



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA:

Ingeniería Electrónica con Mención en Sistemas Computacionales

Tesis previa a la Obtención del Título de:

INGENIERO ELECTRÓNICO

TEMA:

“Diseño de una Red GEAPON para la implementación en la ciudad de Guayaquil, estudio de viabilidad Técnico, Económico y Legal”

AUTORA

Bricelda Linni Calle Arriaga

DIRECTOR

Ing. Danny Barona

Guayaquil, 26 de mayo del 2010

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Las ideas y contenidos expuestos en el presente trabajo académico, son de exclusiva responsabilidad de la autora.

Guayaquil, Mayo 26 del 2010

f.....
Bricelda Linni Calle Arriaga

DEDICATORIA

Este trabajo realizado con mucho esfuerzo y dedicación va dirigida a mis padres, Sr. Raúl Calle Bohórquez y Sra. Elena Arriaga Holguín; porque siempre me están apoyando, guiándome en cualquier situación de la vida. Ellos que con su amor, y comprensión me ayudan a mi progreso personal y familiar, además supieron formar mi personalidad dándome seguridad en un hogar bien establecido, gracias Raúl y Elena por ser mis padres, Dios los bendiga, los tenga con salud y vida eterna, para disfrutar siempre de su compañía, apoyo y sabiduría.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme vida, salud y fortaleza.

A la Universidad Politécnica Salesiana, por permitir desarrollarme como persona y también profesionalmente.

A los docentes, quienes no solo han impartido su conocimiento sino que también han sabido guiarnos por senderos de virtudes.

A mis hermanos Helen, Johan y Briguite porque siempre están dispuestas a ayudarme cuando más lo necesito.

A mi Abuelita Luz y mi **tía** Loira, mujeres luchadoras infatigables por la vida, justicia y verdad. Siempre me ayudan, protegen, cuidan y guían en los sinuosos e intrincados caminos que tiene la vida.

ÍNDICE

Capítulo I

1. Planteamiento del Problema	14
1.1 Antecedentes	14
1.2 Orígenes del problema	15
1.3 Propuesta	16
1.4 Justificación de la propuesta presentada y contexto Internacional.....	17
1.4.1 Delimitación del problema.....	17

Capítulo II

2. Fibra Óptica	19
2.1 Breve Historia de la Fibra Óptica.....	19
2.2. Definición de Fibra Óptica.....	20
2.3. Funcionamiento.....	21
2.4. Componentes de la Fibra Óptica	22
2.5. Clasificación de la Fibra Óptica	23
2.5.1 Fibra Multimodo	23
2.5.2 Fibra Monomodo.....	23
2.6. Propiedades de la Fibra Óptica.....	24
2.6.1 Atenuación.....	24
2.6.1.1 Absorción	24
2.6.1.2 Dispersión	24
2.7. Técnicas de Multiplexación	25
2.7.1 WDM (Wavelength Division Multiplexing)	25
2.7.1.1. Funcionamiento.....	26
2.7.2 Tipos de WDM.....	26
2.7.2.1. DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing – Multicanalización Densa por División de Longitud de Onda).....	26
2.7.2.2. CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing)	28
2.7.3. Componentes característicos de un Sistema WDM	29
2.7.3.1. Acopladores	29
2.7.3.2. Filtros	29
2.8. Tecnología PON y sus estándares.....	29
2.8.1 Estructura de una Red PON	31
2.8.1.1 Canal ascendente.....	31
2.8.1.2 Canal descendente.....	32
2.8.2. Tipos de redes PON.....	32
2.8.2.1 APON (ATM PON: Asynchronous Transfer Mode PON).....	32
2.8.2.2 BPON (Broadband PON – Red Óptica Pasiva de Banda Ancha).....	32
2.8.2.3 EPON (Ethernet Passive Optical Network)	33
2.8.2.4 GPON (Gigabit Passive Optical Network).....	34
2.8.2.5 GEPON (Gigabit Ethernet over Passive Optical Network) ...	35
2.8.2.5.1 Estándares GEPON/EPON.....	37

Capítulo III

3. Tecnología EPON	38
3.1 Tecnologías que posibilitan PON (FIBRA ÓPTICA).....	38
3.2 Topologías PON	39
3.3 Espectro compartido versus tiempo compartido	40
3.3.1 WDMA PON.....	41
3.3.2 TDMA PON	41
3.4 Arquitecturas de redes de acceso basadas en PON TDMA.....	42
3.4.1 PON ATM.....	42
3.4.2 Ethernet PON	43
3.4.3 Por que Ethernet.....	44
3.5 GFP PON.....	45
3.6 Surgimiento de PON Ethernet.....	46
3.6.1 Estandarización EPON.....	47
3.6.2 Ámbito de trabajo.....	48
3.6.3 Subcapa dependiente del medio físico	50
3.6.4 Protocolo Punto a Multipunto	51
3.6.5 Extensiones de las cláusulas existentes.....	52
3.6.5.1 Subcapa de Reconciliación(RS).-.....	52
3.6.5.2 Subcapa de Codificación Física (PCS)	53
3.6.5.3 Subcapa PMA.....	53
3.7 Transmisión de bajada.....	53
3.8 Transmisión de subida.....	54
3.8.1 Comparación entre Acceso al Medio basado en contención y garantizado	55
3.8.2 Arbitración centralizada versus distribuida.....	56
3.9 Protocolo de Control Multi-Punto.....	58
3.9.1 Asignación de Ancho de Banda.....	59
3.9.2 Autodetección.....	61
3.10 Emulación de la topología lógica	63
3.11 Emulación Punto a Punto (P2P)	65
3.12 Emulación de Medio Compartido (SME)	68
3.13 Modo combinado P2P y SME	69
3.14 Solución final	71
3.15 Formato del preámbulo	72
3.16 Chequeo de Redundancia Cíclica (CRC).....	73
3.17 Función del control Láser.....	74
3.18 Función de detección de datos	75
3.19 Diagrama de estados del detector de datos.....	77
3.20 Tamaño del buffer FIFO	78

Capítulo IV

4. Diseño de la red	79
4.1 Generalidades de la red	79
4.2 Diseño de la red GEAPON: Capa física	79
4.2.1 Elección de la topología PON	80

4.2.2 Dimensiones y cobertura del nodo de acceso.....	80
4.2.1 Conexión del nodo hacia la red Metro Ethernet.....	81
4.3 Distribución geográfica de los nodos GEPON para la Ciudad de Guayaquil y el cantón Samborondón.....	82
4.4 Infraestructura física para la instalación del nodo de acceso.	116
4.6 Diseño de la red GEPON: Capa Lógica	117
4.7 Requerimientos que debe cumplir la red portadora	119
4.8 Soporte de servicios de clase diferenciados	119
4.9 Ingeniería de tráfico.....	120
4.10 Componentes de la red	125
4.10.1 Componentes constitutivos del OLT	128
4.10.2. Componentes constitutivos del ONU.....	130

Capítulo V

5. Aspectos legales involucrados	132
5.1 Constitución de la República Del Ecuador	133
5.2 Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada	133
5.2.1 Reglamento a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada (Decreto No. 1790).....	135
5.3 Reglamento para la prestación de Servicios De Valor Agregado	136
5.3.1 Definición de SVA (Servicios de Valor Agregado)	136
5.3.2 Del Título Habilitante y su duración	137
5.3.3 Del área de cobertura del Título Habilitante	137
5.3.4 Requisitos para obtener el permiso para la explotación de servicios de valor agregado.....	138
Personas Jurídicas:	138
5.3.5 El anteproyecto técnico debe contener lo siguiente:	138
5.3.6 De la infraestructura de transmisión.....	139
5.3.7 De las tarifas.....	140
5.3.8 De los derechos y deberes de los usuarios	140
5.4 Reglamento para la homologación de Equipos Terminales De Telecomunicaciones.	141
5.5 Reglamentación Municipal	142
5.5.1 Alcance del Plan de Regeneración Urbana.....	143
5.5.1.1 Aspectos Físicos	143
5.6 Utilización de postería en el Área Urbana De Guayaquil	144
5.6.1 Antecedentes	144
5.6.2 Situación actual	145
5.6.3 Medidas correctivas propuestas por los operadores.....	146
5.6.4 Plan de acción a desarrollar por parte de los operadores	146
5.6.5 Utilización del Sistema de Información Geográfica	147

Capítulo VI

6. Evaluación Económica y Financiera	148
6.1 Costos involucrados	149
6.1.1 Costos legales.....	149
6.1.2 Costos del nodo	150
6.1.3 Costos instalación cliente.....	151
6.1.4 Costos administrativos	152
6.1.5 Costos Infraestructura Tecnológica	153
6.2 Presupuesto para imprevistos	153
6.3 Costo total de la red.....	154
6.4 Determinación de tarifa del servicio	155
6.5 Plan de financiamiento del proyecto	156
6.6 Estudio de viabilidad económico	158
6.6.1 Escenario uno	159
6.6.2 Escenario dos	160
6.8 TIR (Tasa Interna de Rentabilidad)	161
6.9 Comparación de los índices de rentabilidad.....	162

Capítulo VII

7.1 Conclusiones	163
7.2 Recomendaciones y observaciones.....	164

Anexos

A.1 Tecnologías Ethernet	167
A.2 El principio de transmisión	168
A.3 Capa MAC.....	169
A.4 MAC y detección de colisiones.....	169
A.5 Estructura de la trama Ethernet IEEE 802.3.....	170
A.5.1 Preámbulo.....	170
A.5.2 SOF (Start of Frame) Inicio de Trama.....	170
A.5.3 Dirección de destino.....	170
A.5.4 Dirección de origen	170
A.5.5 Tipo.....	171
A.5.6 Datos.....	171
A.5.7 Rellenos.....	171
A.5.8 FCS (Frame Check Sequence - Secuencia de Verificación de Trama).....	171
B. Multicast IP	172
B.1 Limitaciones de los métodos unicast y multicast	172
B.2 Como usar multicast para resolver el problema	172
B.3 Direcciones IP multicast	174
B.4 Administración de tráfico multicast con IGMP	174
B.4.1 Unirse a un Grupo	175
B.5 IGMP (Internet Group Management Protocol).....	175
C. IPTV	177
C.1 ¿Qué es IPTV?.....	178
C.2 Aplicaciones de IPTV	179

C.3 Adquisición de contenido	181
C.4 Requerimientos.....	181
C.5 Formatos de video empleados	182
C.6 Componentes de un sistema IPTV	182
D. Estimación de tráfico por zonas en la ciudad de Guayaquil:	184
E. Cotización equipos	215
E.2 Especificaciones técnicas de los equipos y materiales ópticos utilizados	217
F. Bibliografía	220

Índice de Figuras

Figura 1.1: Precio por Kbps	15
Figura 1.2: Componentes fundamentales de una red GEPON	16
Figura 2.1: Propagación de un haz de luz en la fibra óptica	21
Figura 2.2: Componentes de la fibra óptica	22
Figura 2.3: Fibras Monomodo y multimodo	24
Figura 2.4: Los colores representan las diferentes longitudes transportadas en WDM	26
Figura 2.5: Componentes de un sistema DWDM	27
Figura 2.6: Red PON.....	30
Figura 2.7: Se muestra los componentes principales de un sistema PON.....	31
Figura 2.8: Una Red PON ATM típica	32
Figura 2.9: Una Red BPON típica.....	33
Figura 2.10: Una Red GPON típica	34
Figura 2.11: Una red GEPON típica	36
Figura 3.1: Topología en árbol de una red PON.....	39
Figura 3.2: Topología en bus de una red PON	40
Figura 3.3: Topología en anillo en una red PON.....	40
Figura 3.4: Relación de capas del modelo IEEE 802.3 frente al modelo OSI	48
Figura 3.5: Transmisión de Bajada en EPON	54
Figura 3.6: Transmisión de Subida en EPON	54
Figura 3.7: Procesos y agentes involucrados en la asignación del ancho de banda .	61
Figura 3.8: Emulación virtual de topología punto a punto Transmisión de bajada ...	66
Figura 3.9: Emulación virtual de topología punto a punto (transmisión de subida) ..	67
Figura 3.10: Punteo entre ONU 1 y ONU 2 usando emulación punto a punto	67
Figura 3.11: Emulación del medio compartido(transmisión de bajada).....	68
Figura 3.12: Emulación del medio compartido(transmisión de subida)	69
Figura 3.13: Combinación punto a punto y modo de emulación de medio compartido	72
Figura 3.14: Formato de preámbulo en EPON.....	73
Figura 3.15: Diagrama de tiempo de función de detección de datos	75
Figura 3.16: Ilustración parcial del láser apagado durante la transmisión de la ONU	76
Figura 3.17: Diagrama de estado de detector de datos.....	77
Figura 4.1: Se muestra el área de cobertura GEPON de un nodo tipo	81
Figura 4.2: Ubicación de nodo 1 tipo en Cdla. La floresta	83
Figura 4.3: Nodo 2. Cdla. Los Almendros	83
Figura 4.4: Nodo 3. Cdla. La Saiba.....	84

Figura 4.5: Nodo 4. Cdla Pradera.....	84
Figura 4.6: Nodo 5. Cdla. Sopeña.....	85
Figura 4.7: Nodo 6. Cdla. Pradera I.....	85
Figura 4.8: Nodo 7. Cdla. Nueve de Octubre.....	86
Figura 4.9: Nodo 8. Cdla. Ximena.....	86
Figura 4.10: Nodo 9. Barrio Centenario.....	87
Figura 4.11: Nodo 10. Cdla. Las Américas.....	87
Figura 4.12: Nodo 11. Cdla. Huancavilca.....	88
Figura 4.13: Nodo 12. Cdla. Las Tejas.....	88
Figura 4.14: Nodo 13. Cdla. Las Terrazas.....	89
Figura 4.15: Nodo 14. Cdla. Los Esteros.....	90
Figura 4.16: Nodo 15. Cdla. Los Esteros (2).....	90
Figura 4.17: Nodo 16. Cdla. Ferroviaria.....	91
Figura 4.18: Nodo 17. Cdla. Urb. Girasol.....	91
Figura 4.19: Nodo 18. Cdla. Guangala.....	92
Figura 4.20: Nodo 19. Cdla. La Coviem.....	92
Figura 4.21: Nodo 20. Cdla. Del Maestro.....	93
Figura 4.22: Nodo 21. Sucre.....	93
Figura 4.23: Nodo 22. Cdla. Bolívar.....	94
Figura 4.24: Nodo 23. Olmedo.....	94
Figura 4.25: Nodo 24. Centro.....	95
Figura 4.26: Nodo 25. Rocafuerte.....	95
Figura 4.27: Nodo 26. Roca.....	96
Figura 4.28: Nodo 27. Cdla. Ayacucho.....	96
Figura 4.29: Nodo 28. Bahía.....	97
Figura 4.30: Nodo 29. Las Peñas.....	97
Figura 4.31: Nodo 30. Pedro Carbo.....	98
Figura 4.32: Nodo 31. Urdaneta.....	98
Figura 4.33: Nodo 32. Cdla. Alborada.....	99
Figura 4.34: Nodo 33. Kennedy Este.....	100
Figura 4.35: Nodo 34. Kennedy Oeste.....	100
Figura 4.36: Nodo 35. Ceibos Norte.....	101
Figura 4.37: Nodo 36. Cdla. Los Olivos.....	101
Figura 4.38: Nodo 37. Paraíso.....	102
Figura 4.39: Nodo 38. Urdenor.....	102
Figura 4.40: Nodo 39. Puerto Azul.....	103
Figura 4.41: Nodo 40. Puerto Azul Sur(2).....	103
Figura 4.42: Nodo 41. Miraflores.....	104
Figura 4.43: Nodo 42. Guayacanes.....	105
Figura 4.44: Nodo 43. La Fae.....	105
Figura 4.45: Nodo 44. Sauces I.....	106
Figura 4.46: Nodo 45. Sauces II.....	106
Figura 4.47: Nodo 46. Sauces VII.....	107
Figura 4.48: Nodo 47. Alborada Cuarta Etapa.....	107
Figura 4.49: Nodo 48. Alborada Este.....	108
Figura 4.50: Nodo 49. Alborada Décima Etapa.....	108
Figura 4.51: Nodo 50. Atarazana.....	109

Figura 4.52: Nodo 51. Samanes	109
Figura 4.53: Nodo 52. Samanes(2).....	110
Figura 4.54: Nodo 53. Acuarela	110
Figura 4.55: Nodo 54. Cdla. Del Maestro	111
Figura 4.56: Nodo 55. Cdla. Los Álamos	111
Figura 4.57: Nodo 56. Cdla. Bolivariana	112
Figura 4.58: Nodo 57. Cdla. La Garzota I.....	112
Figura 4.59: Nodo 58. Cdla. La Garzota III	113
Figura 4.60: Nodo 59. Cdla. La Puntilla	114
Figura 4.61: Nodo 60. Entre Ríos	114
Figura 4.62: Diseño Red GEPON	118
Figura 4.63: Tráfico Guayaquil	123
Figura 4.64: Tráfico Manta.....	123
Figura 4.65: Tráfico Portoviejo	124
Figura 4.66: Componentes Red GEPON	126
Figura 4.67: Bloques OLT.....	128
Figura 4.68: Bloques ONU.....	130
Figura 5.1: Muestra un poste a punto de caerse por la cantidad de cables puestos..	145
Figura 5.2: En esta foto se observa claramente el desorden una gran cantidad de cables.....	147
Figura A.1: Diagrama de una red LAN	166
Figura A.2: Modelo OSI de comunicaciones	167
Figura A.3: Trama Ethernet.....	170
Figura B.1: Tráfico por triplicado desde el servidor de video hacia tres clientes. ..	173
Figura B.2: El tráfico enviado por el servidor de video se envía 1 sola vez y se replica en los ruteadores.....	174
Figura C.1: Menú interactivo de un proveedor de IPTV	177
Figura C.2: Televisión bajo demanda.....	179
Figura C.3: Red GEPON componentes de un sistema IPTV	183
Figura D.1: Tráfico de internet red Bolívar	184
Figura D.2: Tráfico de internet red Bolivariana	185
Figura D.3: Tráfico de internet red Ceibos Norte.....	185
Figura D.4: Tráfico de internet red Entreríos	186
Figura D.5: Tráfico de internet red Kennedy Este.....	186
Figura D.6: Tráfico de internet red Kennedy Oeste	187
Figura D.7: Tráfico de internet red La FAE	187
Figura D.8: Tráfico de internet red La Floresta.....	188
Figura D.9: Tráfico de internet red La Garzota	188
Figura D.10: Tráfico de internet red La Saiba.....	189
Figura D.11: Tráfico de internet red Los Olivos	189
Figura D.12: Tráfico de internet red Miraflores	190
Figura D.13: Tráfico de internet red Olmedo	190
Figura D.14: Tráfico de internet red Puerto Azul.....	191
Figura D.15: Tráfico de internet red Roca.....	191
Figura D.16: Tráfico de internet red Sauces.....	192
Figura D.17: Tráfico de internet red Alborada	192
Figura D.18: Tráfico de internet red Centeneraio.....	193

