueva IP ingresar a la antena para la configuración de los siguientes parámetros en la sección de **Wireless: Modo Inalámbrico** como Punto de acceso, **SSID** como ubnt\_antena, **País** como Ecuador, **Frecuencia** en 5825 MHz soportada en el país, **Seguridad** como WPA2-AES y **WPA clave pre-compartida** \*\*\*\*\*.



- 6 Con dicha configuración estaría lista la antena master. Tomar en cuenta la **MAC** de esta antena ya que este número será configurado en la antena 2 que ira a la oficina Sucursal.



- 7 Luego de conectar la antena de la oficina principal al **D-link DIR 600** se procede a conectar la antes que funcionara como esclavo y receptara la señal desde la oficina Principal. Conectamos la antena 2 al computador. Configurar los parámetros de red de la antena IP 192.168.8.61 y como puerta de enlace la dirección de nuestro modem **4G**



- 8 En la segunda antena la configuración de la **Wireless** será: el **modo de Wireless** será como **Estación**. **Vincular a MAC del AP:** número de mac de la antena master. **El nombre de SSID, el país, la seguridad y clave** a usarse.



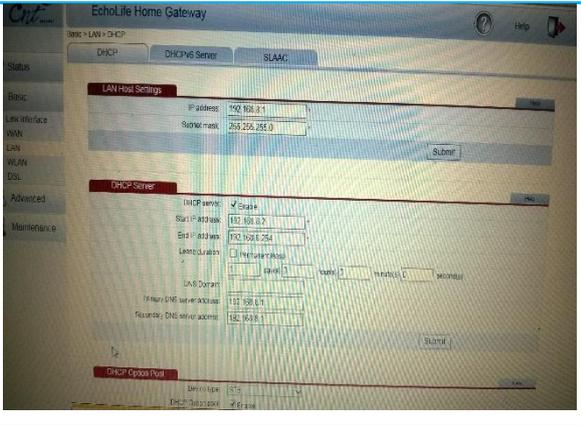
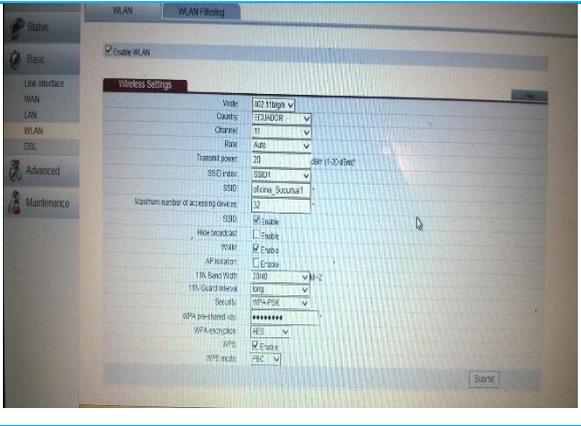
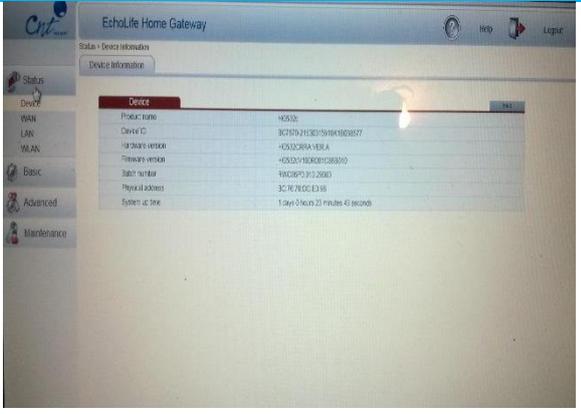
- 9 Al terminar con las configuraciones y asegurar de que se realizó exitosamente en la pantalla principal deberá aparecer en el lado derecho la MAC de la antena 1 con la medición de la fuerza de la señal, esto indica que el **enlace fue establecido** entre las dos antenas.



- 10 Con la configuración de las antenas de la oficina Principal y de la oficina Sucursal se tiene establecida la comunicación entre las mismas para poder transferir internet y VoIP.

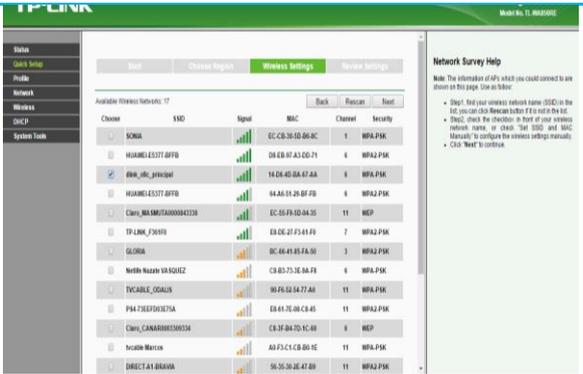
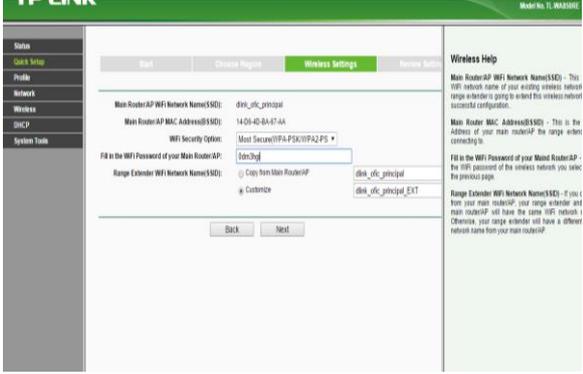
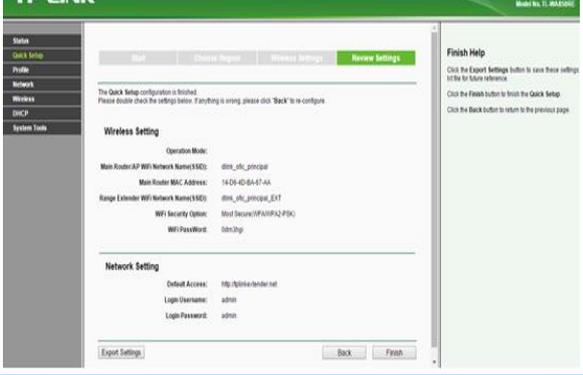
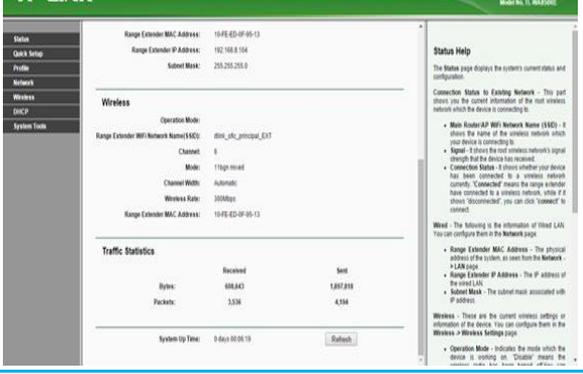
### 3.2.3 Configuración AP que recibe la señal 4G LTE en la Oficina Sucursal

Tabla 29. Configuración AP en la Oficina Sucursal

Pasos	Explicación	Captura de Pantallas
1	En la oficina Sucursal recibirá la señal por parte de la Antena 2 la misma que para ser repartida internamente a los equipos se conectara a un <b>AP HG531Sv1</b>	
2	Una vez que se ingrese a las configuraciones del <b>AP HG531S</b> , ir hasta la opción <b>LAN</b> donde se configurara la IP que tendrá el dispositivo y la puerta de enlace que es la misma del modem <b>4G LTE</b> .	 <p>The screenshot shows the 'EchoLife Home Gateway' configuration interface. The 'LAN' tab is selected, and the 'LAN Host Settings' section is visible. The IP address is set to 192.168.0.1 and the subnet mask is 255.255.255.0. Below this, the 'DHCP Server' section is also visible, with options for enabling DHCP and setting the start and end IP addresses.</p>
3	Luego se procederá con la configuración de la <b>Wireless</b> donde se indica el <b>SSID</b> , <b>modo</b> ; <b>seguridad y clave</b> de la misma.	 <p>The screenshot shows the 'EchoLife Home Gateway' configuration interface with the 'WLAN' tab selected. The 'Wireless Settings' section is visible, showing options for enabling WLAN, setting the SSID to 'Oficina_Sucursal_1', and configuring security settings like WPA2-PSK and WPA2-TKIP.</p>
4	A continuación se indica cómo queda configurado el <b>AP HH531S</b> .	 <p>The screenshot shows the 'EchoLife Home Gateway' configuration interface with the 'Device Information' section visible. It displays details for the device, including the product name 'HG531S', device ID, firmware version, and system uptime.</p>

### 3.3 Configuración segmento de red BPL

Tabla 30. Configuración segmento de red BPL

Step	Explanation	Screenshot
1	Los adaptadores <b>BPL</b> serán configurados para que puedan transferir información mediante las redes eléctricas en lugares de difícil acceso.	
2	El Kit consta de 2 adaptadores <b>BPL</b> y los dos serán configurados para que reciban señal por la red eléctrica además que constan con la opción de repartir información mediante la <b>WIFI</b> . Configuración de la <b>Wireless</b> .	
3	Configurar el nombre de <b>SSID</b> para la red de <b>Wireless</b> .	
4	Configuración terminada, click en el botón <b>Finish</b> .	
5	Estado de la <b>Wireless</b> del primer adaptador BPL.	

- 6 La configuración de la **Network** estará definida de la siguiente manera.

LAN

MAC Address: 14FE4D3F4613  
 Type: Smart DHCP  
 IP Address: 192.168.8.100  
 Subnet Mask: 255.255.255.0  
 Gateway: 192.168.8.1

Save

LAN Help

You can configure the IP parameters of LAN on this page.

- MAC Address** - The physical address of the LAN port, as seen from the LAN. The value can not be changed.
- Type** - Several IP types are supported, including:
  - Static IP, DHCP, PPPoE, and they are explained below.
  - Smart DHCP** - In this type, you can configure IP Address Gateway manually.
- Smart DHCP** - In this type, if your range extender have connected to a router, your client will automatically get a IP Address Gateway from the router, otherwise the client will get a IP Address Gateway in the same network as you set below. And this type is recommended.
- IP Address** - Enter the IP address of your range extender in dotted-decimal notation (factory default: 192.168.8.254).
- Subnet Mask** - An address code that determines the size of the network. Normally, 255.255.255.0 is used as the subnet mask.
- Gateway** - The gateway should be in the same subnet as the IP address of the range extender. It should be the LAN IP address of your router.

Note: If you are not familiar with the setting items in this page, it's strongly recommended to keep the provided default values, otherwise you may result in lower wireless network performance or even no work.

Click the Save button to save your settings.

- 7 Para realizar la siguiente configuración del 2do adaptador **BPL** tomara la misma señal del dlink\_ofic\_principal, solo se cambiará el **SSID**.

Wireless Settings

Main Router AP WiFi Network Name (SSID): dlink\_ofic\_principal  
 Main Router AP MAC Address (SN): 14284D8A47AA  
 WiFi Security Option: Most Secure(WPA-PSK/WPA2-PSK  
 Fill in the WiFi Password of your Main Router AP: d0b3hg  
 Range Extender WiFi Network Name (SSID): dlink\_ofic\_principal\_EXT2

Back Next

Wireless Help

Main Router AP WiFi Network Name (SSID) - This is the WiFi network name of your existing wireless network. Range extender is going to extend the wireless network according to this configuration.

Main Router MAC Address (SN) - This is the Address of your main router's IP. The range extender connects to it.

Fill in the WiFi Password of your Main Router AP - The WiFi password of the wireless network you select the wireless page.

Range Extender WiFi Network Name (SSID) - If you do from your main router's IP, your range extender and main router will have the same WiFi network. Otherwise, your range extender will have a different network name from your main router's IP.

- 8 Configuración del segundo adaptador **BPL**., click en el botón **Finish**.

Finish

The Quick Setup configuration is finished. Please double check the settings below. If anything is wrong, please click "Back" to re-configure.

Wireless Setting

Operation Mode:  
 Main Router AP WiFi Network Name (SSID): dlink\_ofic\_principal  
 Main Router AP MAC Address: 14284D8A47AA  
 Range Extender WiFi Network Name (SSID): dlink\_ofic\_principal\_EXT2  
 WiFi Security Option: Most Secure(WPA/WPA2-PSK)  
 WiFi Password: d0b3hg

Network Setting

Default Access: http://192.168.8.100  
 Login Username: admin  
 Login Password: admin

Export Settings Back Finish

Finish Help

Click the Export Settings button to save these settings as a file to the local software.

Click the Finish button to finish the Quick Setup.

Click the Back button to return to the previous page.

### 3.4 Implementación física y pruebas de velocidad en la transferencia de datos de la red híbrida.

#### 3.4.1 Instalación de las antenas NanoStation Locom5

##### 3.4.1.1 Materiales a usarse:

- Cable UTP
- Conectores RJ45
- Ponchadora
- Amarras
- Cinta adhesiva.