Figura D.19: Tráfico de internet red Nueve de Octubre	193
Figura D.20: Tráfico de internet red Huancavilca	194
Figura D.21: Tráfico de internet red La Pradera.....	194
Figura D.22: Tráfico de internet red Las Américas	195
Figura D.23: Tráfico de internet red Las Terrazas.....	195
Figura D.24: Tráfico de internet red Los Almendros	196
Figura D.25: Tráfico de internet red Los Esteros	196
Figura D.26: Tráfico de internet red Los Esteros 2	197
Figura D.27: Tráfico de internet red Pradera 2.....	197
Figura D.28: Tráfico de internet red Sopeña	198
Figura D.29: Tráfico de internet red Ximena	198
Figura D.30: Tráfico de internet red 25 de julio.....	199
Figura D.31: Tráfico de internet red Acuarela.....	199
Figura D.32: Tráfico de internet red Cdl. Del Maestro	200
Figura D.33: Tráfico de internet red Alborada Oeste	200
Figura D.34: Tráfico de internet red Alborada IV	201
Figura D.35: Tráfico de internet red Alborada X	201
Figura D.36: Tráfico de internet red Atarazana.....	202
Figura D.37: Tráfico de internet red Ayacucho	202
Figura D.38: Tráfico de internet red Centro	203
Figura D.39: Tráfico de internet red Coviem	203
Figura D.40: Tráfico de internet red La Garzota III	204
Figura D.41: Tráfico de internet red Girasoles.....	204
Figura D.42: Tráfico de internet red Guangala.....	205
Figura D.43: Tráfico de internet red Guayacanes.....	205
Figura D.44: Tráfico de internet red La Bahía	206
Figura D.45: Tráfico de internet red Las Peñas.....	206
Figura D.46: Tráfico de internet red Las Tejas.....	207
Figura D.47: Tráfico de internet red Ferroviaria	207
Figura D.48: Tráfico de internet red Los Álamos	208
Figura D.49: Tráfico de internet red Paraíso	208
Figura D.50: Tráfico de internet red Pedro Carbo.....	209
Figura D.51: Tráfico de internet red Puerto Azul.....	209
Figura D.52: Tráfico de internet red La Puntilla	210
Figura D.53: Tráfico de internet red Rocafuerte	210
Figura D.54: Tráfico de internet red Samanes.....	211
Figura D.55: Tráfico de internet red Samanes II	211
Figura D.56: Tráfico de internet red Sauces II	212
Figura D.57: Tráfico de internet red Sauces VII	212
Figura D.58: Tráfico de internet red Sucre.....	213
Figura D.59: Tráfico de internet red Urdaneta	213
Figura D.60: Tráfico de internet red Urdenor.....	214
Figura E.1: Equipo OLT	218
Figura E.2: Equipo ONT	218
Figura E.3: Equipo Splitter	219

Índice de Tablas

Tabla 1.1: Propiedades de CWDM y DWDM.....	28
Tabla 2.2: Características de los diferentes estándares PON.....	35
Tabla 3.1: Tipos de PMD	51
Tabla 4.1: Distribución de los nodos.....	115
Tabla 6.1: Costos Legales involucrados	150
Tabla 6.2: Costo total del nodo por cada ciudadela.....	151
Tabla 6.3: Tabla Costo instalación del cliente.....	152
Tabla 6.4: Costos Administrativos(Oficina).....	152
Tabla 6.5: Costos Muebles de Oficina	153
Tabla 6.6: Costos infraestructura tecnológica	153
Tabla 6.7: Costos para imprevisto durante todo un año	154
Tabla 6.8: Presupuesto total para la implementación de la red GEAPON.....	154
Tabla 6.9: Valor de la Tarifa Triple Play para los usuarios.....	155
Tabla 6.10: Costo de las tarifas para clientes residenciales y Pymes	156
Tabla 6.11: Flujo de caja escenario Uno	159
Tabla 6.12: Flujo de caja escenario Pesimista.....	160
Tabla 6.13: Comparación de escenario optimista versus pesimista	162
Tabla A.1: Tecnología Ethernet	167
Tabla E.1: Cotización de equipos	215

CAPÍTULO 1

1. Planteamiento del Problema

1.1 Antecedentes

Es para todos conocido el impacto que ha tenido la conectividad en el desarrollo de lo que se conoce como la “nueva economía”, la ASETA (Asociación de Empresas de Telecomunicaciones de la Comunidad Andina), define a la Banda Ancha como “motor de crecimiento económico y de generación de riqueza”. Los niveles de penetración de la Banda Ancha en el Ecuador son uno de los más bajos a nivel de Latinoamérica, las causas de esto pueden encontrarse en la infraestructura insuficiente de las redes de comunicación, fuera de las ciudades de Guayaquil, Quito o Cuenca es difícil encontrar redes de comunicaciones públicas o privadas lo suficientemente desarrolladas o estables para soportar las demandas masivas y de alta velocidad de los usuarios, otra de las causas son los altos costos de las conexiones internacionales.

Incluso en la ciudad de Guayaquil, donde se centra nuestro estudio, es difícil encontrar proveedores de conectividad fuera de las zonas de mayor desarrollo económico, es decir hay un área muy extensa desprovista del servicio de Banda Ancha, esto a pesar de los esfuerzos de los proveedores locales para dar cobertura, otro mercado desatendido es las nuevas ciudadelas privadas en las periferias de la ciudad.

Dentro de las zonas de cobertura hemos identificado limitaciones en cuanto a las capacidades de ancho de banda que puede proveer la tecnología implementada, por poner un ejemplo los proveedores de ADSL2 (Trans-Telco, Easynet) tienen límites de 24Mbps (Mega bits por segundo) de tráfico de bajada, ancho de banda que si bien es cierto es suficiente para la mayoría de las aplicaciones más comunes, tiene limitaciones en cuanto las distancias soportadas, esto ha sido superado por las tecnologías más recientes basadas en fibra óptica como GEPON.

Son estas limitaciones en cuanto a los anchos de banda soportados, que ha dado origen a este documento, la propuesta presentada pretende analizar si es viable desde varios puntos de vista implementar una infraestructura de comunicaciones basada íntegramente en fibra óptica, que eleve la experiencia de conectividad que hemos tenido hasta ahora, con accesos en el orden de los cientos de mega bits por segundo, y que la gama de servicios que pueden implementarse sobre esta plataforma están al alcance de un amplio espectro de usuarios y posibilitaran ofrecer nuevos servicios para los cuales se necesita elevados anchos de banda.

1.2 Orígenes del problema

El escenario económico para la región latinoamericana y para el mundo no es nada halagador, el FMI proyecta un crecimiento negativo para el año que transcurre. La inequidad en la distribución de la renta nacional y los bajos niveles educativos de la población son los responsables del atraso económico y como consecuencia un inhibidor del acceso a los servicios de banda ancha.

Otra causa inhibidora es los altos precios por kbps que se observa en los países de la región, siendo Ecuador uno de los países con precios más altos, a continuación un gráfico que muestra los precios del ancho de banda en la subregión.

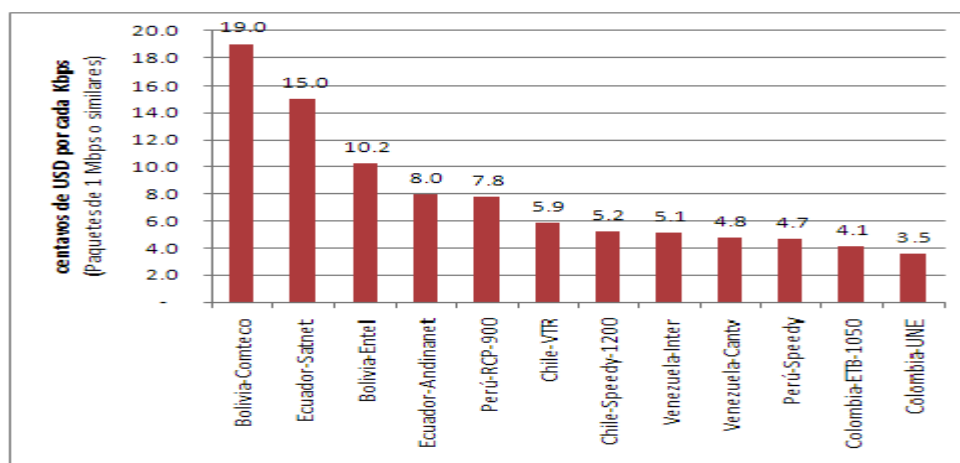


Figura 1.1: Precio por Kbps

Fuente: Centro de Investigación para la Sociedad de información

1.3 Propuesta

La tecnología GEPON es una evolución del estándar PON (Passive Optical Network) que permite alcanzar velocidades de hasta 1Gbps sobre canales de fibra. Esta solución plantea la instalación de la red física de acceso conocida como “última milla” con fibra óptica, permitiendo llevar un par de hilos de fibra a cada suscriptor a un costo razonable. El protocolo de enlace de datos a utilizarse es Ethernet debido a sus reconocidas características de robustez, interoperabilidad, escalabilidad entre otras.

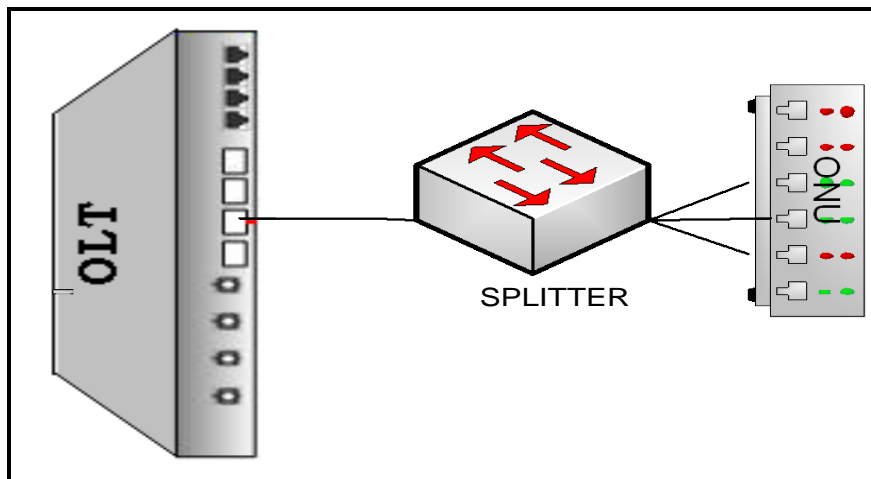


Figura 1.2: Componentes fundamentales de una red GEPON
Fuente: Autora

Como puede apreciarse en la Figura 1.2, los componentes fundamentales de la red son el OLT, el ONU y el splitter.

El OLT es el componente de la red que se conecta al backbone y desde el cual salen múltiples fibras hacia los splitters, estos son los componentes que de manera secuencial y temporizada dan conectividad a los equipos ONU, cada ONU sirve a un cliente en caso de tener un solo puerto Ethernet, o a varios en caso de tener múltiples puertos. El tráfico de los diversos clientes que se conectan a los splitters puede separarse por medio de VLAN's de manera que no interfieran los tráficos entre sí. La distancia máxima que puede obtenerse con esta tecnología es de unos 20Km desde el OLT hasta la ONU, esta distancia es suficiente para nuestra aplicación.

1.4 Justificación de la propuesta presentada y contexto Internacional

En nuestro medio hemos identificado por lo menos tres empresas que brindan servicio de banda ancha, por lo menos dos de las cuales promocionan servicios de Triple Play (TV+Datos+Telefonía) utilizando redes híbridas de fibra óptica y cable coaxial (HFC), nuestra propuesta no pretende necesariamente competir con estas redes sino más bien ser su complemento para posibilitar servicios avanzados como Televisión de Alta Definición (HDTV) por IP, Voz sobre IP (VoIP) e Internet de alta velocidad.

Como se mencionó anteriormente, otra motivación es que hay grandes sectores en la ciudad, especialmente en las nuevas ciudadelas donde los operadores no tienen cobertura.

Los países asiáticos son los que lideran en cuanto al número de usuarios que utilizan la tecnología PON, se estima que en Japón existe una base de 10 millones de usuarios con este servicio, Corea es otro de los países con una amplia base de usuarios GPON. En el año 2006 Japón era el claro dominador en cuanto al número de suscriptores, en ese año Japón tenía el 80% de los suscriptores del mundo, por otro lado el número de usuarios de FTTH en Corea ya ha excedido al número de suscriptores de DSL, y se espera que pase lo mismo en Japón (De acuerdo al Concejo Asiático de FTTH).

1.4.1 Delimitación del problema

Nuestro análisis se centrará en la ciudad de Guayaquil, aunque las ideas aquí presentadas se pueden extender fácilmente a otras urbes del país, esta limitación auto impuesta se debe principalmente a que tenemos cerca a las empresas más representativas del mercado y podemos llevar a cabo nuestra investigación más fácilmente.

La propuesta planteada es lo que se conoce como FTTH (Fiber To The Home) o fibra hasta la casa, y solo incluirá los aspectos de la red de acceso o más conocida como “última milla”, sobre esta red implementaremos GEPON. Una propuesta completa debería incluir un diseño de la red de backbone, la implementación del protocolo de multicasting, los dispositivos necesarios para hacer el streaming de video para IPTV así como los switches para VoIP, esto sin mencionar las licencias por el contenido multimedia. Nuestra estrategia para disminuir los costos será ampararnos en la licencia de portadora de la empresa que proveerá la red de transporte. Otro aspecto importante es que deberemos negociar con una empresa proveedora de contenidos que esté interesada en expandir su cartera de clientes, en nuestro medio Univisa podría estar interesado en transmitir su contenido en nuestra red.

Capítulo II

2. Fibra Óptica

Uno de los principales impulsos de la actual era de la información es la capacidad de transportar grandes anchos de banda a costos bajos, esto ha sido posibilitado en gran parte por la mejora en los procesos de fabricación de los equipos y materiales utilizados. El caso que veremos ahora, es la fibra óptica en parte la responsable de los avances en el aumento de la capacidad de transporte de datos. De igual manera presentaremos los principios teóricos que dan origen al desarrollo de la evolución de PON.

2.1 Breve Historia de la Fibra Óptica

La idea de transmitir información por medio de luz comenzó en la década de 1880, cuando Alexander G. Bell construyó el Fotófono que enviaba mensajes vocales por medio de luz.

En la década de los 60 los estudios de la física óptica dieron como resultado la construcción del láser como una fuente fiable para la transmisión de información de altas capacidades, debido a su frecuencia portadora de 10¹⁴ HZ. En 1966 los científicos especializados en óptica, Kao y Hockham desarrollaron la fibra de vidrio, que empezó a ser un medio atractivo debido a sus características como el peso, el tamaño, y la flexibilidad, ya que es un medio que permite guiar la luz mediante múltiples reflexiones de rayo luminosos, pero en un comienzo presentaban atenuaciones muy altas, debido a las impurezas en el proceso de fabricación.

Las industrias de telecomunicaciones Corning Glass Works en 1970 obtiene atenuación con fibra de 20 dB/km. A partir de ese momento comenzó la carrera para obtener menores atenuaciones.

A continuación algunas fechas clave en los adelantos hechos sobre la fibra óptica:

En 1972 se obtienen pruebas con una atenuación de 8 dB/km.

En 1973 Corning obtiene fibra óptica de SiO₂ con una atenuación de 4 dB/km.

En 1979 se obtiene Fibra con atenuaciones de 0.12 dB/km en fibras monomodos en 1550 nm.

A partir de 1980 se llegó a tener una atenuación mínima, desde entonces el éxito imparable de la fibra óptica comenzó a revolucionar la tecnología de las comunicaciones con su capacidad de lograr altas velocidades y ser inmune a las interferencias electromagnéticas y el ruido, hasta las múltiples formas de envío y recepción de la información.

2.2. Definición de Fibra Óptica

La fibra óptica es una delgada varilla con filamentos de vidrio o plástico extremadamente compacto y de alta pureza, su grosor es comparable con el del cabello humano, es decir aproximadamente de 0.1mm, además tiene un alto índice de refracción que permite transmitir la luz.

La fibra óptica es fabricada con sílice, que es uno de los materiales más abundantes en la corteza terrestre, con unos kilogramos de vidrio pueden fabricarse aproximadamente 43 kilómetros de fibra óptica. En un principio, la fibra óptica tenía costos mucho más altos comparados con el cable de cobre, en la actualidad ya no ocurre lo mismo puesto que los procesos de fabricación se han abaratado y esto hace que resulte más económica que los cables convencionales. Para evitar pérdidas por dispersión de la luz debido a impurezas de la superficie de la fibra, el núcleo de la fibra óptica está recubierto por una capa de vidrio con un índice de refracción mucho menor, las reflexiones se producen en la superficie que separa la fibra de vidrio y el recubrimiento.

2.3. Funcionamiento

Su funcionamiento se basa en transmitir por el núcleo de la fibra un haz de luz, que puede provenir de un fotodiodo o un haz de luz láser, la luz se queda dentro del conducto y se propaga con máxima velocidad en el interior del mismo.

Para entender el motivo por el cual la luz se queda atrapada en el conducto nos basamos en el principio básico de la ley de refracción y reflexión que se conoce como ley de Snell, que cuando un haz de luz pasa de un medio físico a otro la luz viaja por el núcleo de tal forma que no atraviesa el revestimiento, reflejándose y propagándose sin pérdidas significativas en el interior de la fibra reflejándose así muchas veces a lo largo del camino como se muestra en la Figura 2.1.

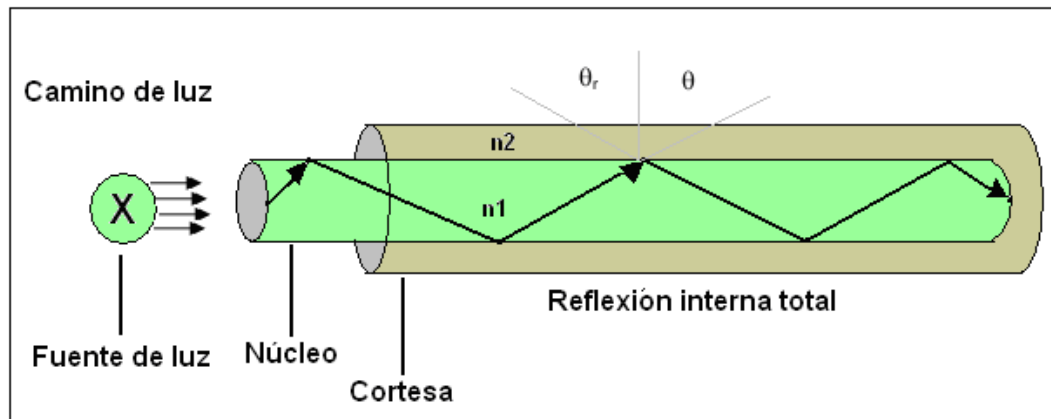


Figura 2.1: Propagación de un haz de luz en la fibra óptica
Fuente: Autora

LEY SNELL

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

2.4. Componentes de la Fibra Óptica

Los elementos constitutivos de la fibra óptica son:

- 1) El núcleo: De plástico o vidrio de óxido de sílice o germanio con un alto índice de refracción, el diámetro para la fibra multimodo es entre 50-100 μm y para la fibra monomodo menor a 10 μm .
- 2) La corteza: Tiene los mismos materiales que el núcleo pero con aditivos que confinan las ondas, con un diámetro de hasta 125 μm .
- 3) El revestimiento: La fibra está protegida con un revestimiento de nylon o plástico y asegura la protección de la fibra, su diámetro exterior es de hasta 250 μm . En la Figura 2.2 se muestra los componentes de una fibra óptica típica.

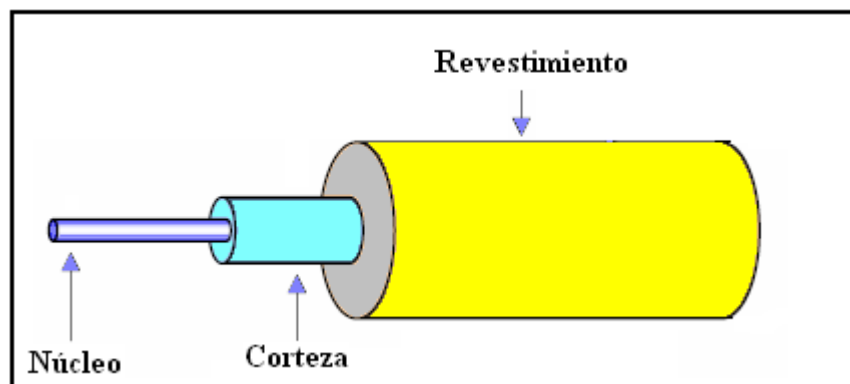


Figura 2. 2: Componentes de la fibra óptica.
Fuente: Autora

2.5. Clasificación de la Fibra Óptica

Hay dos tipos de fibra óptica que se utilizan en el área de las telecomunicaciones según su modo de propagación:

-Multimodo.

-Monomodo.

2.5.1 Fibra Multimodo

En este tipo de fibra se puede transmitir varios rayos de luz, a diferentes ángulos y se separan al viajar dentro de la fibra, por este motivo la distancia que se puede transmitir es limitada; este tipo de fibra es instalada en edificios, bancos, y lugares donde las distancias son menores a 2 km. La fibra multimodo llega al mercado con dos tipos de diámetro del núcleo: 62.5 micrones y el reciente de 50 micrones.

La fibra multimodo puede transportar datos de LAN a distancias de hasta 3000 metros. En los últimos años se han desarrollado una serie de nuevas tecnologías que permiten incrementar esta distancia.

2.5.2 Fibra Monomodo

Esta fibra solo transmiten el rayo que sigue la trayectoria del eje de núcleo por eso se las denomina monomodo, su modo de propagación es único, tiene una gran capacidad de transporte de información, su diámetro de núcleo está entre 5 y 8 micrones, es más difícil de construir y manipular, también es más costosa pero permite distancias de transmisiones mayores. A continuación presentamos la Figura 2.3 la fibra monomodo y multimodo donde n , es el índice de refracción.

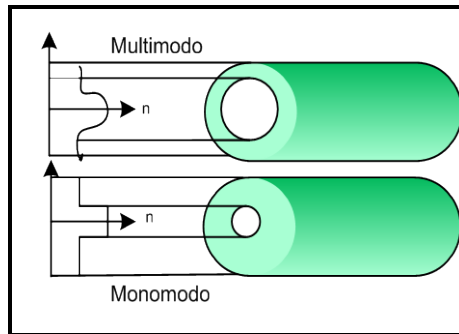


Figura 2.3: Fibras monomodo y multimodo
Fuente: Autora

2.6. Propiedades de la Fibra Óptica.

2.6.1 Atenuación

La atenuación de la señal óptica implica que hay una disminución de la potencia transmitida y está dada por las propiedades físicas del material, que impone una serie de condiciones a cualquier interferencia electromagnética.

Las causas principales de las pérdidas que producen atenuación son:

2.6.1.1 Absorción

Las razones se deben al material del que está hecha la fibra, y a las impurezas que pueda contener tales como: iones metálicos y níquel que absorben la luz y la convierten en calor. Esto depende del proceso de fabricación de la fibra y el cuidado tenido en este proceso.

2.6.1.2 Dispersión

La dispersión viene dada por las irregularidades submicroscópicas ocasionadas durante el proceso de fabricación, cuando un rayo de luz esta propagándose y choca con las impurezas se dispersa y se refleja. Citamos algunos de los fenómenos como: espacios huecos y variaciones en la estructura.

Cabe indicar que las pérdidas sean del tipo que sean vienen dadas en decibelios, se expresa en dB/Km y esto significa la pérdida de potencia del haz de luz en un kilómetro.

Donde:

Pe: potencia de la luz a la entrada de la fibra.

Ps: potencia de la luz a la salida de la fibra.

$$A = 10 \log P_e / P_s$$

2.7. Técnicas de Multiplexación

La gran demanda de capacidad para transportar ancho de banda, nos exige que encontremos formas de aprovechar de manera eficiente las capacidades de la fibra, y debido a que construir redes de fibra tiene un costo elevado, es importante implementar técnicas para aumentar la capacidad de transmisión de la fibra óptica. Entre las técnicas más utilizadas tenemos:

2.7.1. WDM (Wavelength Division Multiplexing)

Esta técnica empezó a utilizarse a principios de los 90, y desde allí ha venido evolucionando, y es conocida como multiplexado por división de longitud de onda. Esta técnica permite incrementar la capacidad de transporte de redes ópticas de una forma económica y eficiente por medio de multiplexores y demultiplexores, los sistemas WDM combinan muchas señales ópticas en una misma fibra, cada señal de longitud de onda diferente, de tal manera que pueden transmitirse simultáneamente. WDM es una tecnología que multiplexa datos de diferentes fuentes y diferentes tasas de bits y diferentes protocolos (tales como Fiber Channel, Ethernet y ATM) en una única fibra óptica.

Utilizando tecnología WDM, pueden multiplexarse desde cuatro (4) a más de ochenta (80) longitudes de onda diferentes en un único haz de luz transmitido en una

única fibra óptica. En la Figura 4 se muestra las diferentes longitudes de onda con diferentes colores, en el extremo derecho se demultiplexa la señal para entregarla a su respectivo destino.

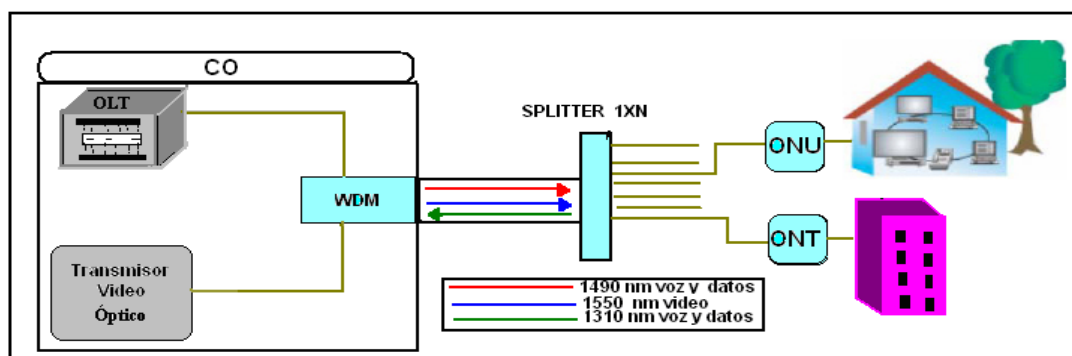


Figura 2.4: Los colores representan las diferentes longitudes de onda transportadas en WDM.

Fuente: Autora

2.7.1.1. Funcionamiento

En cada uno de los canales la señal de transmisión tiene una longitud de onda diferente y cada una es capaz de transportar grandes cantidades de información mezcladas todas ellas por un multiplexor, entran a una única fibra, desplazándose paralelamente hasta el demultiplexador que separa las frecuencias de forma simétrica al proceso de entrada y se encaminan al destino final utilizando para su recorrido una sola fibra. El objetivo de este sistema es encaminar tantos canales como seamos capaces.

2.7.2 Tipos de WDM

Los sistemas WDM se clasifican en dos: DWDM y CDWM

2.7.2.1. DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing –Multicanalización Densa por División de Longitud de Onda).

Es una evolución de WDM, fue desarrollada a finales de los 90. Es el multiplexado que se emplea cuando se trata de conseguir sistemas de muy altas prestaciones. Se refiere al espaciado determinado por la especificación ITU-T G.692, y por el que cada canal se encuentra separado del siguiente por una distancia, en frecuencia, que

puede ser de 100 GHz o 50 GHz. Los sistemas actuales cuentan con canalizaciones de 2,4,6,8,16,32 ó 64 canales, una cantidad de canales como esta implica dispositivos muy precisos, y estabilidad dentro de un rango de temperaturas operativas, con el fin de evitar la deriva del láser y con esto la interferencia con algún canal adyacente y por consecuencia alto costo.

El número de canales que DWDM puede alojar es sorprendente, pero lo más importante es la frecuencia que cada uno puede alcanzar y los múltiples servicios que puede ofrecer. Es utilizada en redes metropolitanas.

Estos sistemas se basan en la capacidad para transportar diferentes longitudes de onda, pueden transmitir señales de diferentes velocidades y formatos: SDH/SONET, IP, ATM, etc. es decir, cada uno de estos protocolos puede ser transportado por una longitud de onda diferente, DWDM combina una multitud de canales ópticos sobre una misma fibra, de tal modo que pueden ser amplificados y transmitidos simultáneamente sin interferencia. En la Figura 5 se muestra otro sistema DWDM más completo, en la parte izquierda se muestra la multiplexación y en la parte derecha la demultiplexación.

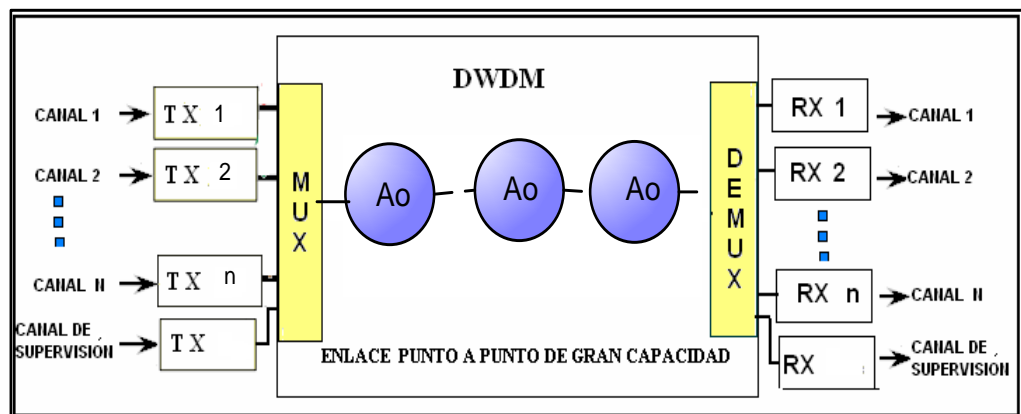


Figura 2.5: Componentes de un sistema DWDM.
Fuente: Autora

2.7.2.2. CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing)

Conocida como multiplexado por división aproximado de longitud de onda, es un tipo de WDM en que las frecuencias portadoras de las señales se encuentran distanciadas mucho más que lo determinado por la norma ITU.-T G.694.2. En que la separación entre canales adyacentes es diez veces mayor a DWDM esto es 1.000 GHz con un espaciado de hasta 20nm. La ventaja que tiene CWDM con respecto a un DWDM son los dispositivos que pueden emplearse son menos costosos. Los láser requieren una mínima estabilización térmica y los elementos de separación de frecuencia son menos sofisticados y por eso son más económicos.

Debido a la gran separación entre canales pueden llevar señales con mayor velocidad de transmisión de datos, estos sistemas suelen emplearse en distancias cortas donde no es necesario el uso de amplificadores ópticos. CWDM está desarrollada especialmente para zonas metropolitanas, ofreciendo anchos de banda relativamente altos a un costo bajo, por lo cual es la más competitiva a corta distancia.

PARÁMETROS	CWDM acceso/MAN	DWDM MAN/WAN	DWDM largo alcance
Canales por fibra	4-16	32-80	80-160
Espaciado entre canales	20 nm (2500 GHz)	0,8 nm (100 GHz)	0,4 nm (50 GHz)
Capacidad por canal	2,5 Gbit/s	10 Gbit/s	10-40 Gbit/s
Capacidad de la fibra	20-40 Gbit/s	100-1000 Gbit/s	>1 Tbit/s
Distancia	hasta 80 km	cientos de km	miles de km
Coste	bajo	medio	Alto

Tabla 1.1: Propiedades de CWDM y DWDM

Fuente: La autora

2.7.3. Componentes característicos de un Sistema WDM

Entre los elementos característicos de un sistema WDM, tenemos:

- Acopladores
- Dispositivos de inserción y extracción los add/drop demultiplexadores (ADM).

2.7.3.1. Acopladores

La función de un acoplador direccional es la de unir o separar las señales que llegan o se encaminan a diferentes canales. El acoplador más sencillo es el de 2x2 y está compuesto por dos fibras de entrada que unen sus señales en el interior del mismo y otras dos de salida.

2.7.3.2. Filtros

Dado que en WDM está basado en el empleo selectivo de longitudes de onda, es preciso disponer de elementos que sean capaces de seleccionar una única frecuencia óptica cuando hay presentes varias. También encontramos a los atenuadores, dispositivos que rebajan la intensidad de la radiación que llega a una cierta frecuencia óptica para que su nivel no sobrepase el permitido por los dispositivos sobre el que incide.

2.8. Tecnología PON y sus estándares

Una red PON elimina todos los elementos activos que existen entre el servidor y el cliente introduciendo dispositivos pasivos, es decir que no necesitan energía como los splitters, estos dispositivos son muy importantes debido a que son los responsables de dividir las señales ópticas, la utilización de estos dispositivos reduce los costos y posibilita la implementación de redes de alta velocidad a costos accesibles; esta tecnología es utilizada en redes FTTH. En la Figura 1.6 se muestra un sistema PON completo, nótese el OLT el splitter y el ONU, dependiendo de la ubicación del equipo final se usa las terminologías FTTC (Fiber to the Curb), FTTN (Fiber to the Neighborhood), FTTH (Fiber to the Home).

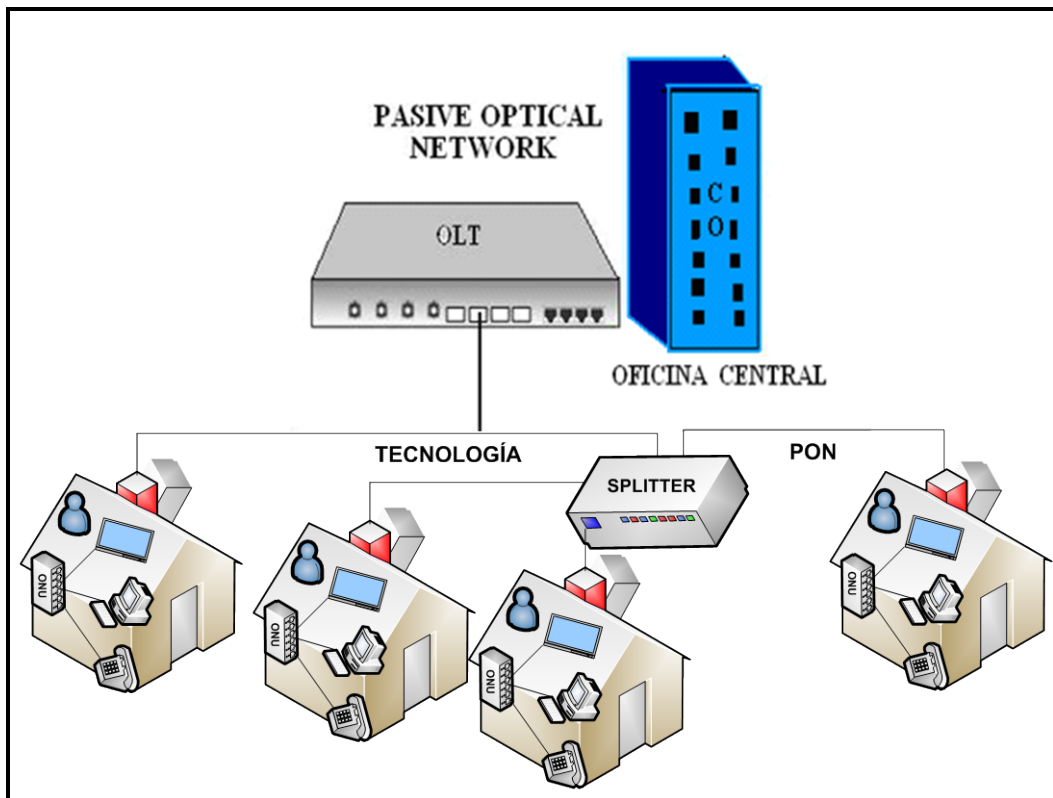


Figura 2.6: Red PON
Fuente: Autora

La tecnología PON permite compartir una sola fibra entre un grupo de casas y conectar hasta 64 usuarios por medio del splitters, además de superar las limitaciones de cobertura de las operadoras actuales como XDSL logrando alcances de hasta 20 Km, con velocidades de hasta 2.5 Gbs.

A finales de los noventa PON comenzó a ser considerada como una importante alternativa para ofrecer acceso de fibra a los usuarios residenciales, su conexión punto a multipunto resultaría económica en la instalación de la fibra, esto posibilita acercar las ventajas de la banda ancha al hogar con aplicaciones como: video bajo demanda, TV digital de alta definición, videoconferencia, servicio telefónico y transmisión de datos. A medida que la fibra se abarato los organismos regulatorios de cada país se interesaban más por las conexiones de redes de fibra esto empujó a los operadores y fabricantes a impulsar la tecnología PON.

En año de 1995 se formo el FSAN (Full Service Access Network) con el fin de promover estándares, la definición de un conjunto de requerimientos para mejora la interoperabilidad y reducir el costo de los equipos.

2.8.1 Estructura de una Red PON

Una red PON típica está formada por:

OLT (Optical Line Terminal – Línea Terminal Óptica), normalmente ubicado en las oficinas del proveedor, o en algún armario administrado por el operador).

ONU (Optical Network Unit – Unidad Óptica de Usuario).- Se encuentra en el domicilio del usuario, este dispositivo entrega una interfaz al usuario para la conexión hacia un dispositivo del usuario.

Splitter (Divisor óptico).- El splitter es el encargado de separar las señales ópticas y entregar cada longitud de onda a cada usuario.

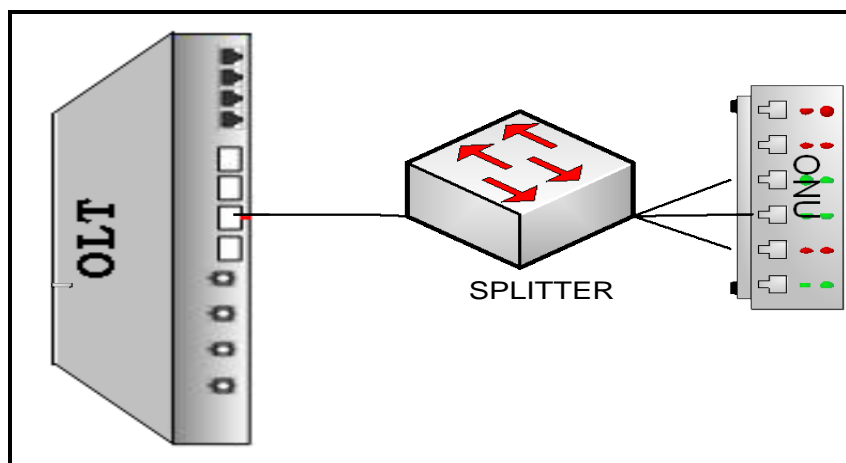


Figura 2.7: Se muestra los componentes principales de un sistema PON
Fuente: Autora

La transmisión se realiza entre el OLT y el ONU, por medio del splitter, cuya función depende de si el flujo de datos es ascendente o descendente.