### 3.4.2 Ubicación de la Antena en la oficina Principal



### 3.4.3 Ubicación de la Antena en la oficina Sucursal



Figura 84. Ubicación antena Oficina Sucursal

### 3.4.4 Equipos en la Oficina Principal

#### 3.4.4.1 Servidor VoIP

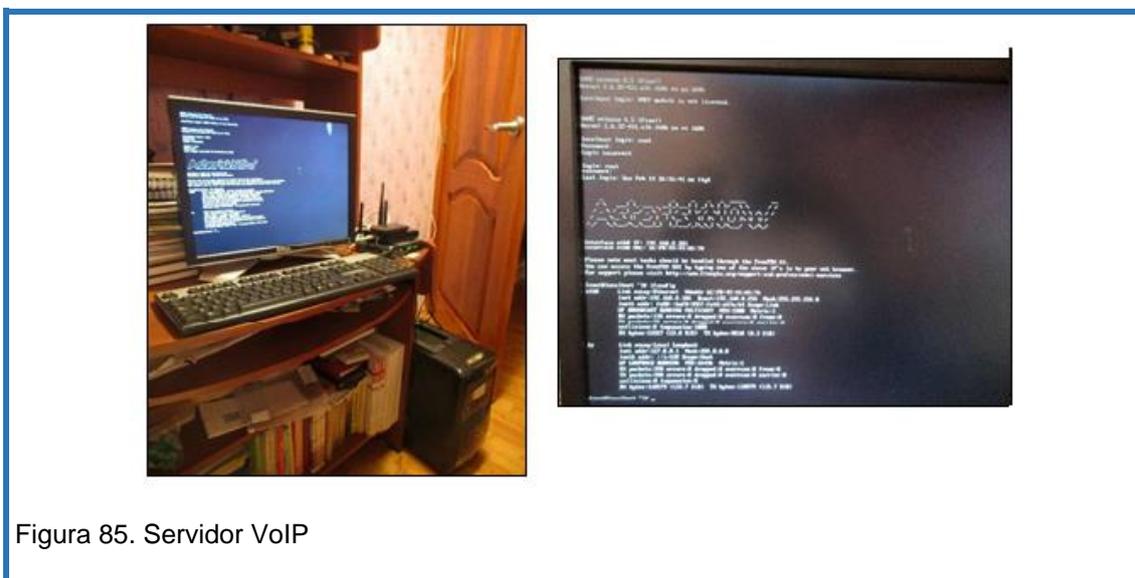


Figura 85. Servidor VoIP

- Modem Huawei 4G LTE
- D-link DIR 600



Figura 86. Modem LTE 4G y AP D-Link DIR 600

En la red de la oficina principal se encuentra un total de 7 equipos distribuidos: en 5 conectados a la red WIFI (2 computadores y 3 celulares), dichos equipos se encuentran en la segunda planta. 1 computador conectado a la red por medio de la BPL (ubicado en la primera planta).

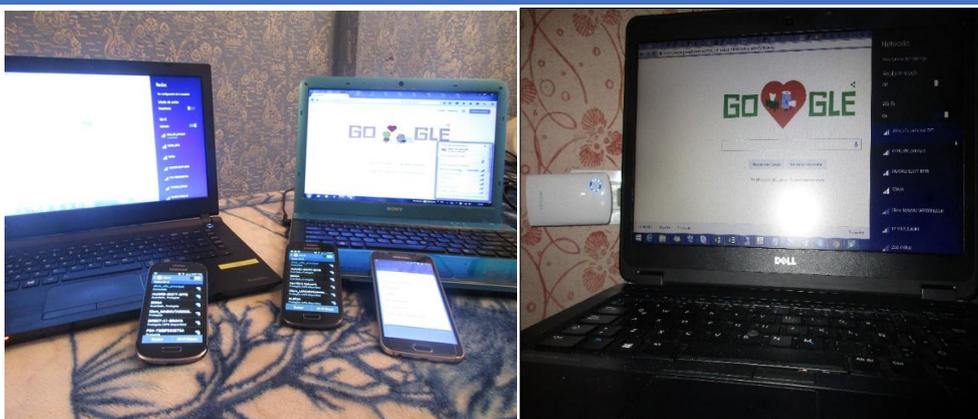


Figura 87. Equipos conectados a la red hibrida en la of. principal

Computador ubicado en la primera planta.

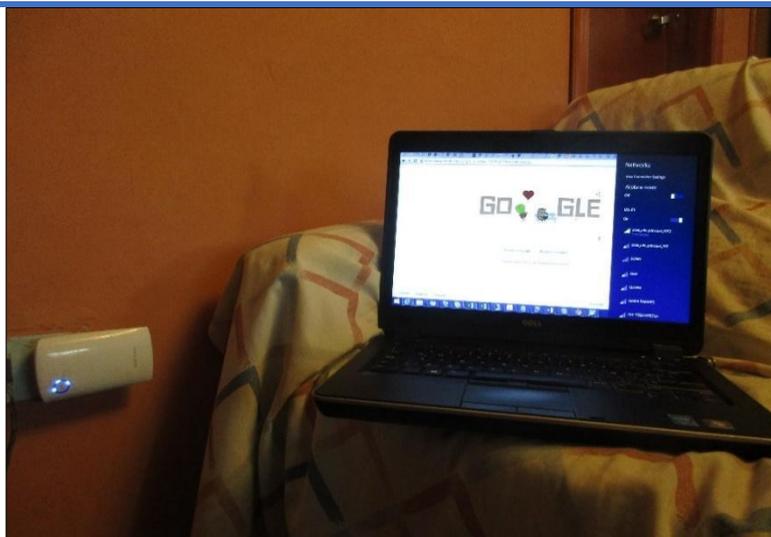


Figura 88. Equipos conectados a la red hibrida en la of. principal

En la oficina Sucursal se encuentran conectados 4 equipos distribuidos en: 3 computadores y un celular, todos conectados a la red de la oficina.

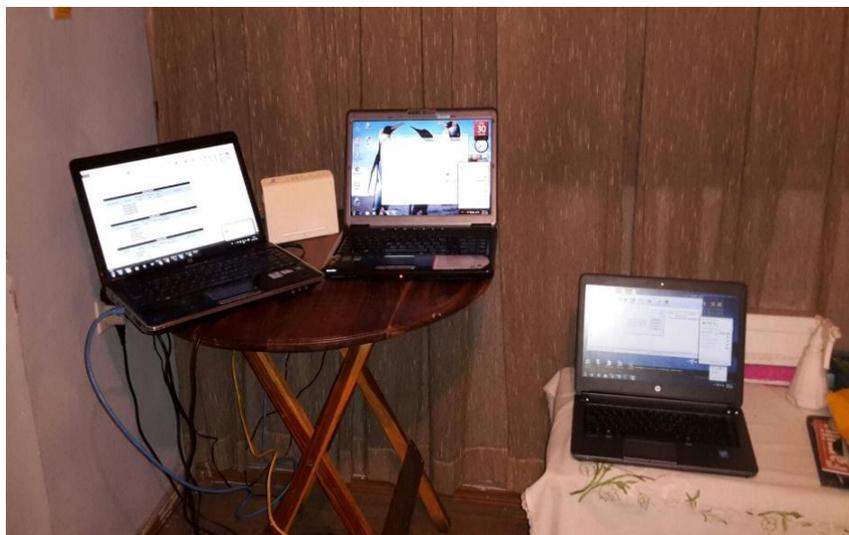


Figura 89. Equipos conectados a la red hibrida en la of. sucursal

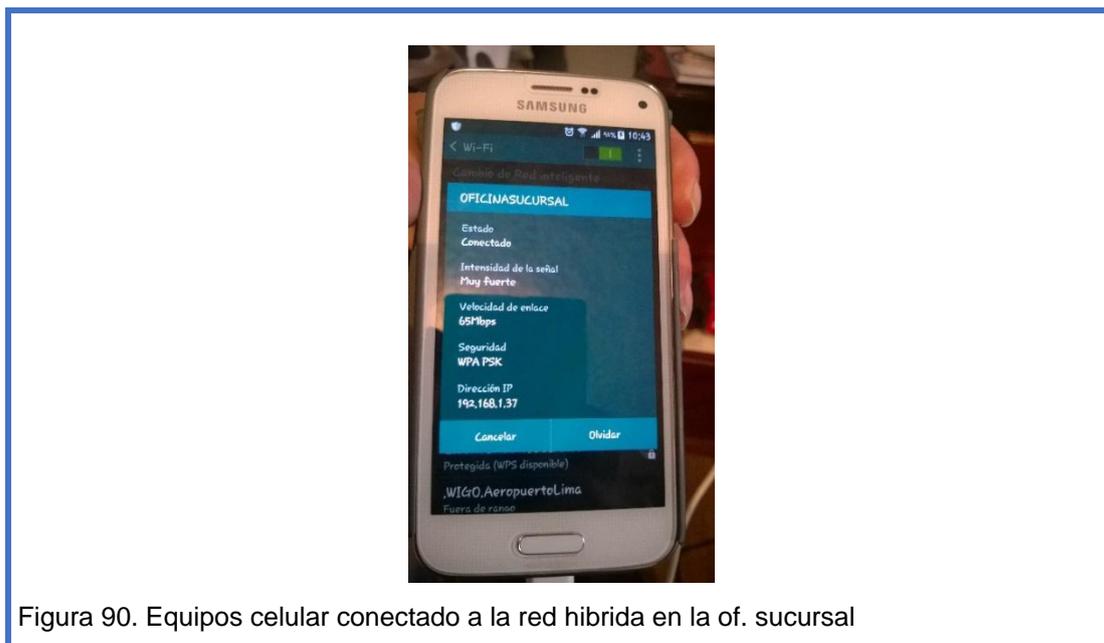


Figura 90. Equipos celular conectado a la red hibrida en la of. sucursal

### 3.5 Pruebas de Comunicación, Transferencia de datos y navegación de internet entre ADSL de CNT y 4G LTE CNT

De acuerdo a lo propuesto en el prototipo, se indicó que se realizaran las mediciones de velocidad de con un total de 10 equipos conectados a la red simultáneamente.

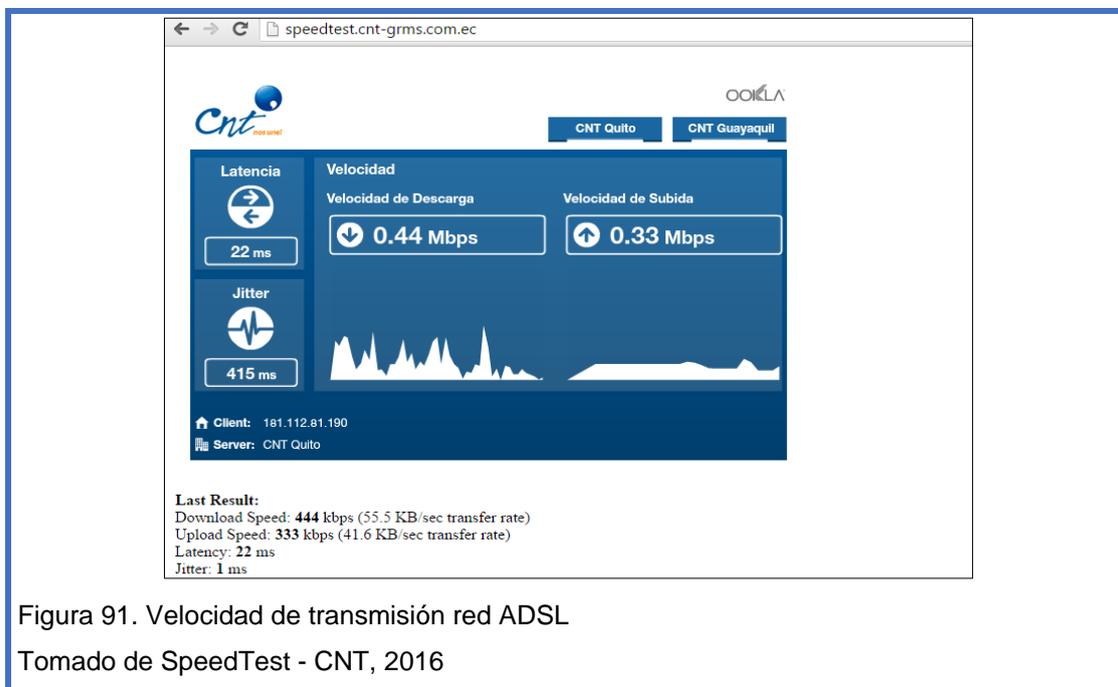
En primera instancia se realiza la prueba de la medición con los mismos 10 equipos conectados a la red convencional ADSL y la transferencia de archivos con más de 100 Mb de tamaño.

En la siguiente prueba se podrá verificar la velocidad que tiene la tecnología **LTE 4G** para la transmisión de archivos, navegación en internet y llamadas entre sucursales mediante el servidor VoIP.

#### 3.5.1 Mediciones de velocidad de navegación de internet y transferencia de datos

Velocidad de transmisión conectados 10 equipos a la vez con la red convencional ADSL.

Para este caso se usó como herramienta el medidor que ofrece CNT mediante la web.



En la figura se puede evidenciar que la velocidad es muy baja, se probó con la transferencia de un archivo de 105 Mb, mediante la herramienta WeTransfer también disponible en la red. Que indica un tiempo de carga de más de 20 min.