2.8.1.1 Canal ascendente.- Trabaja como una red punto a punto donde las diferentes ONU's transmiten contenidos al OLT, por este motivo es indispensable el uso de TDMA, para que cada ONU envíe información en diferentes tiempos controlados por el OLT.

2.8.1.2 Canal descendente.- Trabaja como una red punto a multipunto donde el OLT envía información que recibe el divisor y que se encarga de repartir a todas las ONU's, cuya función principal es filtrar y procesar solo los contenidos que vayan dirigidos para él. En este proceso se utiliza la técnica TDM.

2.8.2. Tipos de redes PON

En el mercado actual encontramos diferentes tipos de PON:

2.8.2.1 APON (ATM PON: Asynchronous Transfer Mode PON)

Fue la primera especificación creada por el FSAN en el año de 1998, tuvo un notable éxito comercial, pero carecía de capacidad para ofrecer video, se usaba principalmente para transmisión de datos de empresas y su transmisión principal es en el canal descendente, en ráfagas de celdas ATM, esta tecnología presentaba baja eficiencia para transportar datos. Sus velocidades iniciales eran de 155 Mbps, una representación de la red ATM PON se muestra en la Figura a continuación.

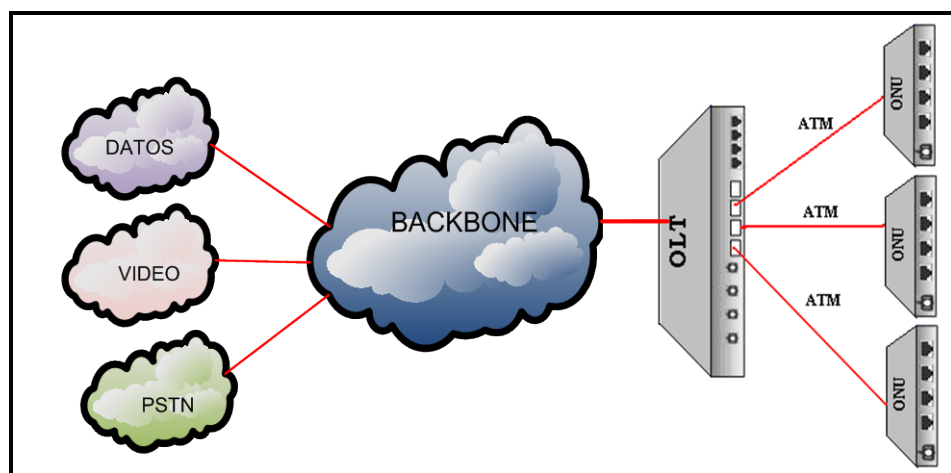


Figura 2.8: Una red ATM PON típica
Fuente: Autora

2.8.2.2 BPON (Broadband PON – Red Óptica Pasiva de Banda Ancha).

En el 2001 el FSAN presenta BPON una tecnología mejorada de APON, pero con la diferencia que pueden dar soportes a otros estándares de banda ancha, con nuevas mejoras como la multiplexación de la longitud de onda (WDM) incrementado de esta

manera el ancho de banda, esta tecnología fue difundida con gran éxito en Japón y EEUU.

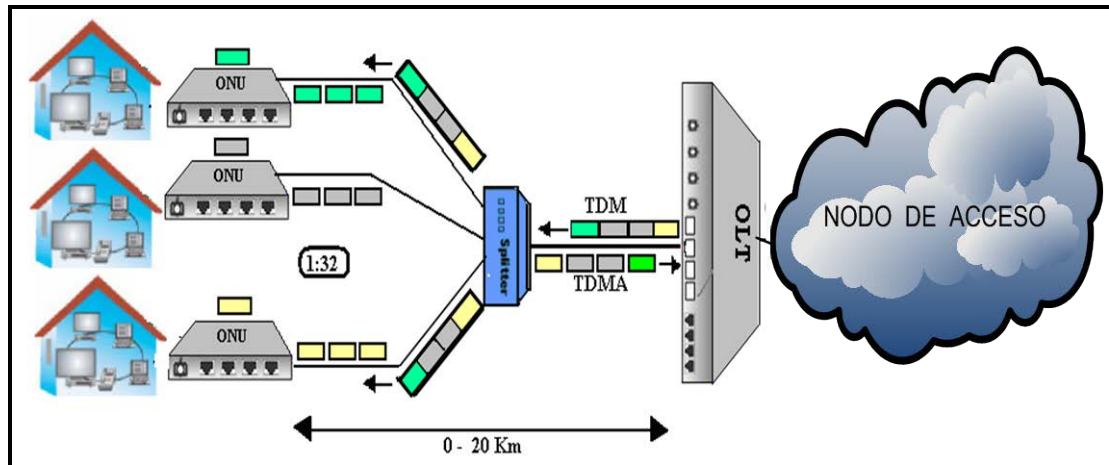


Figura 2.9. Una red BPON típica

Fuente: Autora

2.8.2.3 EPON (Ethernet Passive Optical Network)

El IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) formó un grupo de estudio llamado EFM (Ethernet de última milla), el objetivo de este grupo era explotar la tecnología de Ethernet en el área residencial y de negocios llevándola hasta el hogar. En el 2004 EPON fue definido por el grupo EFM, la principal característica es que soporta tráfico nativo de protocolo Ethernet, en lugar del clásico tráfico de ATM, se optimiza el tráfico IP, se mejora la velocidad de transmisión, esta tecnología tuvo un notable éxito en Japón y en Taiwán y Corea del Sur.

Las ventajas que presentan frente a los anteriores estándares son:

Trabaja a velocidades de Gigabit (Esta velocidad se divide para el número de usuarios).

-La interconexión de EPON es más simple.

-Disminuye los costos, debido a que no utilizan equipos ATM.

2.8.2.4 GPON (Gigabit Passive Optical Network)

Publicado por la ITU-T, es una evolución de BPON permite una optimización del tráfico IP y ATM, incluye varias velocidades de línea de hasta 2.488 Gbps. La principal motivación era ofrecer mayor ancho de banda.

Es un estándar muy potente pero a la vez muy complejo de implementar, además ofrece:

- Soporte multiservicio: voz, Ethernet 10/100, ATM.
- Cobertura hasta 20 Km.
- Seguridad a nivel de protocolo.
- Soporte de tasas de transferencia:
- Simétrico: 622 Mbps y 1.25 Gbps.
- Asimétrico: 2.5 Gbps (down) / 1.25 Gbps (up).

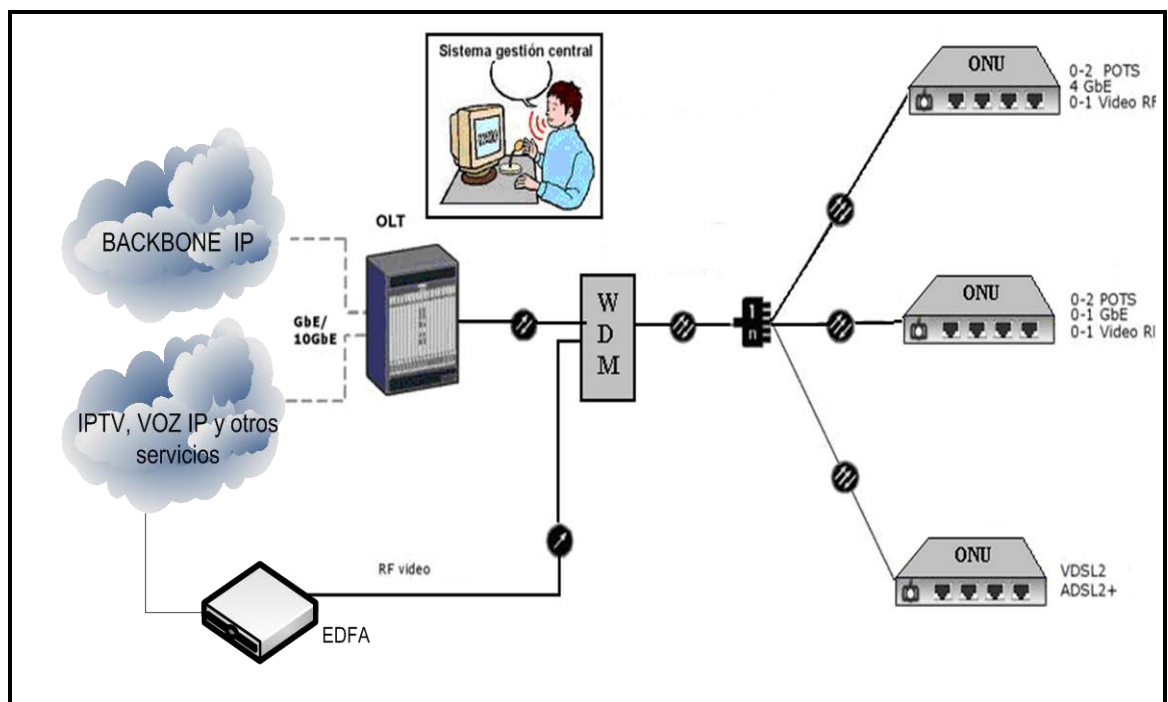


Figura 2.10: Una red GPON típica
Fuente: Autora

Las principales características de los estándares las podemos ver en la tabla 2.2

CARACTERÍSTICAS	APON/BPON	GPON	EPON
Velocidad de subida	622, 155 Mbps (108-454 Mbps)	155-622-2488-1244 Mbps	1250 Mbps
Velocidad de bajada	622, 155 Mbps (108-454 Mbps)	24488-1244 Mbps	1250 Mbps
Alcance máximo	20 km	60 km(Con 20 km de distancia máxima entre ONTs)	20 km
Estándares	ITU-G.983.X	ITU-G.984.X	IEEE 802.3ah
Eficiencia	83% downstream 73% upstream	93% downstream 93% upstream	98% downstream 97% upstream
Usuarios máximo por ONU	32 usuarios	64 usuarios	32 usuarios

Tabla 2.2: Características de los diferentes estándares PON

Fuente: Aurora

2.8.2.5 GEAPON (Gigabit Ethernet over Passive Optical Network)

Es una evolución de EPON fue ratificado por la IEEE en el 2004. También es llamado EFM, integra la tecnología Gigabit Ethernet para dar acceso de hasta 1 Gbps por segundo, una capacidad de esta magnitud permite servicios como Triple Play como voz, video y datos. Su estandarización fue realizada por la IEEE, tomando como base la familia de protocolos IEEE 802.3ah, es una tecnología basada en el protocolo Ethernet. Es la primera tecnología gigabit PON en lograr un volumen alto de implementación.

Es el producto indicado para acercar las redes de fibra hasta los usuarios residenciales o redes MAN, al disponer de pequeñas y estéticas terminales de unidades de red para instalar en hogares. Debido su simplicidad y bajos costos esta tecnología es fácil de implementarse y tiene costos razonables. El ancho de banda alcanzable es elevado y garantiza una buena relación de costo beneficio para ofrecer servicios “Triple Play”, como se mencionó anteriormente. Además ofrece servicios

de video IPTV (INTERNET PROTOCOL TELEVISIÓN) o video bajo de manda siendo para accesos residenciales ó pequeñas empresas.

GEPON corre a 1.25 Gbps. en la fibra de manera simétrica. La cual puede ser repartida entre 64 usuarios entonces a cada cliente se le puede entregar 19.5 Mbps.

GEPON compite de manera ventajosa frente a las otras tecnologías que utilizan cobre como medio físico tales como XDSL, GEPON supera ampliamente a XDSL en capacidad de distancia.

Expertos de red están de acuerdo que GE se convertirá en la tecnología de redes LAN de alta velocidad, proporcionando conexiones de alta velocidad con una excelente relación de capacidad/costos.

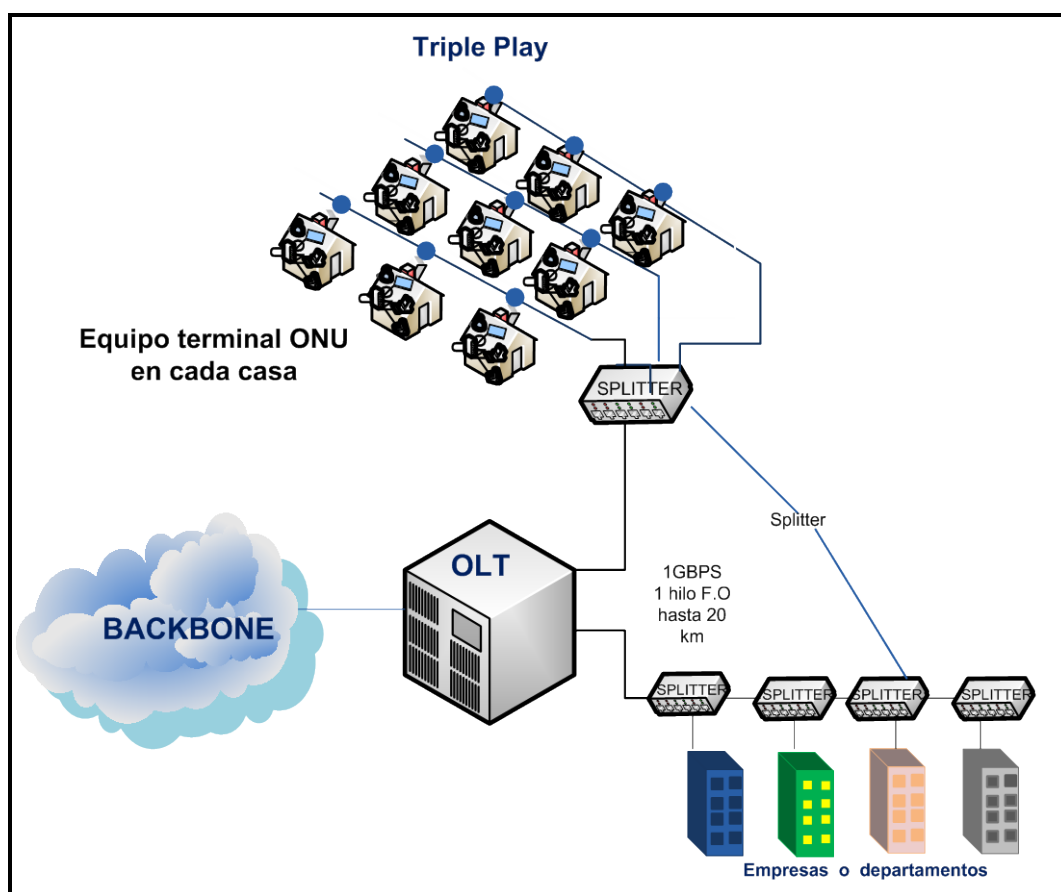


Figura 2.11: Una red GEPON típica

Fuente: Autora

El diseño de una red **GEAPON** se basa en un equipo distribuidor (OLT) el cual se conecta a la red principal; de éste equipo salen múltiples trayectorias, cada una de solamente 1 hilo de fibra óptica con capacidad de transportar 1 Gbps de información. Este ancho de banda se reparte entre las conexiones terminales de la trayectoria, que son rematadas en un equipo CPE (ONU), el cual se ubica en la instalación del suscriptor o nodo de red. Existen varios modelos de ONU, para proporcionar desde un puerto de Ethernet para la conexión del suscriptor, hasta 24 puertos de Ethernet en el caso de un edificio departamental; también existen modelos para instalarse en intemperie, así como ONUs que incluyen puertos para conectar directamente una TV en el caso de aplicaciones triple play.

2.8.2.5.1 Estándares GEAPON/EPON

Capa física:

- Alcance de hasta 20 Km.
- Número máximo de usuarios por cada fibra: 32

Capa MAC:

- MPCP: Protocolo de control multipunto.
- DBA: Asignación dinámica del ancho de banda.

Topología Punto a multipunto:

- Compatible con el estándar IEEE 802.3ah
- Compatible con dispositivos IP/ETHERNET.

Capítulo III

Tecnología EPON

En este capítulo presentaremos un vistazo de los mayores bloques que constituyen EPON, tales como: multiplexación por división de longitud de onda, fibra óptica monomodo, splitters y combinadores ópticos, transceivers ópticos en modo ráfaga. Aunque todas estas tecnologías se conocen desde algún tiempo, permanecen como curiosidades tecnológicas, principalmente dentro de ámbitos académicos y en una que otra prueba de laboratorio. Estas tecnologías han madurado considerablemente en la última década, y a finales de los noventa fuimos testigos de una proliferación explosiva de redes ópticas. Así, las redes de acceso permanecían fuera del ámbito de las redes ópticas. Las redes de acceso agregan tráfico de un relativamente pequeño número de suscriptores, comparado con las redes metro o regionales. El alto costo de los componentes ópticos hacía económicamente injustificables implementar tecnologías ópticas en las redes de acceso. Solo durante los últimos años ha decrecido la combinación de tecnologías maduras, menor costo de componentes, y las experiencias positivas obtenidas con redes ópticas de backbone lo que ha hecho que construir redes ópticas de acceso sea una empresa realista. En 1999 economistas de Verizon proclamaron que implementar fibra en la última milla se había hecho más barato que implantar cobre.

3.1 Tecnologías que posibilitan PON (FIBRA ÓPTICA)

Splitters y Combiners.- PON emplea un dispositivo pasivo (que no requiere energía) para dividir la señal óptica de una fibra en varias fibras y recíprocamente, combina las señales ópticas de múltiples fibras en una. Este dispositivo es un acoplador óptico. En su forma más sencilla un acoplador óptico consiste de dos fibras fusionadas juntas. La potencia de la señal recibida en cualquier puerto de entrada es dividida entre los otros dos puertos de salida. La razón de la división de la potencia de un splitter puede ser controlada por la longitud de la región fusionada y por lo tanto es un parámetro constante.

3.2 Topologías PON

Lógicamente, la última milla es una red punto a multipunto (P2MP), con una oficina central (nodo) dando servicios a múltiples suscriptores. Todas las transmisiones en un PON se dan entre un OLT (Optical Line Terminal) y las ONUs (Optical network Unit). El OLT reside en el nodo y conecta la red óptica de acceso a la red de área metropolitana, también conocida como el Backbone. La ONU se localiza ya sea en las instalaciones del usuario (dando lugar a FTTH) o en la calle, resultando en FFTB.

Hay algunas tecnologías multipunto para una red de acceso incluyendo árbol, anillo, y bus (Figura 3.1). Utilizando diferentes tipos de acopladores, PON puede ser implementada en cualquiera de estas tecnologías.

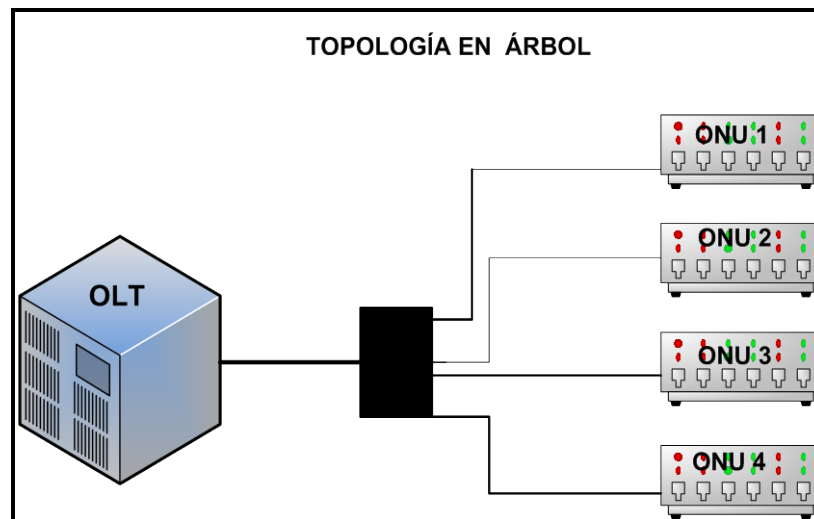


Figura 3.1: Topología en árbol en una red PON
Fuente: Autora

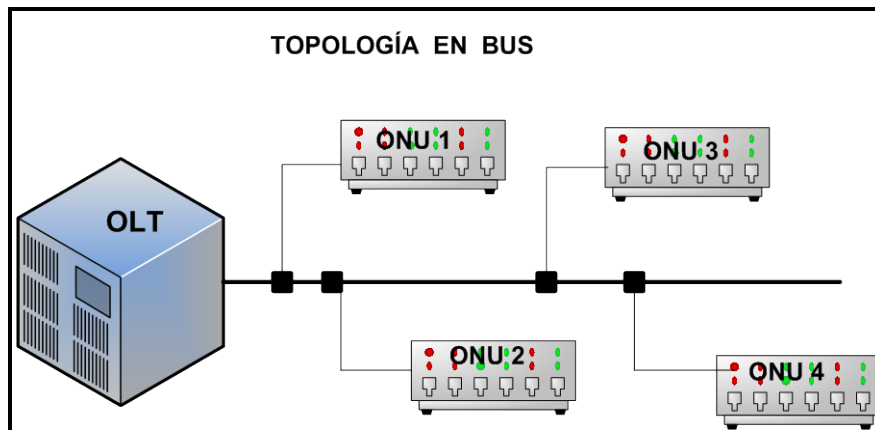


Figura 3.2: Topología en bus en una red PON
Fuente: Autora

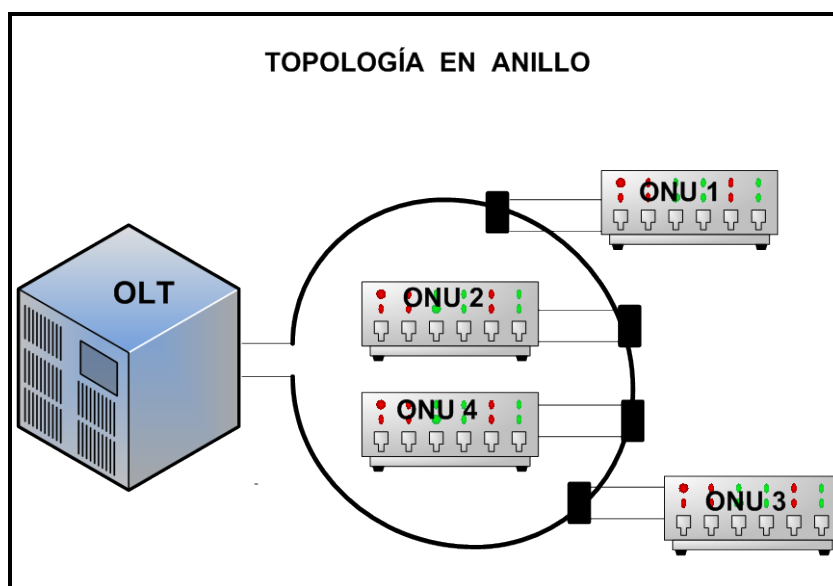


Figura 3.3: Topología en anillo en una red PON
Fuente: Autora

3.3 Espectro compartido versus tiempo compartido

En la dirección de bajada (desde el OLT al ONU), PON es una red punto a multipunto. El OLT típicamente tiene el ancho de banda completo disponible para él todo el tiempo en la dirección de subida, PON es una red multipunto a punto: múltiples ONUs transmiten todos hacia un OLT. Las propiedades direccionales de un splitters/combiners pasivo son tales que una transmisión de la ONU no puede ser detectada por otra ONU. Sin embargo el flujo de datos desde diferentes ONUs pueden colisionar. Así, en la dirección de subida, PON debe utilizar un mecanismo de

separación de canal para evitar colisión de datos y compartir de manera justa la capacidad del canal de fibra.

3.3.1 WDMA PON

Una posible forma de separar los flujos de subida de las ONUs es utilizar WDMA, en la cual cada ONU opera sobre una longitud de onda diferente. Aunque, desde un punto de vista teórico, es una solución simple permanece como una red de acceso demasiado costosa. Una solución WDMA requeriría ya sea un receptor sintonizable o un arreglo de receptores en el OLT para recibir múltiples canales. Un problema aun más serio para los operadores de red sería tener un conjunto de ONUs específica para cada longitud de onda: en vez de tener solo un tipo de ONU, sería necesario múltiples ONUs diferenciándose cada uno de la longitud de onda de su láser. Cada ONU deberá usar un láser de espectro estrecho y controlado y así se volvería más costoso. Sería también más problemático para un usuario no calificado reemplazar un ONU defectuoso porque una unidad con la longitud de onda equivocada puede interferir con alguna otra ONU en la red. Utilizar láser sintonizables en la ONU resolvería este problema pero sería demasiado costoso al momento. Por estas razones una red PON WDMA no es atractiva.

3.3.2 TDMA PON

En una red TDMA, las transmisiones simultáneas desde diversas ONU's colisionarán cuando lleguen al combinador para evitar estas colisiones, cada ONU debe transmitir solamente en su turno (Time Slot). Una de las mayores ventajas de TDMA PON es que todas las ONU's pueden operar con la misma longitud de onda y ser componentes idénticos. El OLT también necesita solamente un único receptor. Un transceiver en una ONU deberá operar a la máxima velocidad de la línea, aunque el ancho de banda disponible para la ONU sea menor. Sin embargo esta propiedad también permite que TDMA PON cambie de manera eficiente el ancho de banda asignado a cada ONU por medio de un cambio en el tamaño del time slot, incluso se puede emplear multiplexación estadística para utilizar el canal PON a su máxima capacidad.

En una red de acceso de suscriptores, la mayor parte del tráfico fluye de bajada (de la red al usuario) y en dirección de subida (del usuario a la red), pero no peer to peer (de usuario a usuario). Así parece razonable separar los canales de bajada y de subida. Una separación simple de canal puede basarse en multiplexación por división de espacio (SDM), en la cual se provee PONS separados para las transmisiones de bajada y subida. Para ahorrar fibra óptica y reducir el costo de reparación y mantenimiento, se puede usar transmisión bidireccional en una única fibra. En este caso se usan dos longitudes de onda: λ_1 para flujo de subida y λ_2 para bajada.

Tiempo compartido parece ser el método preferido para compartir el canal en una red de acceso, permite una única longitud de onda de subida y un único transceiver en el OLT, resultando en una solución efectiva económicamente.

3.4 Arquitecturas de redes de acceso basadas en PON TDMA

PON TDMA ha sido considerado para la red de acceso de suscriptores desde algún tiempo, aun antes de la explosión en la demanda de internet. Uno de los primeros documentos escribiendo PON lo publicaron investigadores de British telecom en 1988 este capítulo explica la historia y varios sabores de PON. Algunas arquitecturas alternativas para redes de acceso basadas en TDMA PON han sido estandarizadas por algunos cuerpos de estandarización, uno de los principales factores diferenciadores ha sido el protocolo subyacente. Actualmente, existen especificaciones estandarizadas para PON basado en ATM, PON utilizando procedimiento entramado genérico (GFP), y ethernet PON.

3.4.1 PON ATM

En 1995 algunos operadores de red formaron la iniciativa llamada full service access network (FSAN) con la meta de crear una especificación unificada para redes de acceso de banda ancha. Los actuales miembros de FSAN son los mayores operadores de red: Bell Canadá (Canadá), Bellsouth(USA), Bezeq(Israel), British Telecommunication (UK), Chunghwa(Taiwán), Deutsche telekom (Alemania), France

telecom (Francia), Corea Telecom(Corea) NNT (Japón), sing/tel(Singapour), telecom Italia (Italia), Telstra (Australia), y Verizon(USA). Además cerca de treinta vendedores de equipo son miembros de FSAN.

Los miembros de FSAN desarrollaron una especificación para una red de acceso óptica basada en PON que usa ATM como su protocolo de capa 2. Tales sistemas fueron llamados APON, una abreviación para ATM PON. El nombre APON se reemplazo luego con BPON (Broadband PON). El cambio de nombre reflejaba el hecho de que el sistema soportaba servicio de banda ancha tales como acceso Ethernet, distribución de video y líneas virtuales privadas.

FSAN no es un cuerpo de estandarización. En 1997 el grupo FSAN envió las especificaciones BPON a la ITU-T para una ratificación formal.

3.4.2 Ethernet PON

En enero 2001, la IEEE formo un grupo de estudios llamados Ethernet en la primera milla (EFM). Este grupo se encargo de extender la tecnología ethernet ya existente al área de la red de acceso, enfocándose en el cliente residencial y corporativo. Manteniendo la tradición de ethernet el grupo se puso como meta proveer un incremento significativo en la perfomance de ethernet al mismo tiempo que minimizaba equipos, operaciones, y mantenimiento.

Ethernet PON (EPON) es una red óptica pasiva que lleva data encapsulada en tramas ethernet tal como las que se describe en el estándar IEEE 802.3. Usa un estándar 8b/10b para la codificación (8 bits de datos codificados como 10 bits de línea) y opera a velocidades estándar ethernet de 1 Gbit por segundo. Donde sea posible, EPON utiliza la especificación existente 802.3 incluido el control de acceso al medio (MAC).

3.4.3 Por que Ethernet

En 1995, cuando la iniciativa FSAN inicio, había muchas esperanzas de que ATM se convierta en la tecnología preferida para las redes LAN.MAN Y WAN. Sin embargo, desde esa fecha, la tecnología ethernet ha sobrepasado a ATM. Ethernet se ha convertido en un estándar universalmente aceptado, con más de 320 millones de puertos implementados en el mundo. Ethernet de velocidades del orden de los Gigabit ya es un producto real, y ethernet de 10 Gigabit también ya está disponible comercialmente.

Ethernet, es fácil de escalar y administrar y estas ganado terreno en la implementación de redes MAN Y WAN. Dado que más del 95% de las empresas utilizan Ethernet en su red LAN, y la mayoría de usuarios residenciales también, esta clara que PON ATM no es la mejor alternativa para interconectar dos redes ethernet.

Una de las desventajas de ATM es la alta sobrecarga para transportar paquetes IP de longitud variable, los cuales son los componentes predominantes del tráfico de internet.

La sobrecarga de la encapsulación ethernet es resultado de agregar el preámbulo de 8 byte, la cabecera de 14 byte y los 4 bytes de FCS. Adicionalmente, se debe dejar al menos un mínimo de 12 bytes llamado la ranura intertrama gap(IFM) entre dos tramas adyacentes. De esta manera, la sobrecarga absoluta por cada trama es constante y de 38 bytes. Esta sobrecarga de encapsulación no es específica de EPON si no que es una característica de todas las redes Ethernet.

En la redes ATM los datos de usuario, tales como los datagramas IP, deben descomponerse en múltiples celdas. La sobrecarga de la encapsulación ATM (también conocida como impuesto a la celda) se compone de múltiples cabeceras, una cola de 8 bytes llamado capa 5 de adaptación ATM (AAL5), y un campo de

relleno de longitud variable. El trail AAL5 se necesita para el correcto reensamblado del datagrama IP, y el relleno se usa para llenar cualquier porción remanente de una celda perdida. Como se ven la Figura 3.1, la sobrecarga de la encapsulación ATM depende de la carga útil que va a transportarse y es considerablemente más alta que la sobrecarga de ethernet.

El valor promedio de la sobrecarga de encapsulación depende de la distribución estadística de los tamaños de paquetes. Esta distribución generalmente tiene una forma trimodal con sus modos principales correspondientes a 40 bytes, 576 bytes, 1500 bytes de tamaño de paquetes. Otro problema de ATM es el hecho de que una celda mal formada invalida el datagrama completo. Sin embargo, el resto de celdas seguirá propagándose consumiendo así recursos de red innecesariamente.

Y finalmente, y tal vez lo más importante, ATM no cumplió su promesa de convertirse en una tecnología barata, los fabricantes, manufacturan pocos volúmenes de estos equipos. Los switches ATM y las interfaces de red son más caras que sus similares ethernet.

Por otro lado, ethernet parece ser la elección lógica para una red de acceso optimizada para IP. Las nuevas técnicas de QOS han hecho que ethernet sea capaz de soportar voz, dato, video. Estas técnicas incluyen transmisión full duplex, priorización, y LANs virtuales (VLAN TAGGING). Ethernet es una tecnología barata, ubicua e interoperable. Por lo tanto no es sorpresa que ethernet compita para ser la red de acceso de la siguiente generación.

3.5 GFP PON

Debido a la presencia de cada vez creciente volumen de tráfico y la aparición de la especificación Gigabit EPON, la FSAN se ha dado cuenta de la necesidad de una arquitectura capaz de una tasa más alta de bits y eficiencia mejorada. Sin embargo, la

especificación de capa física adoptada por BPON hacía difícil alcanzar capacidades mayores a 622 Mbps. Para subsanar estas limitaciones, en el 2001 la FSAN inició un nuevo esfuerzo para especificar una PON que opere a velocidades mayores de 1 Gbps. El grupo ha enfocada su atención en el procedimiento de entramado genérico [G. 7041] como una forma para mejorar la eficiencia, la cual permite una mezcla de celdas ATM fijas y variables.

3.6 Surgimiento de PON Ethernet

En el 2003 el protocolo ethernet celebró su 30avo aniversario. Todos estos años, se ha ido adaptando y evolucionando hasta convertirse en un protocolo de red muy barato y ubicuo, tal como lo conocemos hoy. La idea de una topología óptica pasiva también ha estado rodando por casi dos décadas. Así, de una manera muy extraña nunca se encontraron los dos si no hasta 1999 lo que sigue es la recopilación personal del autor acerca de ethernet PON. Muchas búsquedas para encontrar referencias anteriores a EPON no han dado resultado.

En el verano del 99 el autor se unió a dos personas más y fundaron Alloptic, con el plan de construir una última milla digital basada en PON. El producto a construirse tenía por objeto proveer circuitos T1 y T3 estándares y empleaban un esquema de sincronización y entramado sofisticado. No usaba ATM como protocolo subyacente; luego a este protocolo sería clasificado como PON SONET/SDH.

En noviembre del 99, visitamos la división de red de AT&T. El objetivo de esta visita era reunir los requerimientos de AT&T para la construcción de interfaces del lado del usuario y del lado de la red. La respuesta de AT &T fue clara y simple: “solo queremos interfaces ethernet”.

En el vuelo de regreso a California, JC tuvo una idea brillante: si los equipos de los clientes solo requieren interfaces ethernet, y dado que ethernet es conocido por sus

requerimientos de temporización flexibles, a quien le importaría que dentro de PON 7 exista un entramado y un reloj preciso. No sería mejor construir un sistema específico para Ethernet para que sea eficiente pero mucho más barato.

Al día siguiente nos reunimos y anunciamos que abandonaríamos la idea anterior y nos dedicaríamos a construir ethernet PON.

3.6.1 Estandarización EPON

La IEEE formó un grupo llamado EFM enfocado a implementar ethernet en la red de acceso. Aunque esto puede parecer a primera vista sencillo, en realidad los requerimientos de los portadores son diferentes de uno a otro. Para evolucionar ethernet para la red de acceso, el grupo de estudio EFM se concentro en cuatro áreas primarias:

- ⇒ Ethernet sobre cobre.
- ⇒ Ethernet sobre fibra punto a punto
- ⇒ Ethernet sobre fibra punto a multipunto(EPON)
- ⇒ Operación, administración y mantenimiento(OAM)

El énfasis de EFM era optimizar la especificación para cobre y fibra en la última milla en conjunto con un sistema OAM común, esto permitió a los operadores escoger cualquier sabor de ethernet usando una misma plataforma de administración.

Para progresar con el proyecto, el grupo de estudio tenía que demostrar que la arquitectura propuesta satisfacía los siguientes 5 criterios:

- ⇒ Gran demanda de mercado.
- ⇒ Compatibilidad con la arquitectura 802, incluyendo bridging y bases de información administrativas (MIB's).
- ⇒ Identidad propia, es decir suficiente diferencia de otros estándares IEEE 802.
- ⇒ Viabilidad técnica y
- ⇒ Viabilidad económica

Una demostración convincente de que la arquitectura P2MP cumple con los requerimientos ha sido uno de los mayores objetivos de EPON. La presentación delineando como y porque EPON debería ser parte del estándar IEEE 802.3 recibió un apoyo arrollador de los diversos grupos participantes, incluyendo representantes de las siguientes compañías: CISCO, INTEL NOKIA, NORTEL, ALLOPTIC ENTER OTROS. Como resultado, el requerimiento para autorización de proyecto, que incluya P2MP, fue aprobado por el cuerpo de estandarización de la IEEE en septiembre del 2001, y consecuentemente, EFM recibió el estatus de fuerza de tareas, con la designación de 802.3 ah.

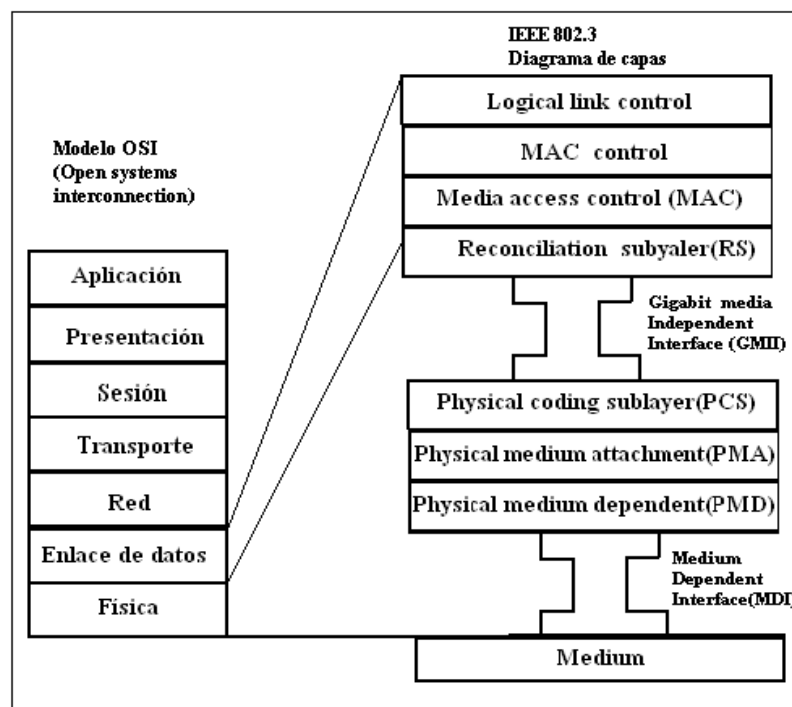


Figura 3.4 : Relación de capas del modelo IEEE 802.3 frente al modelo referencial OSI.