### 3.5.2 Mediciones de velocidad de navegación de internet, transferencia de datos y comunicación

Con la red **4G LTE** en la velocidad tomada en la oficina principal se obtuvo:

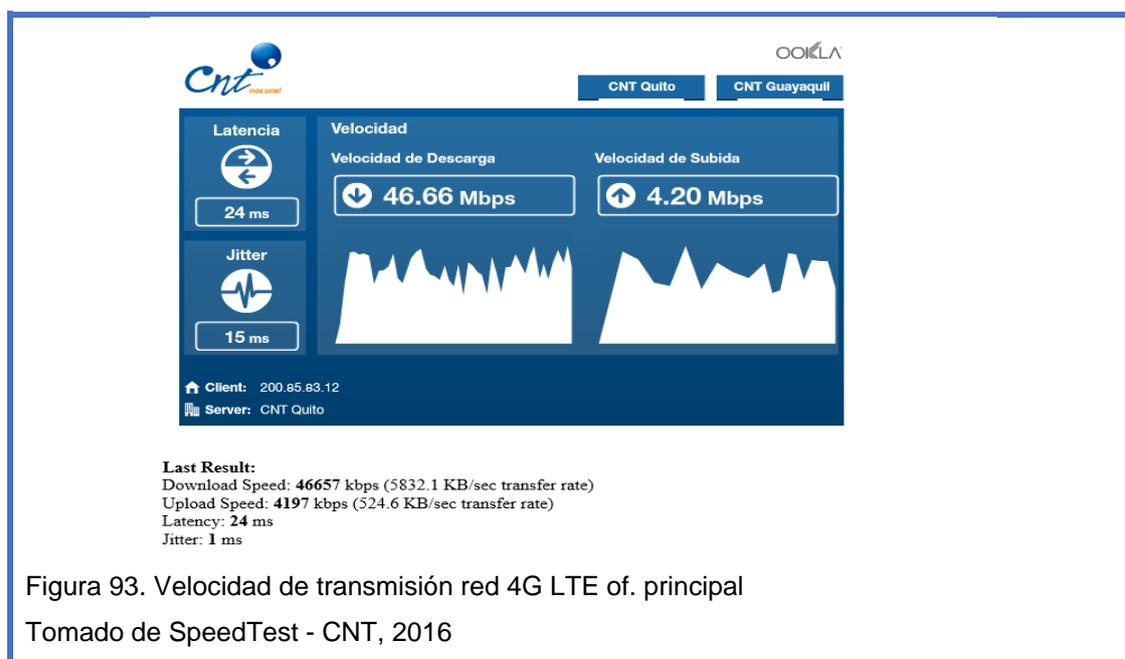


Figura 93. Velocidad de transmisión red 4G LTE of. principal

Tomado de SpeedTest - CNT, 2016

Mientras que en la sucursal se obtuvo velocidades de:

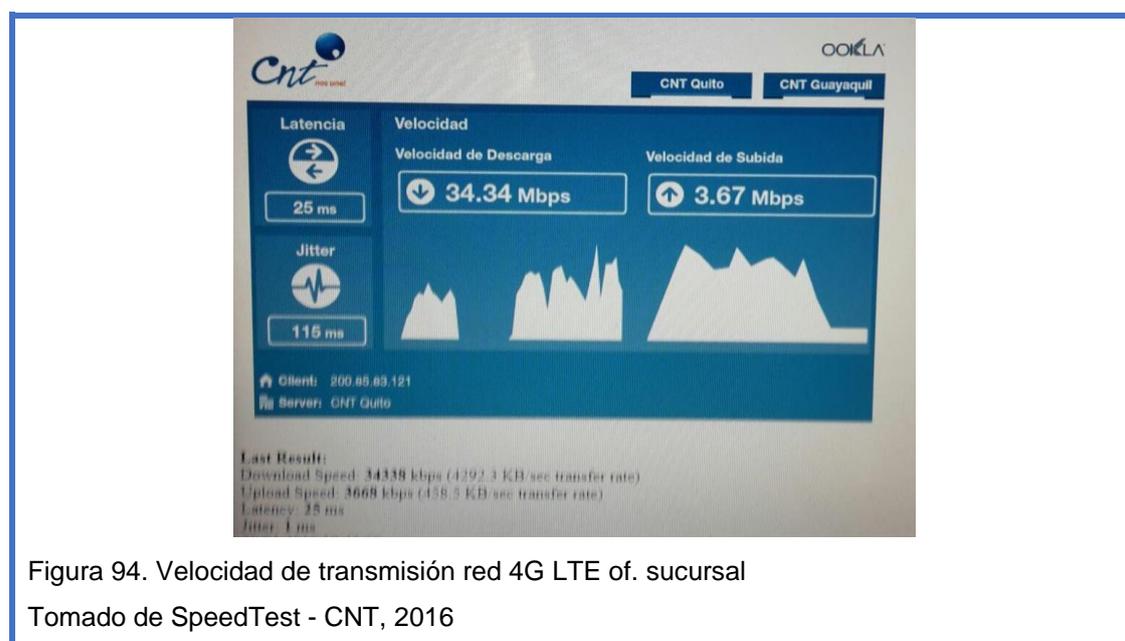


Figura 94. Velocidad de transmisión red 4G LTE of. sucursal

Tomado de SpeedTest - CNT, 2016

Se puede evidenciar que las velocidades de transmisión de datos para la navegación en internet con los 10 equipos conectados simultáneamente es mucho más alto que lo que se puede transmitir con una red convencional ADSL. Incluso en la oficina sucursal la velocidad es alta.

Se realizó la transferencia de un archivo mucho más grande de 320 Mb en menos de 8 minutos. A continuación se indica la velocidad y el tiempo que lleva al 50% de transferencia.



De acuerdo a los datos recibidos con la herramienta Wireshark podemos hacer una comparación entre la red normal ADSL con la red 4G LTE implementada en este prototipo de red híbrida, datos con los que podemos evidenciar que debido a la velocidad que maneja la 4G LTE va a producir una tasa baja de transferencia, como se muestra a continuación:

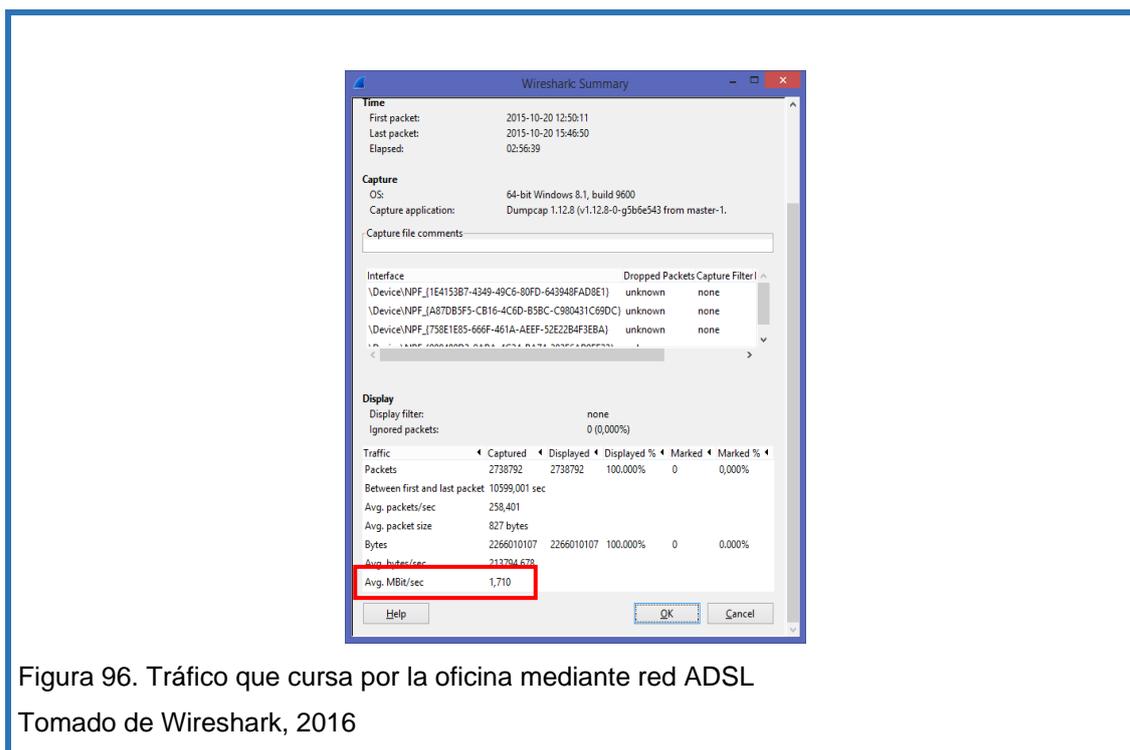


Figura 96. Tráfico que cursa por la oficina mediante red ADSL

Tomado de Wireshark, 2016

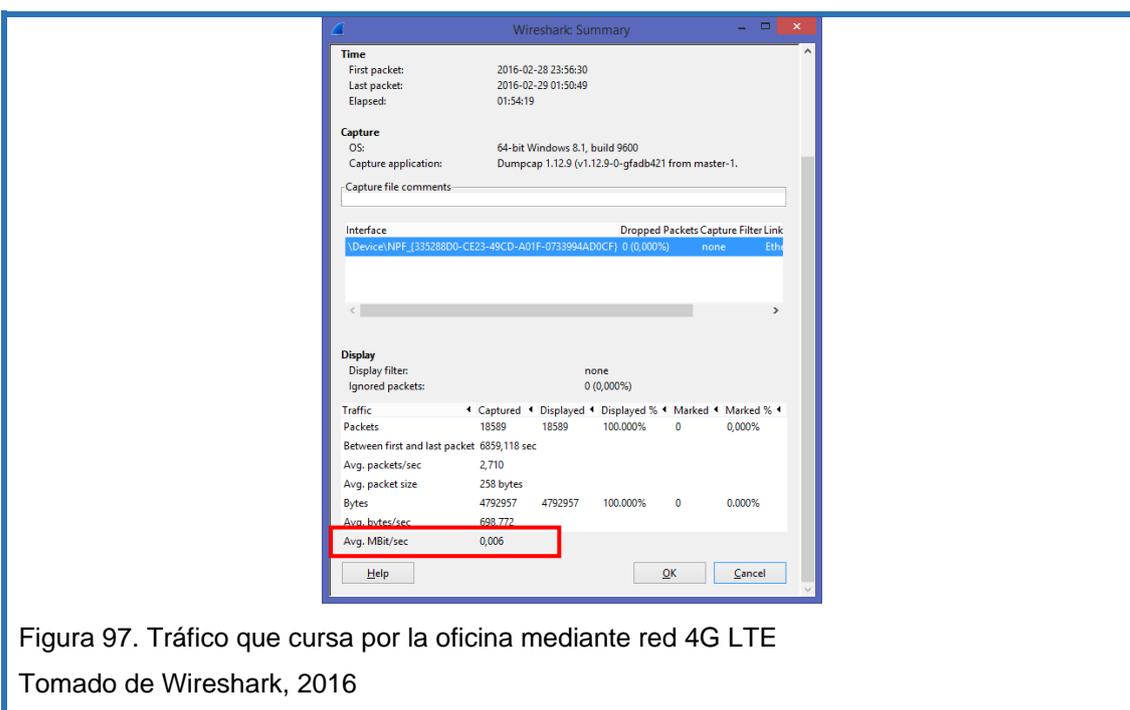


Figura 97. Tráfico que cursa por la oficina mediante red 4G LTE

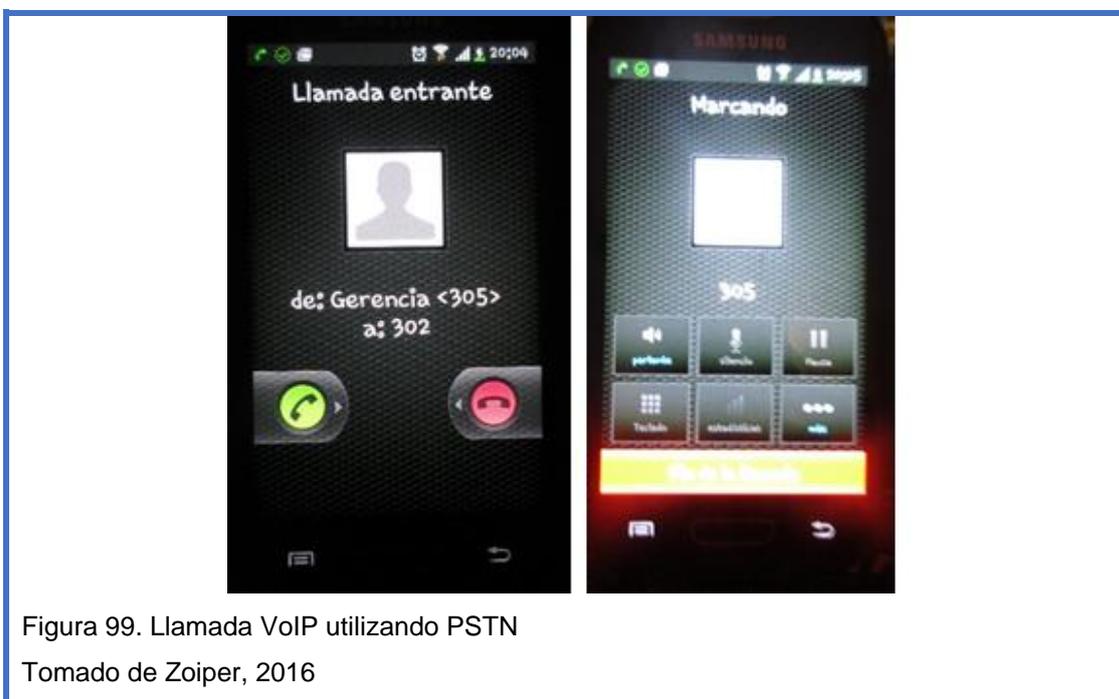
Tomado de Wireshark, 2016

Las llamadas y video llamados se realizan sin cortes de comunicación.

Llamada recibida de la extensión 302 de Elizabeth a la extensión 305 de Gerencia. Mediante el software X-Lite.



Llamada entrante y realización de una llamada desde un dispositivo móvil.



Adicionalmente se realizó una video llamado desde la sucursal a la oficina principal.



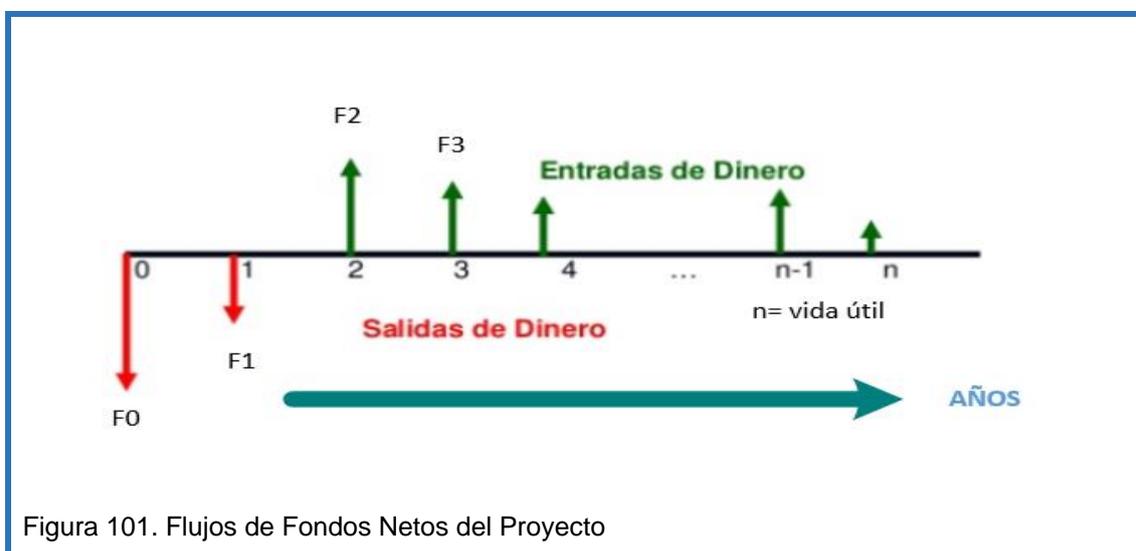
Figura 100. Video Llamada VoIP entre of. Principal y of. Sucursal  
Tomado de X-Lite, 2016

## CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE VIABILIDAD DEL PROYECTO PARA IMPLEMENTAR UNA RED HÍBRIDA LTE – WIFI – BPL

Para la implementación de la red híbrida LTE-WIFI- BPL, propone realizar un estudio del análisis de viabilidad financiera que a través del detalle de cálculos de los indicadores de rentabilidad, se podrá conocer el tiempo de recuperación de la inversión y validar si el proyecto genera utilidad.

### 4.1 Flujo de Fondos Neto del proyecto (FFN)

Los Flujos de fondos netos se utilizan en la evaluación financiera de proyectos, proyectada periodo a periodo con el fin de analizar los impactos positivos y negativos que son atribuidos al proyecto, consiste en registrar los ingresos y los egresos durante la vida útil del proyecto. Es por ello que la decisión de hacer o no un proyecto se toman únicamente con relación al llamado flujo de fondos Netos del proyecto.



Para ello se tomar en consideración los criterios de vida útil de un proyecto de acuerdo al tamaño de empresa tales como:

- a) Microempresa, 3 años.
- b) PYME, 5 años
- c) Empresa mediana , 10 años

d) Gran empresa, 20 años

Depende del tamaño de empresa se podrá realizar estos cálculos para el FFN, sin embargo para nuestra propuesta se considera la implementación de una red híbrida para una empresa PYME con vida útil del proyecto de 5 años.

#### **4.1.1 Componentes del flujo de Fondos**

- Vida útil u horizonte del proyecto
- Inversiones
- Beneficios
- Proyección de Costos
- Depreciación de Equipos de Comunicación
- Proyección de ingresos

##### **4.1.1.1 Vida útil u horizonte del proyecto**

Se considera al tiempo por el cual se extiende las proyecciones financieras a la inversión.

##### **4.1.1.2 Inversiones**

Se considera a las inversiones realizadas durante la ejecución del proyecto y se clasifican en:

- Inversiones previas a la puesta en marcha (Activo Fijo, Intangibles, Capital de Trabajo )
- Inversiones durante la Operación

##### **4.1.1.3 Beneficios**

Son los beneficios en términos cuantitativos que son favorables del proyecto, como ingresos provenientes de ventas, estrategia de comercialización que

genera el proyecto y los ahorros de costos en proyectos de mejora en la productividad de la empresa.

#### 4.1.1.4 Proyección de Costos

Para nuestro estudio se ha dividido al costo en dos grupos:

- Proyección de costos de Inversión
- Proyección de costos de operación

##### 4.1.1.4.1 Proyección de Costo de Inversión

Son costos de inversión o gastos de capital correspondiente al total invertido en la adquisición de equipos (hardware), aplicaciones (software), licencias y el recurso humano (capital de trabajo) para el diseño e implementación de la red híbrida LTE-WIFI-BPL.

Para la implementación de este prototipo de red en la oficina principal y oficina sucursal, se utilizaron los siguientes equipos con los costos correspondientes a cada uno de ellos como se presenta en la tabla 31.

##### 4.1.1.4.1.1 Costos de Prototipo Oficina Principal y Oficina Sucursal

Tabla 31. Cuadro de Costos de inversión para el prototipo

Costos de Inversión					
Ítem	Descripción	Unidad	Cant	Precio Unitario \$	Precio Total \$
<b>Costo Equipos de Comunicación</b>					
1	MODEM LTE 4G	U	1	\$ 135,00	\$ 135,00
2	ROUTER DLINK	U	1	\$ 30,00	\$ 30,00
3	ANTENAS DE COMUNICACIÓN / NANO STATION LOCO M5	U	1	\$ 110,00	\$ 110,00
4	ACCESS POINT	U	2	\$ 25,00	\$ 50,00
5	WIFI-CONECTOR RJ45 PLC	U	2	\$ 60,00	\$ 120,00
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 445,00</b>
<b>Costo Sistema de Telefonía VOZ / IP</b>					

1	SERVIDOR IPBX	U	0	\$ -	\$ -
2	EQUIPO CENTRAL TELEFONICA LLAMADAS EXTERNAS	U	1	\$ 25,00	\$ 25,00
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 25,00</b>
<b>Costo Servicio de proveedor Internet</b>					
1	INTERNET CNT		1	\$ 50,00	\$ 50,00
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 50,00</b>
<b>Costo Cableado Estructurado y Eléctrico</b>					
1	CONECTORES RJ45	U	10	\$ 0,10	\$ 1,00
2	AMARRAS PLASTICAS TAMAÑO 3.6 X200 MM	U	1	\$ 5,00	\$ 5,00
3	PONCHADORA CON CORTADORA RJ45	U	1	\$ 7,00	\$ 7,00
4	CINTA ADHESIVA 3M 2MM	U	1	\$ 4,00	\$ 4,00
5	CABLE UTP CAT6	M	100	\$ 0,65	\$ 65,00
6	MULTIMETRO DIGITAL PROSKIT	U	1	\$ 25,00	\$ 25,00
7	CANALETAS PLASTICAS PVC 60 X 40MM CAJA (10 U)	U	0	\$ -	\$ -
8	JACK CAT6 RJ45	U	0	\$ -	\$ -
9	PONCHADORA DE JACK	U	0	\$ -	\$ -
10	CAJETINES JACK RJ45	U	0	\$ -	\$ -
12	PACH PANEL 24 PUERTOS	U	0	\$ -	\$ -
13	RACK 12UR	U	0	\$ -	\$ -
14	CABLE ELECTRICO #12	U	0	\$ -	\$ -
15	TOMA CORRIENTES	U	0	\$ -	\$ -
16	REGLETAS	U	2	\$ 4,50	\$ 9,00
17	UPS	U	0	\$ -	\$ -
					\$ -
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 116,00</b>
<b>Costo Hardware y Software adicional</b>					
1	PC ESCRITORIO	U	0	0,00	\$ 0,00
2	LAPTOP	U	0	0,00	\$ 0,00
3	Sistemas Operativos	U	0	0,00	\$ 0,00
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 0,00</b>
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 636,00</b>	

La tabla 32, presenta los costos de inversión tomadas para para una empresa Pymes.

#### 4.1.1.4.1.2 Costos de Producción a Nivel PYMES

Tabla 32. Cuadro de Costos de inversión

Costos de Inversión					
Ítem	Descripción	Unidad	Cant	Precio Unitario \$	Precio Total \$
<b>Costo Equipos de Comunicación</b>					
1	ROUTER/MODEM LTE 4G	U	1	\$ 600,00	\$ 600,00
2	SWITCH CISCO	U	2	\$ 1.350,00	\$ 2.700,00
3	ANTENAS DE COMUNICACIÓN	U	1	\$ 500,00	\$ 500,00
4	ACCESS POINT	U	4	\$ 419,00	\$ 1.676,00
5	WIFI-CONECTOR RJ45 PLC	U	4	\$ 60,00	\$ 240,00
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 5.716,00</b>
<b>Costo Sistema de Telefónica VOZ / IP</b>					
1	SERVIDOR IPBX	U	1	\$ 1.300,00	\$ 1.300,00
2	EQUIPO CENTRAL TELEFONICA LLAMADAS EXTERNAS	U	1	\$ 450,00	\$ 450,00
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1.750,00</b>
<b>Costo Servicio de proveedor Internet</b>					
1	INTERNET CNT		60	\$ 145,00	\$ 8.700,00
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 8.700,00</b>
<b>Costo Cableado Estructurado y Eléctrico</b>					
1	CONECTORES RJ45	U	100	\$ 0,10	\$ 10,00
2	AMARRAS PLASTICAS TAMAÑO 3.6 X200 MM	U	4	\$ 5,00	\$ 20,00
3	PONCHADORA CON CORTADORA RJ45	U	2	\$ 10,00	\$ 20,00
4	CINTA ADHESIVA 3M 2MM	U	4	\$ 4,00	\$ 16,00
5	CABLE UTP CAT6	M	610	\$ 0,65	\$ 396,50
6	MULTIMETRO DIGITAL PROSKIT	U	2	\$ 48,00	\$ 96,00
7	CANALETAS PLASTICAS PVC 60 X 40MM CAJA (10 U)	U	6	\$ 10,00	\$ 60,00
8	JACK CAT6 RJ45	U	50	\$ 2,50	\$ 125,00
9	PONCHADORA DE JACK	U	2	\$ 10,00	\$ 20,00
10	CAJETINES JACK RJ45	U	50	\$ 4,00	\$ 200,00
12	PACH PANEL 24 PUERTOS	U	2	\$ 45,00	\$ 90,00
13	RACK 12UR	U	2	\$ 400,00	\$ 800,00
14	CABLE ELECTRICO #12	U	2	\$ 36,00	\$ 72,00
15	TOMA CORRIENTES	U	10	\$ 1,00	\$ 10,00
16	REGLETAS	U	4	\$ 4,50	\$ 18,00
17	UPS	U	4	\$ 189,00	\$ 756,00
					\$ -
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 2.709,50</b>

Costo Hardware y Software adicional					
1	PC ESCRITORIO	U	2	1.200,00	\$ 2.400,00
2	LAPTOP	U	2	1.300,00	\$ 2.600,00
3	Sistemas Operativos	U	0	150,00	\$ 0,00
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 5.000,00</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 23.875,50</b>

#### 4.1.1.4.2 Costo de Operación

El costo de Operación son los gastos que están relacionados con la operación del negocio, y se dividen en Costos de producción, costo de ventas, Gastos administrativos y finalmente costos financieros.

##### 4.1.1.4.2.1 Costos de producción (Mano de Obra)

Tabla 33. Cuadro de Costos de Operación

MANO DE OBRA	CANT	REMUNERACIÓN MENSUAL	REMUNERACIÓN MENSUAL TOTAL	REMUNERACIÓN ANUAL
TECNICOS	1	\$ 500,00	\$ 500,00	\$ 6.000,00
		<b>TOTAL</b>	\$ 500,00	\$ 6.000,00

En la tabla 34 se muestra los valores anuales en el Año 0 solo se obtiene el valor de la inversión inicial más la mano de obra y se estima el crecimiento de los costos para 5 años, considerando un valor incremental anual del 5%.

Tabla 34. Cuadro de Costos de Producción

DESCRIPCIÓN		AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4
<b>COSTOS DE PRODUCCIÓN</b>	<b>VALOR INCREMENTAL %</b>					
Inversión de Equipos	5	\$ 23.875,50	\$ 25.069,28	\$ 26.322,74	\$ 27.638,88	\$ 29.020,82
Mano de Obra		\$ 6.000,00	\$ 6.300,00	\$ 6.615,00	\$ 6.945,75	\$ 7.293,04
Mantenimiento de Equipos de Comunicación, antenas, router, access point, servidor de IPBX			\$ 300,00	\$ 315,00	\$ 330,75	\$ 347,29

Mantenimiento de la infraestructura de red inalámbrica (nuevas repisas, ajuste y empotrado de las antenas )			\$ 300,00	\$ 315,00	\$ 330,75	\$ 347,29
Capacitación al administrador de la red para resolución de problemas , ajustes y mejoras de la infraestructura de red hídrida LTE- WIFI- BPL		\$ 500,00	\$ 525,00	\$ 551,25	\$ 578,81	\$ 607,75
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 30.375,50</b>	<b>\$ 32.494,28</b>	<b>\$ 34.118,99</b>	<b>\$ 35.824,94</b>	<b>\$ 37.616,19</b>

#### 4.1.1.4.2.2 Costos de venta

Son todos los costos que involucran la venta del producto

Tabla 35. Cuadro de Costo de Venta

COSTO DE VENTA	VALOR INCREMENTAL %					
Transporte y Viáticos	5	\$ 0,00	\$ 600,00	\$ 630,00	\$ 661,50	\$ 694,58
Publicidad		\$ 0,00	\$ 240,00	\$ 252,00	\$ 264,60	\$ 277,83
Personal de Ventas		\$ 0,00	\$ 7.200,00	\$ 7.560,00	\$ 7.938,00	\$ 8.334,90
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 0,00</b>	<b>\$ 8.040,00</b>	<b>\$ 8.442,00</b>	<b>\$ 8.864,10</b>	<b>\$ 9.307,31</b>

Tomado de Fuente original, 2016

#### 4.1.1.4.2.3 Gastos Administrativos

Son los que involucran los gastos que se va a tener durante la operación del producto.