Fuente: Autora

3.6.2 **Ámbito de trabajo**

El ámbito de trabajo de IEEE 802.3 está confinado a las dos capas más bajas del modelo OSI: capa física y capa de enlaces de datos. Cada una de estas capas se subdivide en subcapas e interfaces la Figura 4.1 muestra las subcapas e interfaces definidas para equipos ethernet que operan a 1 Gpbs.

IEEE 802.3 usa la siguiente subdivisión para la capa física (desde la subcapa más baja hasta la más alta):

MDI(Medium dependent interface): Especifica el medio físico, las señales y las interfaces eléctricas y mecánicas entre el medio de transmisión y los dispositivos de capa física

Physical Medium dependent(PMD): Esta subcapa es responsable de la interfase hacia el medio de transmisión. La PMD está localizada sobre MDI.

Physical Medium Attachment (PMA): Esta subcapa contiene las funciones para transmisión, recepción, recuperación de reloj y alineamiento de fase.

Physical Coding Sublayer (PCS): Contiene las funciones para encodificar bits de datos en códigos de grupos que pueden ser transmitidos sobre el medio físico.

Gigabit Media Independent interfase(GMII): Especifica una interfase entre una Mac gigabyte una capa física gigabit. El objetivo de esta interface es permitir que múltiples DTE puedan ser mezclados con una variedad de implementaciones de capa física.

Reconciliation Sublayer (RS)

Provee un mapeo entre las señales GMII hacia los dispositivos de control de acceso al medio.

La capa de enlace de datos consiste en las siguientes subcapas (de lo más bajo a lo más alto):

Media Access Control: Esta subcapa define una función independiente del medio responsable de transferir datos desde y hacia la capa física. En general, la subcapa MAC define encapsulación de datos (tales como entramado, direccionamiento, y detección de errores) y acceso al medio (tales como: detección de colisiones, y procesos de retardo).

Subcapa de Control MAC: Es una subcapa opcional que realiza control en tiempo real y manipulación de la operación de la subcapa MAC. La estructura de control MAC y sus especificaciones permiten nuevas funciones se agreguen en el futuro.

Logical Link Control (LLC): Esta subcapa define una porción independiente de la capa de enlace de datos. Esta subcapa esta fuera del ámbito de IEEE 802.3. Igualmente, MAC y la capa opcional de control MAC se especifican de tal manera que sean independientes del tipo LLC que este sobre ellas, o cualquier otro cliente, tal como un puente o un repetidor.

La fuerza de tareas punto a multipunto se concentró en las capas más bajas de la red EPON. En trabajo de definir la arquitectura EPON se dividió en la especificación de subcapas dependientes del medio físico, especificación del protocolo P2MP, y extensiones para reconciliación, codificación física, y subcapas PMA.

3.6.3 Subcapa dependiente del medio físico

Los parámetros de la subcapa EPON PMD se especifican en la cláusula 60 del estándar IEEE 802.3 ah. La especificación PMD se basa en el siguiente conjunto de objetivos:

- Soporte para medio punto a multipunto usando fibra óptica
- 1000 Mbps hasta 10 KM sobre una fibra monomodo soportando una razón de división de 1 a 16.
- 1000 Mbps hasta 20 KM sobre una fibra monomodo soportando una razón de división de 1 a 16.
- Bit error ratio (BER) mejor que o igual a 10^{-12} en la interfase PHY.

Para cumplir los objetivos anteriores, se ha definido cuatro tipos de PMD y se muestran en la tabla 3.1

PMD type	1000BASE - PX10-U	1000BASE - PX10-D	1000BASE - PX20-U	1000BASE - PX20-D
Fiber type	SMF	SMF	SMF	SMF
Numbers of fibers	1	1	1	1
Nominal wavelength, nm	1310	1490	1310	1490
Transmit direction	Upstream (ONU to OLT)	Downstream (OLT to ONU)	Upstream (ONU to OLT)	Downstream (OLT to ONU)
Distance, Km	10	10	20	20
Min. Channel Insertion loss, dB	5.0	5.0	10.0	10.0
Max. Channel Insertion loss, dB	20.0	19	24.0	23.5

Tabla 3.1: Tipos de PMD

Fuente: Autora

3.6.4 Protocolo Punto a Multipunto

Como mencionamos previamente, en la dirección de subida, una PON debería emplear algún mecanismo de arbitraje de canal para compartir la capacidad de canal sin colisiones de datos.

Casi inmediatamente, los grupos de estudios comenzaron discusiones técnicas orientadas a la selección del conjunto de propósitos, incluyendo los mecanismos de arbitraje del canal EPON. Seleccionar los propósitos no fue un proceso fácil, virtualmente cada vendedor tenía una idea de cómo hacerlo mejor. Las propuestas incluían desde implementar EPON completamente en la capa física y usar PHY-para los mensajes, y usando los mecanismo de control de flujo IEEE 802.3 (Pause MAC control frames), esquemas basados en DOCSIS, o un PHY unificado (Similar a lo que luego sería GPON) para soportar las tramas ATM y ethernet. Hacia noviembre de 2001 las ideas empezaron a converger sobre definir un protocolo basado en MAC que permitiría al OLT asignar al ONU una ventana de transmisión. Este protocolo se

conoce actualmente como protocolo de control multipunto (MPCP) y se define en la cláusula 64 del estándar IEEE 802.3 ah.

MPCP utiliza mensajes de control MAC (similares al mensaje de pausa en ethernet) para coordinar el tráfico de subida multipunto a punto. Hay dos modos de operación de MPCP: Autodescubrimiento (al inicio) y operación normal. El modo normal se usa para asignar oportunidades de transmisión a todos los ONU's descubiertos. El modo de autodescubrimiento se usa para detectar los nuevos ONU's y aprender sus nuevos parámetros tales como dirección MAC y retardos de ida y vuelta.

3.6.5 Extensiones de las cláusulas existentes

Algunas cláusulas existentes requieren ciertas extensiones para que puedan ser usadas en la arquitectura P2MP. Todas estas extensiones se agrupan en la nueva cláusula 65.

3.6.5.1 Subcapa de Reconciliación(RS).-

La arquitectura IEEE 802 hace una Asunción general de que todos los dispositivos conectados al mismo medio se pueden comunicar unos a otros directamente. De acuerdo a esta Asunción, los bridges nunca reenvían una trama de regreso por el puerto en que ingreso. Este comportamiento de bridge nos lleva a un problema interesante: un bridge puesto en el OLT vera un puerto PON y nunca reenviará tramas de subida de regreso a la ONU. Sin embargo debido a las propiedades direccionales del splitter, los ONU's no pueden comunicarse unos con otros. Por lo tanto, parece que la red EPON tendrá dificultades para proveer conexión entre los dispositivos conectados. Esto trae una pregunta de si EPON cumplirá con la arquitectura IEEE 802, particularmente con P802.1D.

Para resolver este problema y asegurar integración con otras redes ethernet, los dispositivos conectados al medio EPON utilizaran una subcapa de reconciliación

extendida la cual emulará el comportamiento punto a punto. Esta emulación se basa en el etiquetamiento de las tramas ethernet con etiquetas únicas para cada ONU. Estas etiquetas se llaman LLID's y se ubican en el preámbulo antes de cada trama.

3.6.5.2 Subcapa de Codificación Física (PCS)

A fin de evitar las emisiones espontáneas de ruido entre ONU's cercanas, los láser de las ONU's se deben apagar entre transmisiones. Para controlar el láser, las subcapas de codificación física deben extenderse para detectar los datos transmitidos y encender el láser en el momento correcto. Una extensión PCS adicional especifica un mecanismo de corrección hacia delante (FEC), la cual puede incrementar el presupuesto de los enlaces o la distancias de la Fibras.

3.6.5.3 Subcapa PMA

La subcapa PMA extendida especifica un intervalo de tiempo requerido por el receptor para adquirir un enganche de fase y frecuencia sobre el flujo de datos de entrada. Este intervalo de tiempo se conoce como tiempo de recuperación de dato y reloj (CDR). La especificación requiere que la subcapa PMA sea instanciada en una OLT para sincronizarse al nivel de bit dentro de 400 ns y al nivel de grupo de código dentro de 32 ns adicionales.

3.7 Transmisión de bajada

En la dirección de bajada, los paquetes ethernet transmitidos por el OLT pasan a través de un splitter pasivo 1xn o una cascada de splitters y alcanzan cada ONU. El valor de n es típicamente entre cuatro y sesenta y cuatro. Este comportamiento es similar a un medio compartido. Como ethernet que es un sistema de broadcast por naturaleza, en la dirección de bajada calza perfectamente con la arquitectura ethernet PON: Los paquetes son enviados desde el OLT y son extraídos selectivamente por cada ONU destino.

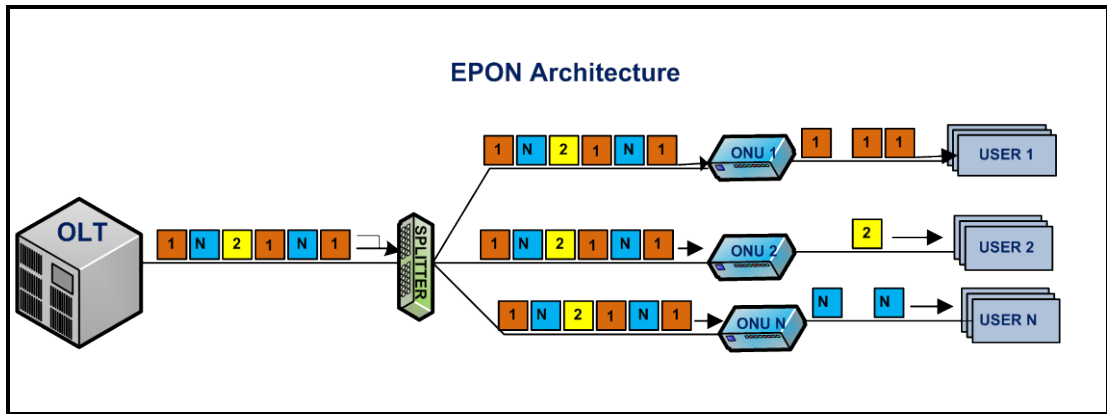


Figura 3.5: Transmisión de Bajada en EPON
Fuente: Autora

3. 8 Transmisión de subida

En la dirección de subida, debido a las propiedades direccionales del combinador óptico pasivo, los paquetes de datos desde cada ONU alcanzarán solamente al OLT y no a las otras ONU's. En este sentido en la dirección de subida, el comportamiento de PON es similar al de la arquitectura punto a punto. Sin embargo a diferencia de una red punto a punto real, en EPON, todas las ONU's pertenecen a un mismo dominio de colisión(los paquetes de datos de las ONU's transmitidas simultáneamente pueden colisionar). Por lo tanto, en la dirección de subida, EPON necesita emplear algún mecanismo para evitar la colisión de los datos y compartir de manera justa la capacidad del canal entre ONU's.

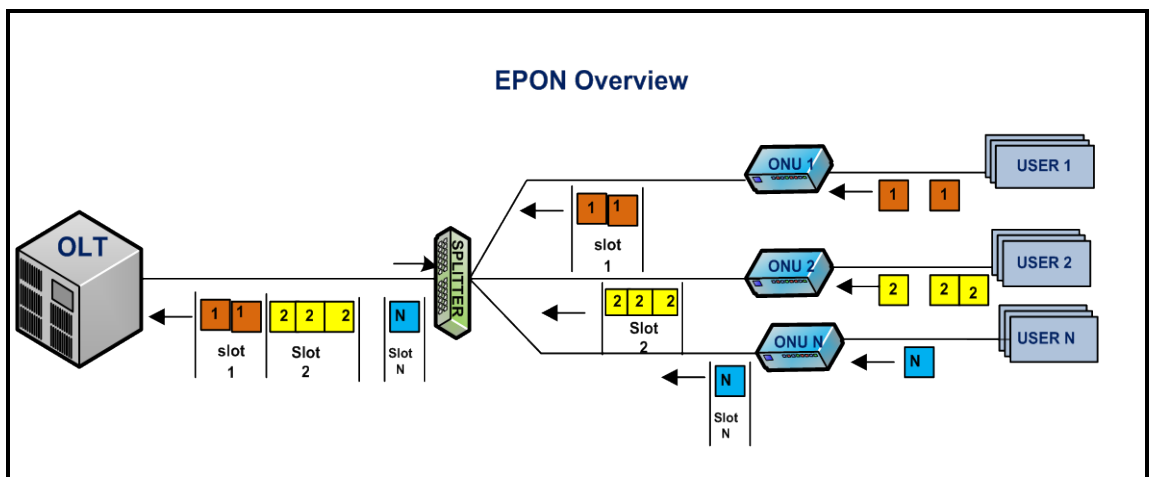


Figura 3. 6: Transmisión de subida en EPON
Fuente: Autora

3.8.1 Comparación entre Acceso al Medio basado en contención y garantizado

Un mecanismo de acceso al medio basado en contención (algo parecido CSMA/CD) es difícil de implementar en EPON debido a que las ONU's no pueden detectar una colisión debido a las propiedades de los splitters. Un OLT debería detectar la colisión e informar a las ONUS enviando una señal; sin embargo, los retardos de propagación de PON, que pueden exceder 20 Km. de longitud, pueden reducir significativamente la eficiencia de este esquema. Los esquemas basados en contención también tienen el problema de que no proveen un servicio determinístico; es decir la eficiencia, la utilización del canal y los retardos de acceso al medio solo pueden determinarse como promedios estadísticos. No hay garantía de que algún nodo pueda tener acceso al medio en cualquier intervalo pequeño de tiempo. Esto podría no ser de importancia para los enlaces empresariales, en cambio para los usuarios residenciales normalmente se requiere soportes de servicio de voz y datos de manera que se necesita garantizar cierto tiempo para la entrega de este tipo de tráfico.

Para introducir determinismo en la entrega de paquetes, se ha propuesto esquemas diferentes de no contención. Tales esquemas permiten a las ONU's un acceso exclusivo al medio por un intervalo limitado de tiempo, comúnmente conocido como ventana de transmisión o ranura de tiempo (time slots).

Todas las ONU se sincronizan a un marco de referencia de tiempo común, y cada ONU recibe un ranura de tiempo. Cada time slots puede transportar varias tramas Ethernet. Una ONU debería almacenar las tramas recibidas desde un suscriptor hasta el arribo de su time slots. Cuando este sucede la ONU a una velocidad de ethernet estándar de 1Gbps. Si no hay tramas para transmitir, se transmiten caracteres vacíos de 10bits tal como especifica el MAC ethernet para full dúplex.

Las características de un EPON dependen de esquema de asignación de capacidad en particular. Los esquemas de asignación posible van desde asignación estática (TDMA. 1 fijo) al el ajuste dinámico de la ranura temporal. Decidirse por algún esquema en particular no es una tarea fácil. Los esquemas TDMA fijo son más fáciles de implementar. En su forma más simple, cada ONU debería ser programada con un esquema de arranque parada con intervalos de tiempo predeterminados, sin embargo este esquema ha demostrado ser ineficiente en patrones de tráfico tipo ráfaga o paquetes de tamaño variable.

Si todos los usuarios pertenecen al mismo dominio administrativo, por ejemplo una corporación o una red de campus, la multiplexación estadística tendría sentido sin importar mucho cuanto ancho de banda tome algún usuario en particular. Sin embargo las redes de suscriptores no son LAN's y el objetivo es asegurar un cierto nivel de servicio preacordado para cada usuario.

3.8.2 Arbitración centralizada versus distribuida

Los esquemas de no contención requieren arbitraje del canal. Este arbitraje puede ser centralizado o distribuido. En un esquema de arbitraje distribuido, la ONU por si misma decide cuando enviar datos y por cuánto tiempo. Estos esquemas son similares al método traspaso de TOKEN. En tal esquema, cada ONU, antes de enviar datos, enviará un mensaje especial anunciado cuantos bytes va a enviar. La ONU a la cual le toca el siguiente turno monitoreará la transmisión de la ONU anterior y temporizara su transmisión de tal manera que esta llegue al OLT justo después de la transmisión de la ONU previa. Así no habrá colisiones, y no se desperdiciará ancho de banda. Sin embargo este esquema tiene una gran limitante: requiere conectividad entre las ONU's. Esto impone algunas restricciones a las topologías PON; a saber, la red debería ser implementada como un anillo o como una estrella de broadcast. Este requerimiento no es deseable por las siguientes razones:

- ⇒ Puede requerir más fibras o
- ⇒ La infraestructura de fibra con una infraestructura diferente podría ya estar implementada. En general, un algoritmo preferido debería soportar cualquier topología punto a multipunto.

En una red óptica de acceso, podemos contar solamente con la conectividad desde el OLT hasta cada ONU y desde cada ONU hasta el OLT. Por lo tanto, el OLT se convierte en el único dispositivo que puede arbitrar las ranuras de tiempo para acceso compartido al canal. El desafío en implementar un mecanismo de arbitraje dinámico basado en OLT es el hecho de que el OLT no conoce cuantos bytes de datos necesita enviarle cada ONU. Las características de ráfaga del tráfico de datos impiden una predicción precisa.

Si el OLT va a hacer una asignación precisa de ranura de tiempo, debería conocer el estado de cada ONU exactamente. Una solución podría ser un esquema de consultas basadas en un esquema de envío y recepción. Los requerimientos se envían desde la ONU para reportar cambios en su estado. El OLT procesa todos los requerimientos y reserva diferentes ranuras para cada ONU. La asignación de SLOT se entrega a cada ONU mediante un mensaje.

La ventaja de tener inteligencia centralizada para la ubicación de las ranuras de tiempo es que el OLT conoce el estado de toda la red y puede conmutar de una ubicación a otra basado en esa información; la ONU no necesita monitorear el estado de la red o negociar nuevos parámetros. Esto hará a las ONU's más baratas y simple y a toda la red más estable.

Debido a que el algoritmo de asignación de ancho de banda puede depender de varios parámetros tales como el ambiente de implementación, los dispositivos soportados, y una mezcla de planes de servicio, la fuerza de tareas IEEE 802.3 ah decidió que sería demasiado presuntuoso seleccionar un algoritmo de asignación dinámico de ancho de

banda (DBA). En vez de esto, ha decidido que el DBA este fuera del estándar y permita que cada vendedor escoja el que quiera.

Mientras que el algoritmo de decisión de proceso se deja libre, para asegurar la interoperabilidad de los dispositivos, para el protocolo de intercambio de mensaje si necesita ser especificado. Para dar apoyo a la capacidad de asignación dinámica, la fuerza de tarea 802.3 ah ha desarrollado el protocolo de control punto a multipunto.