Tabla 36. Cuadro de gastos Administrativos

GASTOS ADMINISTRATIVOS	VALOR INCREMENTAL %					
GERENTE GENERAL	5	\$ 0,00	\$ 14.400,00	\$ 15.120,00	\$ 15.876,00	\$ 16.669,80
CONTADOR		\$ 0,00	\$ 8.400,00	\$ 8.820,00	\$ 9.261,00	\$ 9.724,05
Agua, Luz teléfono, internet		\$ 0,00	\$ 600,00	\$ 630,00	\$ 661,50	\$ 694,58
Arriendo de oficina		\$ 0,00	\$ 3.600,00	\$ 3.780,00	\$ 3.969,00	\$ 4.167,45
Insumos de oficina		\$ 0,00	\$ 240,00	\$ 252,00	\$ 264,60	\$ 277,83
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 0,00</b>	<b>\$ 27.240,00</b>	<b>\$ 28.602,00</b>	<b>\$ 30.032,10</b>	<b>\$ 31.533,71</b>

#### 4.1.1.4.2.4 Costos Financieros

Son los costos que se generaran por los intereses de mora del préstamo obtenido.

Tabla 37. Cuadro de costos Financieros

COSTOS FINANCIEROS						
Cuotas de Prestamos		\$ 8.664,00	\$ 8.131,20	\$ 7.598,40	\$ 7.065,60	\$ 6.532,80
<b>TOTAL</b>		\$ 8.664,00	\$ 8.131,20	\$ 7.598,40	\$ 7.065,60	\$ 6.532,80

Finalmente los costos totales se obtienen de la siguiente tabla 38.

Tabla 38. Cuadros de los Costos Totales

COSTOS DE OPERACIÓN						
DESCRIPCIÓN		AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4
<b>COSTOS DE PRODUCCIÓN</b>	<b>VALOR INCREMENTAL %</b>					
Inversión de Equipos	5	\$ 23.875,50	\$ 25.069,28	\$ 26.322,74	\$ 27.638,88	\$ 29.020,82
Mano de Obra		\$ 6.000,00	\$ 6.300,00	\$ 6.615,00	\$ 6.945,75	\$ 7.293,04
Mantenimiento de Equipos de Comunicación, antenas, router, access point , servidor de IPBX		\$ 300,00	\$ 315,00	\$ 330,75	\$ 347,29	
Mantenimiento de la infraestructura de red inalámbrica (nuevas repisas, ajuste y empotrado de las antenas )		\$ 300,00	\$ 315,00	\$ 330,75	\$ 347,29	
Capacitación al administrador de la red para resolución de problemas , ajustes y mejoras de la infraestructura de red hídrida LTE- WIFI- BPL		\$ 500,00	\$ 525,00	\$ 551,25	\$ 578,81	\$ 607,75
<b>TOTAL</b>		\$ 30.375,50	\$ 32.494,28	\$ 34.118,99	\$ 35.824,94	\$ 37.616,19
<b>COSTO DE VENTA</b>	<b>VALOR INCREMENTAL %</b>					
Transporte y Viáticos	5	\$ 0,00	\$ 600,00	\$ 630,00	\$ 661,50	\$ 694,58

Publicidad		\$ 0,00	\$ 240,00	\$ 252,00	\$ 264,60	\$ 277,83
Personal de Ventas		\$ 0,00	\$ 7.200,00	\$ 7.560,00	\$ 7.938,00	\$ 8.334,90
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 0,00</b>	<b>\$ 8.040,00</b>	<b>\$ 8.442,00</b>	<b>\$ 8.864,10</b>	<b>\$ 9.307,31</b>
<b>GASTOS ADMINISTRATIVOS</b>	<b>VALOR INCREMENTAL %</b>					
GERENTE GENERAL	5	\$ 0,00	\$ 14.400,00	\$ 15.120,00	\$ 15.876,00	\$ 16.669,80
CONTADOR		\$ 0,00	\$ 8.400,00	\$ 8.820,00	\$ 9.261,00	\$ 9.724,05
Agua, Luz teléfono, internet		\$ 0,00	\$ 600,00	\$ 630,00	\$ 661,50	\$ 694,58
Arriendo de oficina		\$ 0,00	\$ 3.600,00	\$ 3.780,00	\$ 3.969,00	\$ 4.167,45
Insumos de oficina		\$ 0,00	\$ 240,00	\$ 252,00	\$ 264,60	\$ 277,83
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 0,00</b>	<b>\$ 27.240,00</b>	<b>\$ 28.602,00</b>	<b>\$ 30.032,10</b>	<b>\$ 31.533,71</b>
<b>COSTOS FINANCIEROS</b>						
Cuotas de Prestamos		\$ 8.664,00	\$ 8.131,20	\$ 7.598,40	\$ 7.065,60	\$ 6.532,80
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 8.664,00</b>	<b>\$ 8.131,20</b>	<b>\$ 7.598,40</b>	<b>\$ 7.065,60</b>	<b>\$ 6.532,80</b>
<b>TOTAL COSTOS OPERATIVOS USD</b>		<b>\$ 39.039,50</b>	<b>\$ 75.905,48</b>	<b>\$ 71.162,99</b>	<b>\$ 81.786,74</b>	<b>\$ 84.990,00</b>

#### 4.1.1.5 Depreciación de Equipos de Comunicación

La depreciación de los equipos de comunicación se realizará de acuerdo a la duración de su vida útil, tal como se muestra en los resultados de la tabla 38, se ha calculado cual es depreciación de los componentes del producto y se presentan de la siguiente manera.

Tabla 39. Cuadro de Depreciación de Equipos de Comunicación

ACTIVOS FIJOS Y NOMINALES	VALOR	TIEMPO ESTIMADO DE DEPRECIACIÓN (AÑOS)	DEPRECIACIÓN ANUAL	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4
Equipos de Comunicación inalámbrica	\$ 5.716,00	3	\$ 1.905,33	\$ 0,00	\$ 1.905,33	\$ 1.905,33	\$ 1.905,33	\$ 1.905,33
Sistema de Telefonía VOZ / IP	\$ 1.750,00	3	\$ 583,33	\$ 0,00	\$ 583,33	\$ 583,33	\$ 583,33	\$ 583,33
Cableado Estructurado y Eléctrico	\$ 2.709,50	10	\$ 270,95	\$ 0,00	\$ 270,95	\$ 270,95	\$ 270,95	\$ 270,95
Hardware y Software adicional	\$ 5.000,00	3	\$ 1.666,67	\$ 0,00	\$ 1.666,67	\$ 1.666,67	\$ 1.666,67	\$ 1.666,67
<b>TOTAL USD</b>				<b>\$ 0,00</b>	<b>\$ 4.426,28</b>	<b>\$ 4.426,28</b>	<b>\$ 4.426,28</b>	<b>\$ 4.426,28</b>

#### 4.1.1.5.1 Proyección de Ingresos

Para la proyección de ingresos se debe calcular el valor neto del producto más el costo de la instalación, luego calcular al precio de venta al público considerando un margen de ganancia del 20% más el 12% del IVA, como se muestra en la siguiente tabla 40.

Tabla 40. Cuadro de Costo del Producto con margen de Ganancia

PRODUCTO	COSTO
Valor Neto del producto + mano de obra	\$ 29.965,50
Valor del producto margen de ganancia 20%	\$ 35.958,60
IVA (12%)	\$ 4.315,03
TOTAL	\$ 40.273,63

Para el volumen de ventas, se estima que en el año 0 no se va realizar ninguna venta hasta que sea conocido el producto y comercializado, y a partir del año 1 se estima vender el producto y realizar Accesorias técnicas a partir del año 2 se estima que el precio del producto incremente en 5 % y las asesorías técnicas incremente en un 3 %, tal como se muestra en la tabla 41.

Tabla 41. Cuadro de Volumen de Ventas Estimado

	Incremento Anual [%]	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4
<b>VOLUMEN DE VENTAS ESTIMADO</b>		0,00	1,00	2,00	3,00	5,00
Diseño e Implementación Red Híbrida LTE-WIFI-BPL	5%	\$ 0,00	\$ 6.450,60	\$ 72.901,20	\$ 109.351,80	\$ 182.253,00
Asesoría Técnica	3%		\$ 500,00	\$ 1.030,00	\$ 3.182,70	\$ 16.390,91

#### 4.1.1.6 Tasa de Descuento

La tasa de descuento nos permite descontar los flujos futuros de efectivo de un proyecto y es una de las variables que más influyen en el resultado del mismo.

#### 4.1.1.6.1 Costo Medio ponderado de Capital

El costo medio Ponderado de Capital, **WACC** (*Weighted Average Cost of Capital*) es una tasa de descuento que se usa para descontar los flujos de fondos operativos y estimar costo de oportunidad entre el porcentaje de capital propio de los inversionistas y el porcentaje de capital obtenido por préstamos u otra fuente de financiamiento.

$$WACC(CPP) = Ke \frac{CAA}{CAA+D} + Kd(1 - T) \frac{D}{CAA+D} \quad (\text{Ecuación 25})$$

Donde:

**WACC:** Promedio Ponderado del Costo de Capital

**Ke:** Es el porcentaje esperado de rendimiento del proyecto.

**CAA:** Capital aportado por los accionistas

**D:** Deuda o préstamo de terceros (financiación).

**Kd:** Es la tasa activa de interés por el préstamo

**T:** Impuesto a la renta.

Para nuestro análisis se estima que el capital aportado por los accionista (CAA) es el 70% de la inversión total entonces se tiene los valores.

**Kd= 8,88 %**(tasa de interés Banco central del ecuador Febrero 2016)

**Tasa de Riesgo= 12,83** (Tasas de Riesgo país banco central del ecuador Noviembre 2015)

**Ke:** Para el cálculo del porcentaje % que espera el accionista que rinda el proyecto, se debe calcular con la siguiente ecuación

$$ke = ((1 + Kd) * (1 + \text{tasa de Riesgo}) - 1) \quad (\text{Ecuación 26})$$

Remplazando los valores se obtiene.

$$ke = ((1 + 0,088) * (1 + 0,1283) - 1)$$

$$ke = 0,2284 \% \quad 22,88\%$$

**CAA= 70%**

**D= 30%**

**T= 22%** Impuesto a la renta

Entonces para calcular el Costo Medio Ponderado de capital de acuerdo a la tabla 42 se obtiene:

Tabla 42. Cálculo del CMPC

Calculo de Costo Medio Ponderado de Capital	
Ke	23%
CAA	\$ 50.000,00
D	\$ 30.000,00
Kd	9%
T	22%
<b>WACC</b>	<b>0,170075</b>

\* obtenido por el inversionista

\* deuda financiada por el banco

17%

#### 4.1.1.6.2 Flujo de Fondos Neto

Para nuestros cálculos de Flujo de Fondos Neto de acuerdo a los valores obtenido de las tablas anteriores 31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42, se obtiene:

Tabla 43. Flujo de Fondos Neto

FLUJO DE FONDOS NETO						
	Incremento Anual [%]	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4
<b>VOLUMEN DE VENTAS ESTIMADO</b>		0,00	1,00	3,00	4,00	5,00
Diseño e Implementación Red Híbrida LTE-WIFI-BPL	5%	\$ 0,00	\$ 36.450,60	\$ 109.351,80	\$ 145.802,40	\$ 182.253,00
Asesoría Técnica	3%	\$ 0,00	\$ 500,00	\$ 1.545,00	\$ 6.365,40	\$ 32.781,81
<b>Total de Ingresos</b>		\$ 0,00	\$ 36.950,60	\$ 110.896,80	\$ 152.167,80	\$ 215.034,81
Total Costos de Operación		-\$ 39.039,50	-\$ 75.905,48	-\$ 78.761,39	-\$ 81.786,74	-\$ 84.990,00
Depreciación para los activos fijos y nominales		\$ 0,00	-\$ 4.426,28	-\$ 4.426,28	-\$ 4.426,28	-\$ 4.426,28
<b>Unidad Neta</b>		-\$ 39.039,50	-\$ 43.381,16	\$ 27.709,13	\$ 65.954,78	\$ 125.618,53
Depreciación		\$ 0,00	\$ 4.426,28	\$ 4.426,28	\$ 4.426,28	\$ 4.426,28
Total Costo de Inversión		\$ 0,00				
<b>Flujo de Fondo Neto Puro</b>		-\$ 39.039,50	-\$ 38.954,88	\$ 32.135,41	\$ 70.381,06	\$ 130.044,81

### 4.1.1.6.3 Indicadores de Rentabilidad

#### 4.1.1.6.3.1 Valor Actual neto (VAN)

El valor Actual neto, permite actualizar a valor presente los flujos de caja futuros que va a generar el proyecto descontados a un cierto tipo de interés, este interés se le conoce como “la tasa de descuento”, estos flujos de caja futuros se los compara con el importe inicial de la inversión.