3.9 Protocolo de Control Multi-Punto

Uno de las más importantes condiciones que EPON debe cumplir, para poder ser parte del estándar IEEE 802.3, es el uso de Ethernet MAC (ya sea CSMA/CD o full dúplex). Tomado en cuenta que el arbitraje de la transmisión es una función MAC, la fuerza de tareas de IEEE 802.3 ah tenía que encontrar un protocolo que alcance la misma -funcionalidad sin hacer modificaciones a la subcapa MAC. En vista de esto se decidió implementar MPCP como una nueva función de la subcapa de control MAC.

El alcance del control MAC es garantizar control en tiempo real y manipulación de las operaciones de subcapa MAC. La subcapa de control MAC se encuentra entre la subcapa MAC y el cliente MAC (Fig. 4.1). Antes de que MPCP se desarrolle, la única función de la capa de control MAC era el control de flujo, una operación que permite a una estación inhibir la transmisión desde alguna otra estación durante un intervalo predeterminado de tiempo. Para lograr esto, el protocolo de control de flujo usa un mensaje de control PAUSA MAC.

El arbitraje de transmisión en EPON requiere un método exactamente opuesto al control de flujo, es decir una operación que permita a una estación habilitar la transmisión de otra estación durante un intervalo predeterminado de tiempo. Para evitar colisiones, el OLT debería permitir a solo una ONU transmitir en un momento determinado.

Una diferencia importante entre MPCP y control de flujo es su estado por defecto. Con control de flujo, el estado por defecto permite comunicación sobre el enlace; esta comunicación puede ser explícitamente detenida por un mensaje de control. Por lo contrario, en MPCP, el estado por defecto inhibe la comunicación sobre el enlace. Solo cuando el mensaje de control llega, se habilitará la transmisión por un tiempo limitado. Este comportamiento necesita los siguientes modos de operación MPCP:

1) Modo de asignación de ancho de banda. Para mantener comunicación entre el OLT y la ONU, el MPCP debería garantizar periodicidad para cada ONU.

2) Modo de auto descubrimiento. Para descubrir a nuevas ONU's el MPCP debería iniciar el proceso de descubrimiento de manera periódica.

Mientras que la subcapa de control MAC es opcional para ciertas funciones, en EPON es obligatorio, debido a que EPON no puede operar sin MPCP.

3.9.1 Asignación de Ancho de Banda

El mecanismo de asignación de ancho de banda se basa en el envío y recepción de mensajes, GATE y REPORT, en la terminología 802.3 ah. Ambos mensajes son tramas de control MAC, que se identifican por el tipo predefinido 88-08 (hexadecimal).

Un mensaje GATE se envía desde el OLT hacia una ONU individual y se usa para asignar un times slot de transmisión.

Un time slot se identifica por los siguientes valores [Start time, lenght]. Los valores para estos dos parámetros los definen el agente DBA o Schedule, localizado en el cliente de control MAC, una subcapa fuera del ámbito IEEE 802.3 ah (vea fig. 3.7). Los valores de start time y lenght se pasan al proceso de compuerta en el OLT. El proceso de compuerta formalmente especificado en el estándar, forma un mensaje GATE y lo transmite a la ONU. En la ONU el mensaje GATE recibido se analiza y demultiplexa hacia el proceso compuerta de la ONU, el cual es responsable de permitir el inicio de la transmisión dentro de la ranura de tiempo asignada en el

mensaje. Adicionalmente, una indicación del mensaje GATE recibido se pasa al Agente DBA en la ONU para permitirle realizar cualquier función específica de DBA, ejemplo, seleccionar el orden de las tramas a enviarse. Además en algunos algoritmos de scheduling, tales como aquellos basados en plazos de paquetes, el orden de las tramas puede depender de cuando el time slot inicia o el tamaño del time slot.

Un mensaje REPORT es un mecanismo de retroalimentación usado por una ONU para informar sus condiciones locales (tales como porcentaje de ocupación del buffer) al OLT para ayudar al OLT hacer decisiones inteligentes de ubicación de ancho de banda. Tal información como el número de colas de egreso y su estatus no está disponible para MPCP, de esta manera el mensaje REPORT, al igual que el mensaje GATE es iniciado por el agente DBA(fig.3.7) luego este se pasa al proceso de reportes en la ONU, la cual forma y transmite la trama REPORT. Las tramas REPORT pueden ser enviadas solamente en time slots previamente asignados. En el OLT la trama REPORT recibida es analizada y demultiplexada hacia el proceso de reporte del OLT, el cual a su vez, al agente DBA. El agente DBA puede usar esta información para asignar time slots en la siguiente ronda.

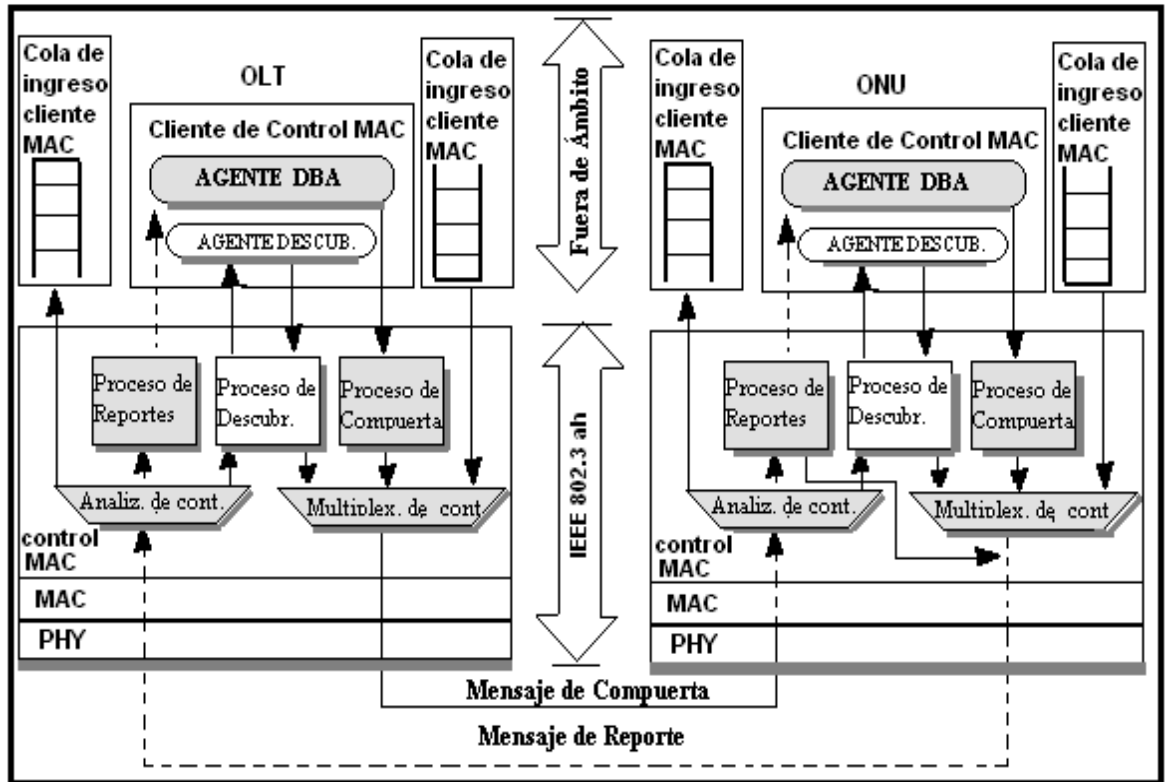


Figura 3.7: Procesos y agentes involucrados en la asignación del ancho de banda
Fuente: Autora

3.9.2 Autodetección

Recordemos que en el estado por defecto el MPCP no permite transmisión desde una ONU. Una ONU no puede transmitir ningún dato (ni siquiera puede encender su láser) a menos que así se lo indique la OLT. Así después de arrancar, una ONU esperara silenciosamente hasta que escuche una orden desde el OLT. Este permiso, sin embargo, podría nunca llegar debido a que la OLT no sabe y no puede saber que ha sido conectada una nueva ONU debido a que esta permanece en silencio, para resolver este dilema, MPCP define un modo de auto detección.

El mecanismo de autodescubrimiento se utiliza para detectar nuevas ONU's conectadas y aprender los retardo de vuelta completa y las direcciones MAC de estas ONU's. El OLT y la ONU implementan el proceso de detección, el cual es manejado por el agente de detección.

Autodetección emplea cuatro mensajes MPCP: GATE, REGISTER_REQ, REGISTER, REGISTER_ACK. Estos mensajes son transportados por tramas de control MAC, las cuales se distinguen por un valor predeterminado como 88-08(hexadecimal). A alto nivel, la autodetección es un procedimiento de cuatro pasos, que funciona de la siguiente forma.

1. El agente de detección en la OLT decide iniciar una ronda de detección y ubica una ventana de detección (un intervalo de tiempo en el cual las ONU's no inicializadas tienen permiso para transmitir). Se asume que el agente de detección puede comunicarse libremente con el agente DBA y que ambos agentes se podrán de acuerdo en el tamaño de la ventana de detección y el tiempo de inicio. El agente DBA asegura que las ONU's no activas tengan asignados un tiempo de transmisión durante la ventana de detección.

El agente de detección instruye al proceso de detección para que envíe un mensaje GATE, llamado detección GATE, anunciando el inicio de la ranura de detección y su longitud.

Mientras se intercambia el mensaje de detección GATE desde el agente de detección hacia la subcapa MAC, el MPCP lo marcará con el tiempo local de la OLT .

2. Solo las ONU's no inicializadas responderán al mensaje de descubrimiento de puerta. Una vez recibido este mensaje, la ONU se sincronizará de acuerdo a la marca del tiempo que recibió el mensaje GATE.

Cuando el reloj local ubicado en la ONU alcanza el tiempo de inicio, la ONU esperará un tiempo adicional aleatorio y luego transmitirá el mensaje REGISTER_REQ. El retardo aleatorio se aplica para evitar las colisiones persistentes en caso de que varias ONU's no inicializadas envíen este mensaje al mismo tiempo. El mensaje de REGISTER_REQ contiene la dirección fuente de la ONU y una marca de tiempo representando el tiempo local de la ONU cuando el mensaje fue enviado.

Cuando el OLT recibe el mensaje REGISTER_REQ desde un ONU no inicializada, aprende su dirección MAC y su tiempo de ida y vuelta.

3. Una vez que ha sido analizado y verificado el mensaje, la OLT envía un mensaje REGISTER directamente a la nueva ONU utilizando la dirección MAC aprendida en el paso previo. El mensaje REGISTER enviado contiene un identificador único llamado el identificador de enlace lógico (LOGICAL LINK ID o LLID) que el OLT asigna a cada ONU.

Luego del mensaje REGISTER, la OLT envía un mensaje GATE normal, la ONU (mensaje GATE unicast o de no descubrimiento).

4. Finalmente, después de recibir los dos mensajes REGISTER Y GATE, la ONU envía un mensaje REGISTER_ACK para indicarle a la OLT que el mensaje ha sido correctamente recibido. El mensaje REGISTER_ACK deberá ser enviado en la ranura de tiempo en la cual se recibió el mensaje GATE anterior.

Debido a que múltiples ONU's no inicializadas pueden responder al mismo mensaje GATE De descubrimiento, los mensajes REGISTER_REQ puede colisionar. En ese caso, la ONU cuyo REGISTER_REQ ha colisionado no obtendrá el mensaje REGISTER. Si una ONU no recibe el mensaje REGISTER antes de recibir el siguiente mensaje GATE de descubrimiento, inferirá que ocurrió una colisión y deberá intentar inicializarse nuevamente.

3.10 Emulación de la topología lógica

La arquitectura IEEE 802.3 asume que todas las estaciones de comunicación en un segmento LAN están conectadas a un medio compartido. En un medio compartido, todas las estaciones se consideran que pertenecen a un único dominio de acceso, donde más de una estación puede transmitir al mismo tiempo y todas las estaciones pueden recibir al mismo tiempo.

Múltiples dominios de acceso pueden interconectarse por medio de un dispositivo llamado bridge (puente). Los bridges selectivamente reenvían paquetes para crear la apariencia de una LAN. El reenvío selectivo previene la transmisión de una trama hacia un dominio que no incluye ninguna estación de destino para esta trama. El puenteo de múltiples LAN's se usa ampliamente para proveer aislamiento administrativo de los dominios de acceso, para incrementar el número de estaciones o el alcance físico de la red más allá de los límites de los segmentos de LAN's individuales, así mejorar el rendimiento.

En un caso extremo, un dominio de acceso puede consistir de solo una estación. Típicamente, algunas de estas estaciones se conectan por enlaces punto a punto (P2P) hacia un bridge formando una LAN conmutada. Confiando en la noción de los dominios de acceso, los bridges nunca reenvían una trama hacia el puerto por donde esta ingreso. En el caso que los dominios de acceso consistan de múltiples estaciones, se asume que todas las estaciones conectadas al mismo puerto en el bridge se pueden comunicar entre ellas sin la intervención de bridges. En el caso de las LAN's conmutadas, puede no haber receptores en el dominio de acceso del enviarte, así que ninguna trama será devuelta.

El comportamiento del bridges lo lleva a un interesante problema: Los usuarios conectados a diferentes ONU's en la misma PON no pueden pertenecer a la misma LAN y no pueden comunicarse entre ellas a nivel de capa 2. La razón es que el medio PON no permite a las ONU's comunicarse entre ellas directamente, debido a la directividad de los splitters pasivos. El OLT tiene un solo puerto conectando a todas las ONU's, y un bridge conectado en el OLT nunca reenviará las tramas de regreso por el puerto de ingreso. En la fuerza de tareas IEEE 802.3 ah, este tema puso en duda el cumplimiento de EPON con la arquitectura IEEE 802, particularmente con P 802.1D.

El ejemplo arriba es ilustrativo del conflicto soportado con EPON durante todo su ciclo de desarrollo. Por un lado, para ser parte de IEEE 802, la especificación EPON debe cumplir con todos los requerimientos del modelo de arquitectura 802. Específicamente, todas las estaciones interconectadas por un medio compartido deben formar un dominio de acceso y ser capaces de comunicarse entre ellas. Por otro lado, EPON estaba siendo desarrollado para redes de acceso con requerimientos drásticamente diferentes aquellos de las redes LAN privadas. Las redes de acceso para suscriptores sirven para usuarios independientes y no cooperativos, quienes, por varias razones como seguridad, economía y costos, no deben comunicarse entre sí, excepto cuando esto sea explícitamente necesario. Para resolver este problema y asegurar una integración suave con otras redes Ethernet, los dispositivos conectados al medio EPON implantan una emulación de topología lógica (LOGICAL TOPOLOGY EMULATION ó LTE), basada en su función, puede emular ya sea un medio compartido o un medio punto a punto. Para preservar la operación ethernet MAC definida en el estándar IEEE 802.3 la función LTE debería residir bajo la subcapa MAC. La operación de esta función consiste en etiquetar las tramas ethernet con etiquetas únicas para cada ONU. Estas etiquetas son LLID y son puestas en el preámbulo al inicio de cada trama. Para garantizar que cada LLID sea única, cada ONU tiene asignada una o más etiquetas enviadas por la OLT durante la fase inicial de autodescubrimiento.

3.11 Emulación Punto a Punto (P2P)

El objetivo de la emulación P2P es alcanzar la misma conectividad física que una LAN conmutada, donde todas las estaciones se conectan a un switch central usando enlaces punto a punto.

En este modo de emulación, la OLT debe tener n puertos MAC, uno para cada ONU (Figura 3.8). Durante el registro de la ONU un valor único de LLID se asigna a la ONU. Cada puerto MAC en el OLT tendrá asignado el mismo LLID que su correspondiente ONU. Cuando se envíe una trama en el flujo de bajada, la función de emulación en el OLT insertará el LLID asociado con un puerto MAC en particular

por el cual arribo la trama (Figura 3.8). Aunque la trama pasa por el splitter y alcanza a cada ONU, solo una función P2P coincidirá con LLID de esa trama y solo será aceptado por la ONU correspondiente y será enviada a la capa MAC para verificación posterior. La función LTE en todas las otras ONU's descarta esta trama, de manera que las subcapas MAC nunca verán esa trama. En este sentido, desde la perspectiva de la subcapa MAC, parece como si la trama fuese enviada sobre un enlace punto a punto solo a una ONU.

En la dirección de subida, la ONU insertara su LLID asignado en el preámbulo de cada trama transmitida. La función P2PE en el OLT demultiplexará la trama hacia el puerto MAC correspondiente basado en su LLID único (Figura 3.9).

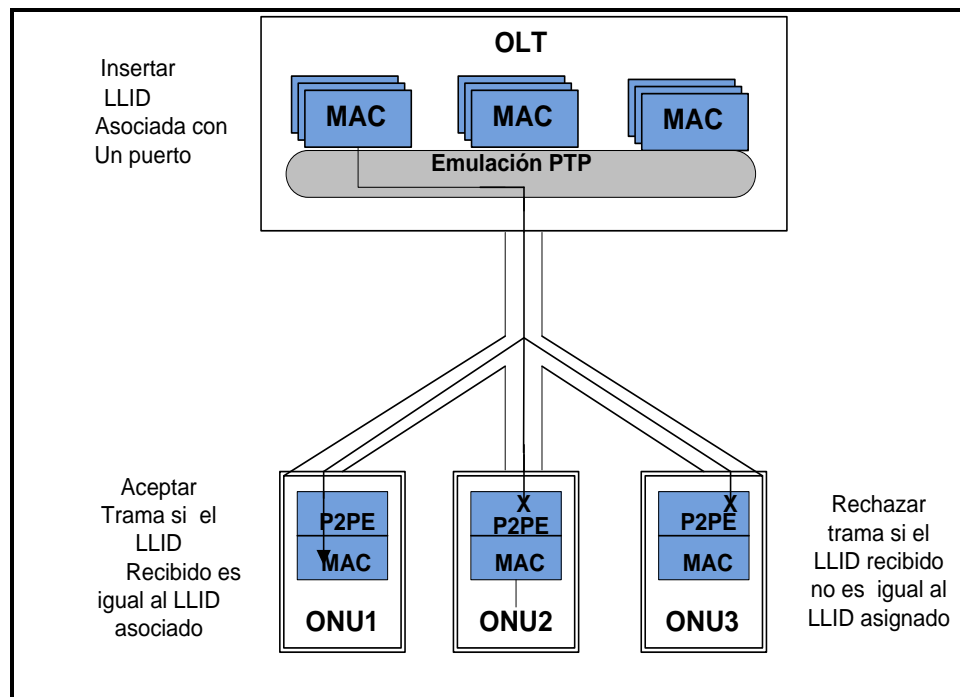


Figura 3.8: Emulación virtual de topología punto a punto Transmisión de bajada
Fuente: Autora

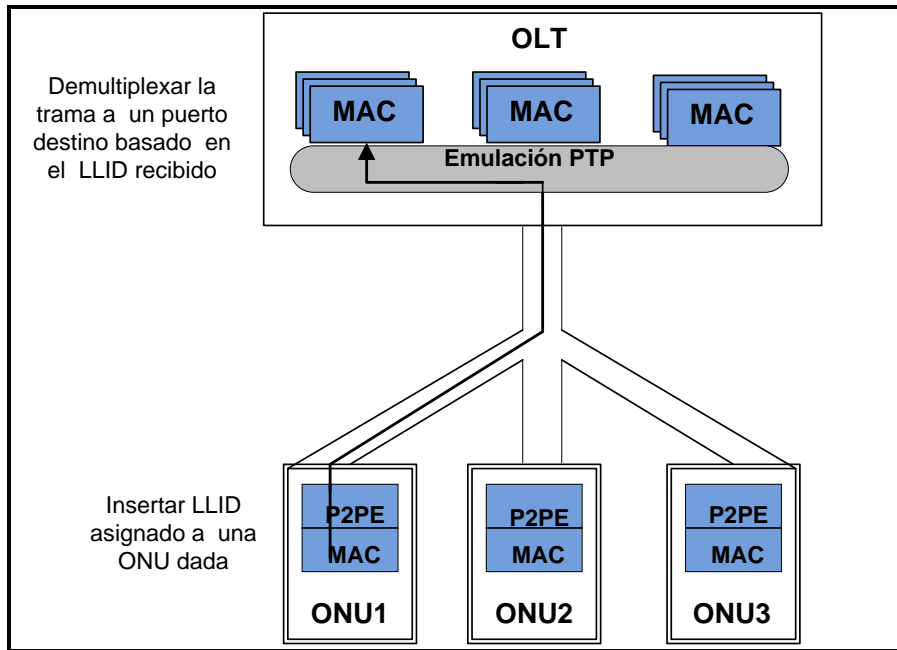


Figura 3.9: Emulación virtual de topología punto a punto(Transmisión de subida).
Fuente: Autora

La función P2PE es claramente compatible con el bridge, porque cada ONU está virtualmente conectada a un puerto de bridge independiente. El bridge puesto en el OLT (Figura 3.10) conmutará tráfico entre ONU's a través de sus puertos.