##### 4.1.1.6.3.1.1 Criterios de Decisión

Para los criterios de decisión se utiliza la siguiente tabla 44 para validar si el proyecto es viable o no es viable.

Tabla 44. Criterios de Decisión

VALOR	SIGINIFICADO	DECISIÓN A TOMAR
VAN > 0	La inversión producirá ganancias	El proyecto es rentable
VAN < 0	La inversión producirá perdidas	El proyecto no es rentable
VAN = 0	la inversión no producirá ni ganancias ni perdidas	Validar el proyecto con otros criterios , como el posicionamiento del mercado

Para el cálculo se utiliza la siguiente ecuación 27.

$$VAN = -A + \sum_{n=1}^n \frac{Qn}{(1+i)^n} \quad (\text{Ecuación 27})$$

Donde:

**A** = valor inicial de la inversión

**n** =período en años del proyecto

**Qn** = presenta los flujos de caja

**i** = es el tipo de interés

Remplazando los valores en la ecuación 27 se obtiene:

$$VAN = - 39.039,50 - \frac{38.954,88}{(1 + 0.17)^1} + \frac{32.135,41}{(1 + 0.17)^2} + \frac{70.381,06}{(1 + 0.17)^3} + \frac{130.044,81}{(1 + 0.17)^4}$$

$$VAN = \$64.483,37$$

De acuerdo al criterio de decisión el proyecto es rentable, debido el valor de VAN sobre pasa el valor de 0.

#### 4.1.1.6.3.2 Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno, es la tasa de interés que presta el inversionista para realizar el proyecto. Este indicador es muy importante para la aceptación o rechazo del proyecto.

Para el cálculo se utilizar la ecuación de VAN con la diferencia que ahora se reemplaza la tasa de descuento por el TIR y se obtiene:

$$- 39.039,50 = - \frac{38.954,88}{(1 + TIR)^1} + \frac{32.135,41}{(1 + TIR)^2} + \frac{70.381,06}{(1 + TIR)^3} + \frac{130.044,81}{(1 + TIR)^4}$$

**TIR = 46%**

Este resultado nos permite determinar que el proyecto es rentable, debido a que el TIR > tasa de descuento.

#### 4.1.1.6.3.3 Análisis Costo Beneficio

El análisis de costo beneficio es otro indicador en la toma de decisiones para aceptación o rechazo del proyecto. Se calcula con la sumatoria de todos los flujos de caja sobre la inversión inicial.

.

##### 4.1.1.6.3.3.1 Criterios de decisión

Tabla 45. Criterios de Decisión

VALOR	SIGINIFICADO
RCB > 0	El proyecto es Viable
RCB < 0	El proyecto es no Viable
RCB = 0	El proyecto es indiferente

Para el cálculo se utiliza la siguiente ecuación

$$RCB = \frac{B}{C} = \frac{\sum \text{Flujos de caja}}{\text{Inversión}} \quad (\text{Ecuación 28})$$

Remplazando valores en la ecuación se obtiene

$$RCB = \frac{-39.039,50 + 38.954,88 + 32.135,41 + 130.044,81}{39.039,50}$$

$$RCB = 4,96$$

De acuerdo al criterio de decisión el proyecto es viable debido el valor de RCB es mayor que el valor de 0.

#### 4.1.1.6.3.4 Periodo de Recuperación de Capital

Para este proyecto se analiza el tiempo que el inversionista va a recuperar su inversión.

Para el cálculo del periodo de recuperación del capital se utiliza la siguiente ecuación.

$$n = \frac{\text{inversión}}{\text{Flujo de caja}} \quad (\text{Ecuación 29})$$

Remplazando los valores en la ecuación se obtiene:

$$n = \frac{39.039,50}{38.954,88}$$

$$n = 1.0021 \text{ años}$$

#### 4.1.1.6.3.5 Análisis de Factibilidad del Proyecto

De acuerdo a los valores obtenidos en los cálculos de VAN, TIR, RCB y Período de recuperación del capital se obtiene:

Tabla 46. Criterios de Decisión

INDICADOR	VALOR	DECISIÓN A TOMAR
VAN	64.483,37	> 0 Proyecto Rentable
TIR	46%	> 18% es rentable
RCB	4,96	> 0 es rentable
PERIODO DE RECUPERACIÓN DEL CAPITAL	1 año	>5 años se recupera el capital en un tiempo razonable

Por lo tanto el proyecto Diseño e implementación de una Red Híbrida LTE-WIFI- BPL es factible.

## Capítulo V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

El Ecuador ha evolucionado en uso de las redes inalámbricas de banda ancha desde sus inicios que apareció con sistemas móviles de primera generación 1G presentando un servicio de voz analógico de baja calidad, hasta llegar a redes inalámbricas de cuarta generación 4G, presentando servicios de voz, video digital de excelente calidad.

LTE 4G es una tecnología mucho más versátil presentando velocidades de transmisión que sobrepasan los 100 Mbps, acceder a servicio de multimedia, descarga de películas videos en pocos segundos.

Las estaciones base LTE 4G contienen antenas inteligentes sectoriales que tienen la capacidad de generar un haz directivo a usuarios específicos, es decir en lugar de disponer un diagrama de radiación fija, puede modificar su dirección del lóbulo conforme al desplazamiento del usuario y se adapta a las condiciones radioeléctricas en todo momento.

En la gestión de seguridad de la tecnología LTE 4G es muy importante considerar la autenticación, control de acceso, confidencialidad, integridad y el no repudio.

La principal característica de la tecnología BPL (Broadband over Powerline) o también conocida como PLC (Power Line Communication) es proveer servicios de comunicación de datos, audio y video, mediante el uso de las líneas de potencia eléctricas o red eléctrica.

La tecnología BPL o PLC no pueden ser útiles si el cableado eléctrico está deteriorado o los cables se encuentran rotos.

La tecnología BPL o PLC a mayores distancias es completamente inservible.

La tecnología WIFI trabaja con el estándar IEEE 802.11 los cuales muestran una serie de mecanismos y protocolos que permiten diferenciar esquemas de transmisión y modulación para lograr mejoras en velocidades y rendimientos para poder transmitir datos.

La tecnología WIFI está diseñado para conectar equipos utilizando conexión inalámbrica, sin cables reduciendo el gasto en la infraestructura de red.

Las redes híbridas se derivan de la unión de varios tipos de tecnologías comunicación, para nuestro estudio se utilizó las tecnologías LTE, WIFI y BPL, convirtiendo a la red híbrida en una red confiable por ejemplo; si un nodo falla no afecta el rendimiento de la red pues permite tener otra ruta alternativa entre el emisor y el receptor, y una red versátil porque combina las plataformas de dos o más redes diferentes y puede emplearse en una variedad de ambientes de red LAN.

## **5.2 Recomendaciones**

Las estaciones base LTE 4G deben contener antenas inteligentes sectoriales que son beneficiosas al medio ambiente, debido a que en lugar de radiar energía en todas direcciones solo radia directamente al dispositivo del usuario.

Los equipos de comunicación LTE, WIFI, y BPL deben comunicarse con el mismo estándar inalámbrico 802.11n para ofrecer altas tasas de transferencia y tener un rendimiento alto en la red.

Depende del tipo de empresa. Microempresa, PYME, mediana, o gran empresa, se deberá utilizar equipos de comunicación más robustos.

Es necesario analizar la ubicación donde se instalará la red híbrida LTE WIFI BPL, ya que existen zonas donde aún no existe la tecnología LTE 4G.

Las antena de las oficina principal debe tener línea de vista con la antena de la oficina Sucursal, para evitar la pérdidas de señal.

Es recomendable realizar un estudio de escalabilidad para un futuro crecimiento de equipos sin perder la calidad de servicio.

Es recomendable que la antena del modem o router LTE este en un lugar sin interferencias para receptar la señal 4G de la estación base.

## REFERENCIAS

- ALEGSA. (2015). Cuándo una red poder escalable?. Recuperado el 9 de enero de 2016, de [www.alegsa.com.ar/Diccionario/C/27689.php](http://www.alegsa.com.ar/Diccionario/C/27689.php)
- AODBC. (2013). Conceptos de escalabilidad en arquitectura de sistemas. Recuperado el 9 de enero de 2016, de [blog.aodbc.es/2013/09/23/conceptos-de-escalabilidad-en-arquitectura-de-sistemas/](http://blog.aodbc.es/2013/09/23/conceptos-de-escalabilidad-en-arquitectura-de-sistemas/)
- Arcia, M. (s.f.). 4G: qué es, ventajas y desventajas de esta red móvil. Recuperado el 7 de febrero de 2016, de <http://tabletas.about.com/od/Glosario/fl/4G-que-es-ventajas-y-desventajas-de-esta-red-movil.htm>
- ARCOTEL. (2015). ARCOTEL monitorea la Red LTE de CNT. Recuperado el 22 de enero de 2016, de <http://www.arcotel.gob.ec/arcotel-monitorea-la-red-lte-de-cnt/>
- ARQHYS. (s.f.). La Escalabilidad. Recuperado el 8 de enero del 2016, de <http://www.arqhys.com/construcciones/escalabilidad.html>
- BCE. (2016). Tasa de Interés. Recuperado el 22 de febrero de 2016, de <http://contenido.bce.fin.ec/docs.php?path=/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/TasasInteres/Indice.htm>
- BCE. (2016). Evolución del Volumen de Crédito y tasas de Interés del sistema Financiero Nacional. Recuperado el 23 de febrero de 2016, de <http://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/BoletinTasasInteres/ect201601.pdf>
- Buettrich, S. (2007). Unidad 06: Cálculo de Radioenlace. Recuperado el 20 de Octubre de 2015, de [http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless\\_es/files/06\\_es\\_calculo-de-radioenlace\\_guia\\_v02.pdf](http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/06_es_calculo-de-radioenlace_guia_v02.pdf)
- Bustillos, R. (2008). Banda Ancha sobre Red Eléctrica o BPL. Recuperado el 15 de 15 de enero de 2016, de [http://www.andeanlawyers.com/banda\\_ancha\\_sobre\\_red\\_electrica\\_.htm](http://www.andeanlawyers.com/banda_ancha_sobre_red_electrica_.htm)

- CCM. (2016). Redes inalámbricas de área metropolitana. Recuperado el 18 de enero de 2016, de <http://es.ccm.net/contents/820-redes-inalambricas-de-area-metropolitana>
- Computación Aplicada al Desarrollo. (s.f.). ¿Qué es Internet? Recuperado el 21 de octubre de 2015, de [www.cad.com.mx/que\\_es\\_internet.htm](http://www.cad.com.mx/que_es_internet.htm)
- COMPUTACION II. (2012). Redes Definición, Clasificación, Topología. Recuperado el 16 noviembre de 2015, de <http://takashikira.blogspot.com/2012/03/redes-definicion-clasificacion.html>
- Cuadra, E. (s.f.). Internet: Conceptos Básicos. Recuperado el 21 de octubre de 2015, de [http://pendientedemigracion.ucm.es/info/multidoc/multidoc/revista/cuadern5/elena.htm#1.1.¿Qué es Internet?](http://pendientedemigracion.ucm.es/info/multidoc/multidoc/revista/cuadern5/elena.htm#1.1.¿Qué%20es%20Internet?)
- DEFINICION. DE. (2016). Definición de Internet. Recuperado el 21 octubre de 2015, de <http://definicion.de/internet/>
- DLINK. (2012). Dlink Dir 600. Recuperado del 15 de enero del 2016, de [www.dlink.com/es/es/home-solutions/connect/routers/dir-600-wireless-n-150-home-router](http://www.dlink.com/es/es/home-solutions/connect/routers/dir-600-wireless-n-150-home-router)
- EKOPLC. (2013). Aplicaciones. Recuperado el 22 de enero de 2016, de <http://www.ekoplcn.net/aplicaciones/index.htm>
- Expertos en TI. (s.f.). Escalabilidad. Recuperado el 8 de enero de 2016, de <http://www.expertosenti.com/servicios/escalabilidad/>
- Fierro, L. (1995). Presencia del Ecuador en el Internet. Recuperado de 21 de octubre de 2015, de <https://interred.wordpress.com/1995/02/12/presencia-del-ecuador-en-el-internet/>
- HWAGM. (s.f.). Calcular el alcance máximo en una conexión inalámbrica (wireless). Recuperado el 15 de noviembre de 2015, de <http://hwagm.elhacker.net/calculo/calcularalcance.htm>
- iAhorro. (2014). Ventajas y desventajas de las redes 4G. Recuperado el 4 de febrero de 2016, de <http://www.iahorro.com/ahorro/hogar/ventajas-y-desventajas-de-las-redes-4g.html>

- lbersystems. (s.f.). Que es una Red WIFI. Recuperado el 27 de enero de 2016, de <http://www.redesWIFI.info/>
- IM Negocio inteligencia digital. (2014). La llegada del Internet al Ecuador. Recuperado el 21 de Octubre de 2015, de <https://imnegocios.com/archivos/492>
- Laurita.Blogspot. (2009). Arquitectura de Red. Recuperado el 9 de enero de 2016, de <http://laurapita.blogspot.com/2009/03/arquitectura-de-red.html>
- Lazcano, M. (2011). Propuesta de un Esquema Regulatorio PLC (Power Line Communication). Quito, Ecuador.
- Mariam, D. (s.f.). Redes inalámbricas de área extensa. Recuperado el 22 de enero de 2016, de <https://redeswwan.wordpress.com/2013/06/09/redes-inalambricas-de-area-extensa-wwanwwan-tienen-el-alcance-mas/>
- Microsoft. (2016). Información general sobre escalabilidad. Recuperado el 8 de enero de 2016, de [https://msdn.microsoft.com/es-es/library/aa292203\(v=vs.71\).aspx](https://msdn.microsoft.com/es-es/library/aa292203(v=vs.71).aspx)
- MONOGRAFIAS.COM. (s.f.). Qué es Internet. Recuperado el 21 de octubre de 2015, de <http://www.monografias.com/trabajos81/que-es-internet/que-es-internet.shtml>
- OpenUP. (2013). Información de cables CAT5, CAT6, CAT7 Y CAT7a. Recuperado el 15 de noviembre de 2015, de <http://www.openup.es/informacion-de-cables-cat5-cat5e-cat6-cat7-y-cat7a/>
- PLAN V Investigación. (2013). La revolución 4G se enfrenta al monopolio. Recuperado el 19 de Octubre de 2015, de <http://www.planv.com.ec/investigacion/investigacion/la-revolucion-4g-se-enfrenta-al-monopolio/pagina/0/2>
- Pozuelo, M. (2016). Interferencias en Redes PLC de Banda Ancha. Recuperado el 20 de enero de 2016, de <http://blogs.salleurl.edu/networking-and-internet-technologies/interferencias-en-redes-plc-de-banda-ancha/>
- QUEES. (s.f.). Internet – Explicación y definición de Internet. Recuperado el 21 de octubre de 2015, de <http://www.quees.info/que-es-internet.html>

- Radio Amateur. (1997). Radio Mobile Gratuitiel par VE2DBE. Recuperado el 15 de enero del 2016, de [www.cplus.org/rmw/premier.html](http://www.cplus.org/rmw/premier.html)
- Recomarsa. (s.f.). Datos de Alta Capacidad. Recuperado el 22 de enero de 2016, de <http://recomarsa.wix.com/recomarsa#!datos-de-alta-capacidad/cfw1>
- San Juan. (2004). Topologías de red. Recuperado el 11 de noviembre de 2015, de [http://www.oni.escuelas.edu.ar/2004/san\\_juan/730/pag04.HTM](http://www.oni.escuelas.edu.ar/2004/san_juan/730/pag04.HTM)
- Scribd. (2010). Introducción a las Redes Inalámbricas. Recuperado el 25 de enero de 2016, de <https://es.scribd.com/doc/33193823/7/Clasificacion-de-las-Redes-Inalambricas>
- SIGNIFICADOS. (s.f.). Significado de Internet. Recuperado el 21 de octubre de 2015, de [www.significados.com/internet/](http://www.significados.com/internet/)
- SINCABLES. (s.f.). Tipo de Antenas, Recuperado el 4 de febrero de 2016, de <http://sincables.com.ve/v3/content/47-que-es-una-antena>
- SlideShare. (2014). Antenas y Líneas de transmisión. Recuperado el 15 de octubre de 2015, de <http://es.slideshare.net/humbertogordillo1/antenas-y-lneas-de-transmision>
- SlideShare. (2016). Planteamiento del Problema y Diseño Lógico de la Red. Recuperado el 8 de enero de 2016, de <http://es.slideshare.net/cirpol/planteamiento-del-problema-3584933>
- TAMAHOME. (2008). Cálculo de Zona de Fresnel. Recuperado el 5 de febrero de 2016, de <http://tamax.com.ar/blog/?p=517>
- TARINGA. (s.f.). D-link Dir 600 en modo repetidor con DD-WRT. Recuperado el 15 de enero de 2016, de <http://www.taringa.net/posts/ebooks-tutoriales/7239074/D-link-dir-600-en-modo-repetidor-con-DD-WRT.html>
- TeleBlogger. (2009). Tipos de Modulación. Recuperado el 25 de enero de 2016, de <http://tefoliomodulacion.blogspot.com/2009/10/tipos-de-modulacion.html>
- Tutoriales. (s.f.). OFDM: Multiplexación por Divisiones de Frecuencia Ortogonales. Recuperado el 22 de enero de 2016, de <http://www.modulo0tutoriales.com/tutorial/ofdm-multiplexacion-por-division-de-frecuencias-ortogonales/>

- UPV. (s.f.). Polarización. Recuperado el 12 de Octubre de 2015, de [http://www.upv.es/antenas/Tema\\_1/polarizacion.htm](http://www.upv.es/antenas/Tema_1/polarizacion.htm)
- WIFI Club. (2016). Alcance de redes WIFI. Recuperado el 15 de enero de 2016, de <http://www.WIFIclub.org/tag/propagacion/>
- WIFI. (2015). Clasificación de las redes. Recuperado el 16 de noviembre del 2015, de <http://smr.iesharia.org/wiki/doku.php/rde:ut1:clasificacion-rede>
- WIKIPEDIA. (2015). Estación base. Recuperado el 22 de enero de 2016, de [https://es.wikipedia.org/wiki/Estaci%C3%B3n\\_base](https://es.wikipedia.org/wiki/Estaci%C3%B3n_base)
- Wikispaces. (2016). ¿Qué es Zona de Fresnel?. Recuperado el 30 de enero de 2016, de <https://zonafresnel-uft.wikispaces.com/>
- XFINITY. (s.f.). ¿ Qué son los proveedores de servicios de Internet?. Recuperado el 16 de enero de 2016, de <http://es.xfinity.com/resources/internet-service-providers.html>

**ANEXOS**

## **ANEXO 1. Especificaciones Técnicas Equipo D-Link DIR 600**

**D-Link DIR-600 (HW C1) - 802.11n (150Mbps) Enrutador Inalámbrico con Switch de 4**

**Puertos 10/100Mbps, Antena de 5dBi**

**Modelo: DIR-600 (HW C1)**

**Fabricante: D-Link**

**Precio: \$28.90**



D-Link DIR-600 (HW C1) - 802.11n (150Mbps) Enrutador Inalámbrico con Switch de 4 Puertos 10/100Mbps, Antena de 5dBi

## NETWORKING WIRELESS DE ALTA VELOCIDAD

Cree una red wireless de alta velocidad para su utilización en el hogar usando el Router Wireless 150 de D-Link. Conecte el DIR-600 a un módem banda ancha para compartir su conexión Internet de alta velocidad a través de wireless y disfrute navegando en la web, revisando su correo electrónico y conversando en línea con su familia y amigos. El router usa la tecnología Wireless 150, que ofrece mayor velocidad y rango que los estándares 802.11g/b. Su característica NAT permite a múltiples usuarios conectarse a Internet compartiendo una sola dirección IP. El DIR-600 también incluye un switch Ethernet integrado de 4 puertos 10/100 BASE-TX que le da la flexibilidad para conectar computadores por cable a la red.

## GRAN COBERTURA DE RED WIRELESS

Esta nueva versión del Router DIR-600, posee una antena con 5 dBi de ganancia, la cual entrega una mayor cobertura en todas las áreas que desea cubrir con su señal Inalámbrica. Equipado con la tecnología Wireless N, este router de alto rendimiento proporciona total cobertura en toda la casa y pequeña oficina, al mismo tiempo que elimina los puntos muertos donde la señal antes no tenía acceso.

## SEGURIDAD DE SU RED WIRELESS

El DIR-600 incluye un firewall que protege su red de ataques maliciosos. Esto reduce al mínimo las amenazas de hackers e impide a intrusos no deseados entrar en su red. Características de seguridad adicionales incluye un Firewall de Inspección de Estado de Paquete (SPI) que analiza el tráfico de red y control parental que impide a usuarios ver contenido inadecuado. El DIR-600

también soporta cifrado WEP, WPA y WPA2 para mantener su tráfico de red seguro.

## COMPATIBILIDAD

El DIR-600 proporciona una conexión de alta velocidad al conectarse a otros dispositivos Wireless 150 o 802.11n, alcanzando hasta 150 Mbps. de velocidad. También es compatible con 802.11b/g, asegurando la avenencia con una amplia gama de dispositivos Wireless. El DIR-600 incluye cuatro puertos Ethernet listos para que usted conecte su PC con Ethernet permitido, impresoras, u otros dispositivos. Minutos. Wizard lo guiará por un fácil proceso para la instalación de su nuevo hardware, conectarse a su red y agregar nuevos dispositivos. Éste configura sus ajustes de Proveedor de Servicio del Internet (ISP) para establecer rápidamente la conectividad de Internet banda ancha. Además, el DIR-600 tiene una Configuración Protegida WIFI® (WPS) certificada, haciéndolo aún más fácil para configurar su red wireless y permitir seguridad.

### **Características:**

- Tecnología de flujo single 802.11n entregando velocidad PHY de hasta 150 Mbps
- Provee entre dos a cuatro tiempos de tasa de transferencia de 11g, cuando se conecta a clientes 11n
- Antena fija de 5dBi de ganancia
- Cumple con estándares IEEE 802.11g/b y es compatible con 802.11n
- Soporta función WMM para satisfacer los requerimientos de banda ancha de datos multimedia

- Configuración Protegida WIFI (WPS)
- Cifrado de datos WEP y WPA/WPA2 (TKIP y AES)
- Switch de 4 puertos para incorporar a red dispositivos cableados
- Asistente de configuración amigable Quick Router Setup

**Especificaciones:**

- Estándares
- IEEE 802.11n (draft 2.0)
- IEEE 802.11g/b
- IEEE 802.3
- IEEE 802.3u
- IEEE 802.3x
- Support Full/Half Duplex operations
- Support Auto Negotiation
- Support Auto MDI/MDIX
- Hardware
- SDRAM: 8 MB

- Flash: 2MB
  
- Puertos
  
- 4 Puertos LAN 10/100 Mbps Fast Ethernet MDI/MDIX
  
- 1 Puerto WAN 10/100 Mbps Fast Ethernet MDI/MDIX (Soporta Dirección IP estática, DHCP Client, PPPoE, PPTP, L2TP, IPSec, VPN Pass through)
  
- Botón Reset
  
- Conector Energía
  
- Antena
- 1 Antena Fija tipo dipolo
  
- Ganancia: 5 dBi
  
- Estándar IEEE802.11b
  
- Modulación:
  
- DQPSK
  
- DBPSK
  
- CCK
  
- Frecuencia:
  
- 2400 a 2483.5 MHz ISM band
- Media Access Protocol:

- CSMA/CA con ACK
  
- Potencia de Transmisión:
- 17 dBm at 11, 5.5, 2 y 1 Mbps
  
- Sensibilidad de Recepción:
  
- -79 dBm for 11Mbps
  
- -82 dBm for 5.5Mbps
  
- -84 dBm for 2Mbps
  
- -86 dBm for 1Mbps
  
- Estándar IEEE802.11g
  
- Seguridad
  
- WEP 64/128-Bit Data Encryption (Solo en 802.11B/G)
  
- WIFI Protected Access (WPA/WPA2)
  
- (TKIP, MIC, IV Expansion, Shared Key Authentication)
  
- 802.1x
  
- WPS (WIFI Protected Setup)
  
- Push Button
- PIN

- Firewall
- Network Address Translation (NAT)
- Stateful Packet Inspection (SPI)
- One DMZ Support
- Port Forwarding
- VPN pass-through
- Multi-session PPP/L2TP/IPSec
- Mac Address Filtering
- URL Filtering
- Scheduling
- Support 1 DMZ
- DNS Relay
- D-Link DDNS
- Traffic Control
- Support 50 firewall rules
- Support 40 website filtering Rules

- Support 24 MAC Filters
- Support 32 Traffic Control Rules
- Support 24 Application Rules
- Support 24 Port Forwarding Rules
- Support 24 Virtual Servers
- QoS
- \* WIFI WMM
- \* WIFI WMM-PS
- Requerimientos Mínimos del sistema
- Windows XP SP2, Windows Vista, Windows 7, Mac OS X (v10.4/10.3), Linux.
- Internet Explorer 6, Firefox 2.0 o superior
- Tarjeta de Red Ethernet
- Para acceso a Internet:
- Cable or DSL Modem
- Suscripción a un Proveedor de Internet (ISP)
- Administración del Equipo

- Internet Explorer v.6 o superior o Firefox v.1.5 o superior
- Netscape Navigator v6 o superior
- DHCP Server y Cliente
- Compatibilidad
- WIFI (802.11b and 802.11g) certification requirements
- WIFI Media Management certification requirements
- WIFI Media Management Power Save certification requirements.
- Alimentación Eléctrica: 5 VDC 1.0A (Adaptador de Poder Externo)
- Consumo: 5V, 800mA
- Leds de Diagnóstico
- Power
- Internet
- WLAN (Conexión Wireless)
- LAN
- Dimensiones: 113.2 x 147.5 x 31.5 mm
- Peso: 246 Gramos (0.5 lb)
- Temperatura de Operación: 0° a 40° C
- MTBF: >30.000 hrs

- Temperatura de Almacenamiento: -20° a +65° C
- Humedad de Operación: 10% a 90% (no condensada)
- Humedad Almacenaje: 5% a 95%
- Certificación
- FCC report(FCC CFR 47 Part 15 B)
- FCC report(FCC CFR 47, Part 15 C,E) for 2.4G & 5GHz
- IC report(ICES-003)C-Tick
- Anatel EMI/EMC (Brasil)
- Seguridad (Safety)
- UL/cUL Listed Mark
- CSA International Mark
- CB Report
- CE

## ANEXO 2. Modem 4G LTE Huawei E5776

### E5776 Especificaciones

--

Dimensiones	Ancho
	106.4mm
	Altura
	66.0mm
	Profundidad
	15.5mm
	Peso
	< 150 g (batería incluida)



---

Modelo	E5776
--------	-------

---

Forma	Mobile WIFI
-------	-------------

---

□ SistemaLTE: FDD/TDD  
de 3G: WCDMA  
comunicación2G: EDGE/GPRS/GSM

---

Velocidad Alta velocidad LTE FDD hasta 150 Mbit/s  
Alta velocidad LTE TDD hasta Mbit/s  
Alta velocidad DC-HSPA+ hasta 43.2 Mbit/s  
Alta velocidad HSPA+ hasta 21.6 Mbit/s  
Alta velocidad HSPA (HSUPA/HSDPA)/UMTS hasta to 14.4  
Mbit/s  
EDGE/GPRS hasta 236.8 kbit/s

---

Pantalla TFT-LCD

---

Batería 3000 mAh  
Maximum working time: 10 hours (depending on the network)  
Maximum standby time: 500 hours (depending on the network)

---

microSD card Soporta  
slot

---

Interface de Soporta  
antena  
externa

---

WIFI 802.11b/g/n

---

Conexiones Hasta 10 usuarios simultáneos

WIFI

---

Sistema Windows XP, Windows Vista, Windows 7, MAC OS X 10.5, 10.6,  
operativos 10.7 and 10.8

### ANEXO 3: Adaptadores PowerLine AV500

300Mbps AV500 WIFI Powerline Extender Starter Kit

#### TL-WPA4220KIT

##### ● Features:



WIFI Clone Button simplifies your WIFI configuration and helps build a seamless unified home **network**

HomePlug AV standard providing up to 500Mbps high speed data transmission over a home's existing electrical wiring, ideal for lag-free HD or 3D video streaming and online gaming

Extend 300Mbps Wireless connections to previously hard-to-reach areas of your home and office

Two Ethernet ports allow your TVs, game consoles, or PCs connect to the Internet

Up to 300-meter range over the household power circuit

Easy-to-install, just plug in, pair and play!

128-bit AES encryption easily at a push of "Pair" Button

Supports IGMP managed multicast IP transmission, optimizing IPTV streaming

## ⦿ Description:

TP-LINK 300Mbps AV500 WIFI Powerline Extender Starter Kit TL-WPA4220KIT extends your Internet connection to every room of the house through your home's existing electrical circuitry. The TL-WPA4220 features a WiFi Clone Button enabling Super Range Extension, which means it can automatically copy the SSID and Password of your router. In this way, TL-WPA4220 simplifies your WiFi configuration and allows for seamless roaming within your home network.

## ⦿ Specifications:

Hardware Features	
Standards and Protocols	HomePlug AV, IEEE802.3, IEEE802.3u, IEEE802.11b/g/n
Interface	10/100Mbps Ethernet Ports
Plug Type	EU, UK, US, AR
Button	Pair, Reset, Wi-Fi/Wi-Fi Clone
LED Indicator	PWR, PLC, ETH, Wi-Fi/Wi-Fi Clone
Dimensions (W x D x H)	3.7 x 2.1 x 1.6 in. (94 x 54 x 40mm)
Power Consumption	<6W
Range	300 Meters over electrical circuit
Software Features	
Modulation Technology	OFDM (PLC)
Encryption	Powerline Security:
	128-bit AES
	Wireless Security:
	WEP, WPA/WPA2, WPA-PSK/WPA2-PSK Encryption
Others	
Certifications	CE, FCC, RoHS
System Requirements	Windows 8/7/Vista/XP/2000, Mac OS, Linux*
Environment	Operating Temperature: 0°C~40°C (32°F~104°F)
	Storage Temperature: -40°C~70°C (-40°F~158°F)
	Operating Humidity: 10%~90% non-condensing
	Storage Humidity: 5%~90% non-condensing

\* Utility supports Windows 8/7/Vista/XP/2000 operating system for the present.

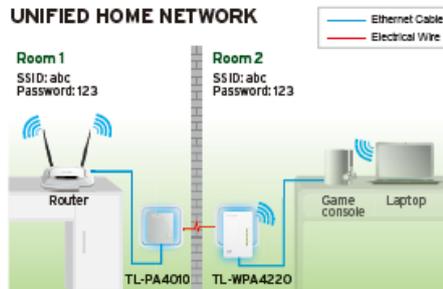
## ⦿ Diagram:

### PLUG & PLAY WITH TP-LINK WI-FI CLONE!



> Plug in TL-WPA4220 near your router.  
 > Press the Wi-Fi Clone button on TL-WPA4220.  
 > Press the WPS button on the router.  
 That's it! Now TL-WPA4220 has copied your router's SSID and Password and you can enjoy a unified home network!

### UNIFIED HOME NETWORK

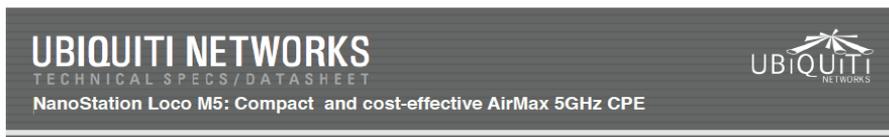


\*The Powerline Adapters need to be connected in the same electrical circuit.

### Package:

- 300Mbps AV500 WiFi Powerline Extender Starter Kit
- TL-WPA4220 & TL-PA4010
- 2-meter RJ-45 Ethernet Cable \* 2
- Quick Installation Guide
- Resource CD

# ANEXO 4. Antenas NanoStation Loco M5



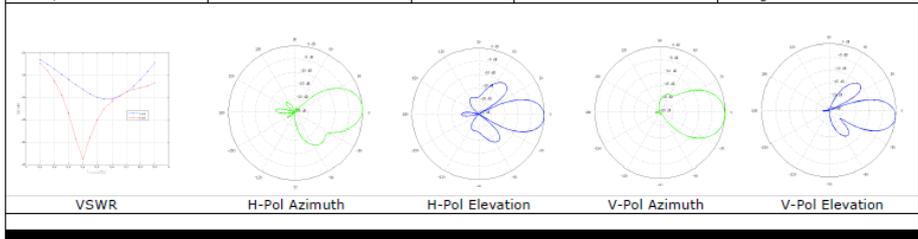
SYSTEM INFORMATION	
Processor Specs	Atheros MIPS 24KC, 400MHz
Memory Information	32MB SDRAM, 8MB Flash
Networking Interface	1 X 10/100 BASE-TX (Cat. 5, RJ-45) Ethernet Interface

REGULATORY / COMPLIANCE INFORMATION	
Wireless Approvals	FCC Part 15.247, IC RS210, CE
RoHS Compliance	YES

OPERATING FREQUENCY 5470MHz-5825MHz							
5GHz TX POWER SPECIFICATIONS			5GHz RX SPECIFICATIONS				
	DataRate	Avg. TX	Tolerance		DataRate	Sensitivity	Tolerance
11a	1-24Mbps	23 dBm	+/-2dB	11a	24Mbps	-83 dBm	+/-2dB
	36Mbps	21 dBm	+/-2dB		36Mbps	-80 dBm	+/-2dB
	48Mbps	19 dBm	+/-2dB		48Mbps	-77 dBm	+/-2dB
	54Mbps	18 dBm	+/-2dB		54Mbps	-75 dBm	+/-2dB
5GHz 11n / AirMax	MCS0	23 dBm	+/-2dB	5GHz 11n / AirMax	MCS0	-96 dBm	+/-2dB
	MCS1	23 dBm	+/-2dB		MCS1	-95 dBm	+/-2dB
	MCS2	23 dBm	+/-2dB		MCS2	-92 dBm	+/-2dB
	MCS3	23 dBm	+/-2dB		MCS3	-90 dBm	+/-2dB
	MCS4	22 dBm	+/-2dB		MCS4	-86 dBm	+/-2dB
	MCS5	20 dBm	+/-2dB		MCS5	-83 dBm	+/-2dB
	MCS6	18 dBm	+/-2dB		MCS6	-77 dBm	+/-2dB
	MCS7	17 dBm	+/-2dB		MCS7	-74 dBm	+/-2dB
	MCS8	23 dBm	+/-2dB		MCS8	-95 dBm	+/-2dB
	MCS9	23 dBm	+/-2dB		MCS9	-93 dBm	+/-2dB
	MCS10	23 dBm	+/-2dB		MCS10	-90 dBm	+/-2dB
	MCS11	23 dBm	+/-2dB		MCS11	-87 dBm	+/-2dB
	MCS12	22 dBm	+/-2dB		MCS12	-84 dBm	+/-2dB
	MCS13	20 dBm	+/-2dB		MCS13	-79 dBm	+/-2dB
	MCS14	18 dBm	+/-2dB		MCS14	-78 dBm	+/-2dB
MCS15	17 dBm	+/-2dB	MCS15	-75 dBm	+/-2dB		

PHYSICAL / ELECTRICAL / ENVIRONMENTAL	
Enclosure Size	163 x 31 x80
Weight	0.18kg
Enclosure Characteristics	Outdoor UV Stabilized Plastic
Mounting Kit	Pole Mounting Kit included
Max Power Consumption	5.5 Watts
Power Supply	24V, 0.5A surge protection integrated POE adapter included
Power Method	Passive Power over Ethernet (pairs 4,5+; 7,8 return)
Operating Temperature	-30C to +80C
Operating Humidity	5 to 95% Condensing
Shock and Vibration	ETSI300-019-1.4

INTEGRATED 2x2 MIMO ANTENNA			
Frequency Range	4.9-6.0 GHz	Max VSWR	1.4:1
Gain	13 dBi	H-pol Beamwidth	45 deg.
Polarization	Dual Linear	V-pol Beamwidth	45 deg.
Cross-pol Isolation	20dB minimum	Elevation Beamwidth	45 deg.



## ANEXO 5: Especificaciones Equipo Huawei HG530

### Huawei HG530 Login Instructions

#### Find Your Huawei HG530 Router IP Address

We need to know the Internal IP Address of your Huawei HG530 router before we can login to it.

Huawei HG530 IP Addresses
192.168.1.1

If you did not see your router's ip address in the list above. There are 2 additional ways that you can determine your router's IP address:

1. You can either follow our How To Find Your Routers IP Address guide.
2. Or you can use our free software called Router IP Address.

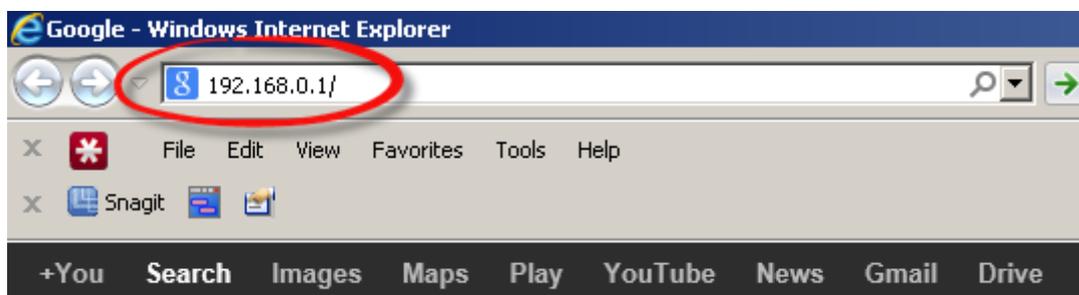
Now that you have your router's **Internal IP Address** we are ready to login to it.

#### Login to the Huawei HG530 Router

The Huawei HG530 has a web interface for configuration. You can use any web browser you like to login to the Huawei HG530. In this example we'll use Internet Explorer.

#### Enter Huawei HG530 Internal IP Address

Put the Internal IP Address of your Huawei HG530 in the Address Bar of your web browser. It looks like this:



Then press the **Enter** key on your keyboard. You should see a dialog box pop up asking you for your Huawei HG530 username and password.

### Huawei HG530 Default Username and Password

You need to know the username and password to login to your Huawei HG530. All of the default usernames and passwords for the Huawei HG530 are listed below.

Huawei HG530 Usernames	Huawei HG530 Passwords
admin	admin

Enter your username and password in the dialog box that pops up. It looks like this:



### Huawei HG530 Home Screen

You should now see the Huawei HG530 Home Screen, which looks like this.

The screenshot shows the Huawei HG530 web interface. At the top, there is the Huawei logo and the slogan "Achieving Together". Below this, a navigation menu on the left includes "HG530", "Status", "Basic", "Advanced", and "Tools". The main content area is titled "System Information" and contains two tables. The first table, "Device Info", lists product details. The second table, "DSL", lists network performance metrics.

System Information	
Device Info	Description
Product Name	HGS30
Physical Address	
Software Release	V100R001B021 SrpsteTel
Firmware Release	3.12.8.20
Batch Number	RTC10P2.021.312820
Release Date	2010/12/28
DSL	
Description	
ADSL State	Show Times
Data Path	Interleaved
Operation Mode	G.dmt.bisplus
Max. Bandwidth Down/Up(kbps)	21168 / 1063
Bandwidth Down/Up(kbps)	13312 / 509
SNR Margin Down/Up(dB)	22.0 / 29.2
Attenuation Down/Up(dB)	12.9 / 6.8
Power Down/Up(dBm)	13.5 / 11.3
CRC Down/Up	0 / 0
FEC Down/Up	145 / 28
HEC Down/Up	0 / 0
System Up Time	21:06:24
DSL Up Time	21:05:22
PVC Select	PVC:0

If you see this screen, then congratulations, you are now logged in to your Huawei HG530. You are now ready to follow one of our other guides.

#### Solutions To Huawei HG530 Login Problems

If you can not get logged in to your router, here a few possible solutions you can try.

#### Huawei HG530 Password Doesn't Work

You should try other Huawei passwords. We have a large list of Huawei Passwords that you can try [located here](#). Perhaps your router's default password is different than what we have listed here

If your Internet Service Provider supplied you with your router then you might want to try giving them a call and see if they either know what your router's username and password are, or maybe they can reset it for you.