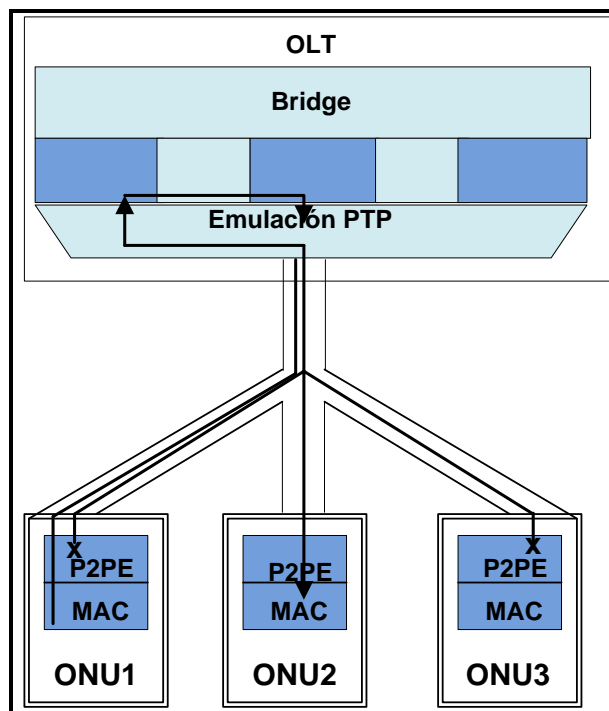


Figura3.10: Puente entre ONU 1 y la ONU 2 usando la Emulación Punto a Punto
Fuente: La Autora

3.12 Emulación de Medio Compartido (SME)

En la emulación de medio compartido, las tramas transmitidas por cualquier nodo, deben ser recibidas por todos los nodos, excepto en que lo envía. En la dirección de bajada, el OLT inserta un LLID de broadcast, el cual será aceptado por cada ONU (Fig. 3.11).

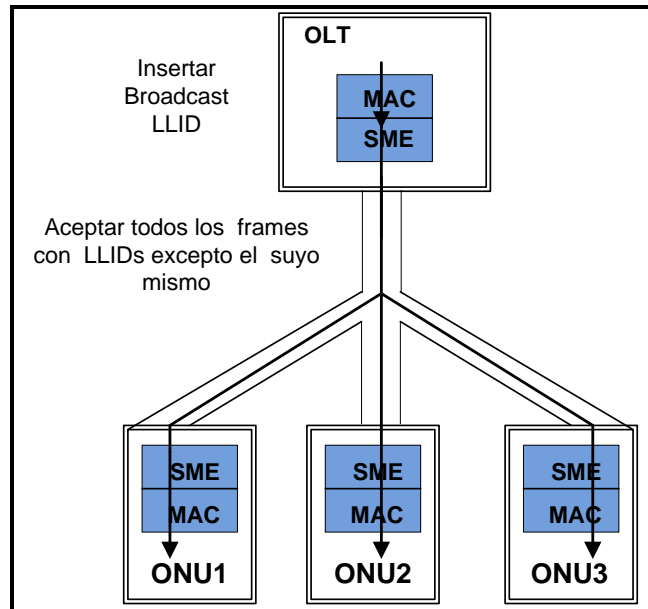


Figura 3.11: Emulación del medio compartido (transmisión de bajada).
Fuente: Autora

Para asegurar la operación de medio compartido para el flujo de subida, la función LTE en el OLT deberá hacer un espejo de la trama hacia las otras ONU's (Fig. 6.3b). Para evitar la duplicación de tramas, cuando una ONU recibe su propia trama, la función LTE en la ONU acepta una trama solo si el LLID de la trama es diferente del LLID asignado a esa ONU. Así, en el modo SMD, las reglas de filtrado de ONU son opuestas a las del modo P2P. Mientras que en el modo P2P una ONU solo acepta tramas cuyos LLID coincidan con su propio identificador LLID, en el modo SME una ONU acepta tramas cuyo LLID es diferente del que tiene signado.

La emulación de medio compartido requiere solo un puerto MAC en el OLT y presenta a PON como un bridge con un solo dominio de acceso. La funcionalidad de capa física provee la comunicación ONU a ONU eliminando la necesidad de un bridge.

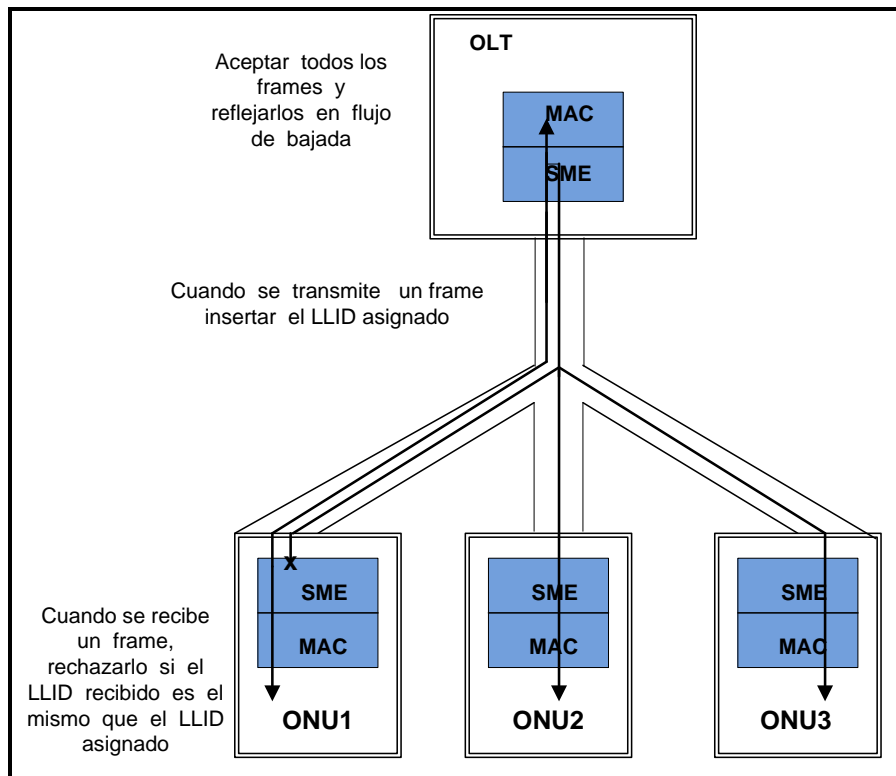


Figura 3.12: Emulación del medio compartido (transmisión de subida).
Fuente: Autora

3.13 Modo combinado P2P y SME

Aunque las dos funciones vistas anteriormente proveen soluciones de compatibilidad con el protocolo 802.1.D, ambos tienen problemas, específicamente cuando se consideran para aplicaciones de una red de acceso. El modo P2P impide que una única copia de multicast y broadcast sea enviada por el OLT hacia algunas ONU's. Esta característica es muy importante para servicios tales como video broadcast o cualquier tipo de servicio de brocadas en tiempo real. Para soportar estos servicios el OLT operando en modo P2P debe duplicar paquetes de broadcast, cada vez con una LLID diferente.

La emulación de medio compartido, por otro lado, provee capacidades de broadcast. Sin embargo, debido a que cada flujo de subida se refleja hacia abajo, se desperdicia una gran porción del ancho de banda de bajada.

Para conseguir una operación óptima la IEEE 802.3 ah ha considerado la posibilidad de usar ambos modos de emulación simultáneamente. Para identificar cual modo se usará para una trama en particular, el campo LLID de 16 bits fue dividido en un bit de modo y 15 bits de identificador. El bit de modo representa emulación PTP cuando está en cero y SME cuando está en uno. La idea básica fue que si el modo de bit recibido es cero, la función LTE en la ONU aceptará la trama solo si el LLID coincide con su LLID asignado. Si, sin embargo, el modo de bit esta en uno la función LTE aceptara la trama solo si LLID recibido no coincide con el asignado.

La idea de combinar diferentes modos de emulación no funcionaba bien. El modo SME solo permitía un único dominio de acceso por EPON, lo cual significa que una trama de datos enviada por una ONU llegará a todas las ONU's. Así, se reconoció que hacer broadcast de las tramas de usuario a todas las otras ONU's no es una característica deseable en una red de acceso.

Lo que se necesita es la posibilidad de especificar cualquier número de dominio de acceso entre 1(modos SME) y N (modo P2PE). Tal flexibilidad permitiría algunos dominios de acceso, representando suscriptores individuales, que contengan una única ONU y otros que contengan varias. Varias veces, la fuerza de tareas considero diferentes ideas para lograr esto. Una propuesta sugería que LLID sea un mapa de bits con cada bit mapeado a una ONU en particular. Esto permitiría 2^n dominio de acceso con cualquier combinación de ONU's formando parte de uno de ellos. Claramente, debido a que solo un número limitado de bits está disponible en el preámbulo, esta solución no es escalable con el número de ONU's.

Una solución más flexible proponía dividir el LLID en tres campos: bit de modo, identificador lógico de grupo, e identificador lógico de enlace. El identificador de grupo identificaba un dominio de acceso. Una ONU solo debería aceptar tramas pertenecientes a su mismo dominio de acceso, es decir una trama que tenga su mismo identificador de grupo. Las reglas de aceptación son las siguientes:

Aceptar las tramas solamente si

1. LLID es igual al broadcast LLID, o.
2. El bit de modo es cero y el identificador lógico de grupo es igual al identificador asignado y el identificador lógico de enlace es igual asignado,
3. El bit de modo es uno y el identificador lógico de grupo es igual al identificador asignado y el identificador lógico de enlace es igual asignado.

Esta solución, tal como fue propuesta estaba limitada a 8 dominios de acceso y 2047 enlaces lógicos lo que fue un punto de preocupación. Y mientras que técnicamente esta solución podía ser mejorada, fue propuesta demasiado tarde para ser incluida en el estándar.

3.14 Solución final

Si es que se debió a falta de interés o a que no era útil en el ambiente de acceso, la idea de emulación compartida fue desechada. El compromiso fue retener solamente la emulación punto a punto y un puerto o auxiliar en el OLT llamado broadcast de una sola copia (SCB). En tal configuración, en una EPON con N ONU's, la OLT contendrá $n+1$ MACs: una para cada ONU y otra para broadcast(Figura 3.13) para separar de manera óptima el tráfico, las capas superiores dividirán a que puertos enviar sus datos. El canal SCB se usa para broadcast de bajada solamente. Las ONU's no tienen permiso para enviar tramas de subida con LLID's de broadcast. Las excepciones son algunas tramas especiales de control usados para autodescubrimiento y registro.

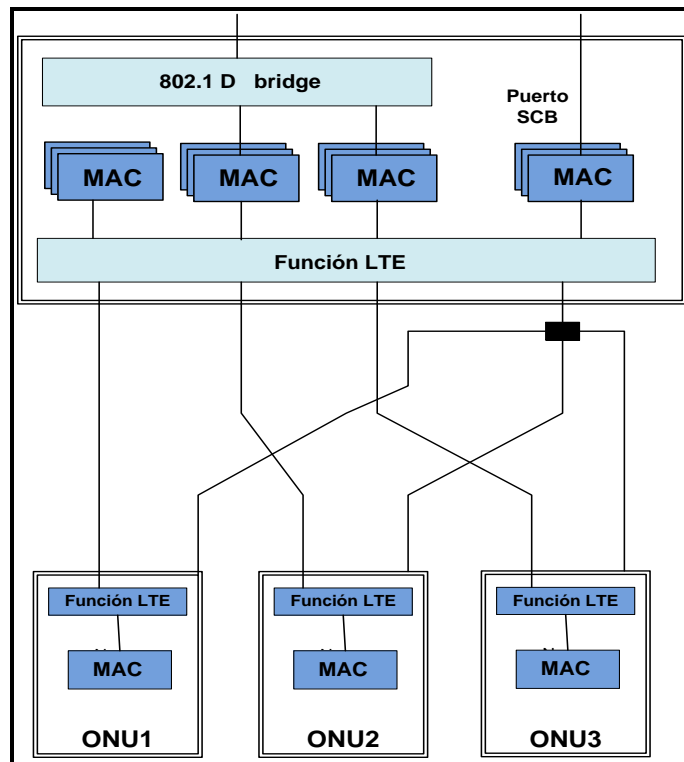


Figura 3.13: Combinación punto a punto y modo de emulación de medio compartido
Fuente: Autora

3.15 Formato del preámbulo

El preámbulo de la trama es una herencia de los primeros días de las redes CSMA/CD. Debido a que en el protocolo CSMA, el canal está en silencio entre transmisiones, la estación receptora necesitará recincronizarse por cada trama individual. En preámbulo simplemente consistía de patrones alternantes entre unos y ceros y proveía de una forma de onda periódica de alta frecuencia. En estos días, ethernet maduró hacia velocidades más altas y CSMA/CD nos da caminos full dúplex. En modo full dúplex aunque el emisor no tenga datos para transmitir se transmiten caracteres vacíos y el receptor permanece sincronizado todo el tiempo. Aunque el modo CSMA/CD ya no se use, el preámbulo al inicio de la trama permanece como un recuerdo de los primeros días. Debido a esto la IEEE 802.3 decidió darle al preámbulo un mejor uso.

Para permitir información adicional en el preámbulo su formato se ha modificado como se muestra en la Figura 3.14. En el dispositivo enviante, la función LTE, localizada en la subcapa de reconciliación, reemplaza alguno de los octetos en el preámbulo con algunos campos: inicio de identificador LLID (SLD), LLID consistiendo en el bit de modo y el identificador lógico de enlace, un CRC de ocho bits. La función LTE en el lado receptor extraerá estos campos y los reemplazará con el preámbulo convencional antes de pasarlo a la capa MAC superior.

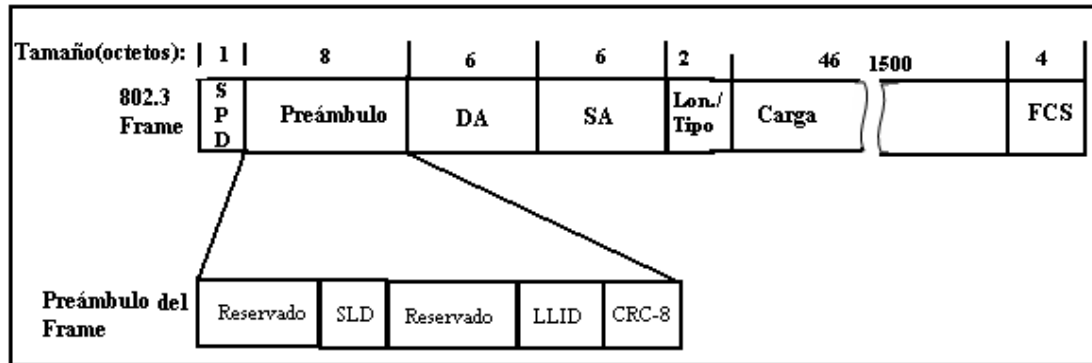


Figura 3.14: Formato de preámbulo en EPON
Fuente: Autora

3.16 Chequeo de Redundancia Cíclica (CRC)

Debido a que en EPON el preámbulo lleva información útil, el receptor debería ser capaz de verificar su integridad. Esto es posible agregando el campo CRC al preámbulo. El dispositivo transmisor calcula el CRC en base a los campos del preámbulo, iniciando con el campo SLD y terminando con el campo LLID, un total de cinco octetos. El dispositivo receptor también calcula CRC sobre los mismos campos y lo compara con el valor recibido. Un CRC no coincidente indica uno o más errores. Alguno de estos errores podrían estar en el campo LLID, de ser así la trama correspondiente a este preámbulo se descarta.

El estándar especifica el siguiente polinomio generador para calcular el CRC polinomio:

$$G(x) = x^8 + x^2 + x + 1$$

El polinomio generador tiene ocho grados y genera CRC's de ocho bits, de a.C. el nombre del método CRC-8. Los chequeos de suma CRC-8 detectarán todos los errores de un solo bit y todos los errores con un número impar de bits, y errores de ráfagas menores de ocho bits de largo. El cálculo CRC puede hacerse usando un registro de desplazamiento.

3.17 Función del control Láser

Aun en la ausencia de transmisor de datos, los láseres generan ruido de emisión espontánea. Este ruido acumulado sobre todas las ONU's no transmisoras puede fácilmente oscurecer las señales de datos de ONU's distantes. Así, los láser de las ONU's deben apagarse entre transmisiones.

El marco de trabajo MPCP generado por la IEEE 802.3ah originalmente consideraba el láser del ONU controlado por una señal generada por la subcapa de control MAC. Esto parecía una decisión lógica dado que solo el MPCP ubicado en la capa de control MAC conocía las ventanas de transmisión asignadas y podría controlar el encendido y apagado en el momento preciso.

Sin embargo, en las discusiones subsecuentes se reconoció que esto representaba una violación del modelo de capas de protocolo, dado que debido a que requeriría que la señal de control láser bypassara múltiples subcapas: MAC, RS, GMII, PCS, IPMA. Una nueva solución se encontró en septiembre del 2003. Esta solución permite que la subcapa PCS monitoree el paso de los datos y decida cuando debería apagarse el láser y cuando encenderse. Esta nueva funcionalidad se define en nueva función llamada detección de datos.

3.18 Función de detección de datos

En el camino de los datos, el detector de datos se localiza luego del ENCODER 8b/10b ; por lo tanto, opera en palabras de 10 bits, además referido, como codificador de grupos. En esencia, el detector de datos es simplemente una línea de retardo, la cual impone un retardo constante sobre los datos pasando a través de la PC's (Figura 3.15).

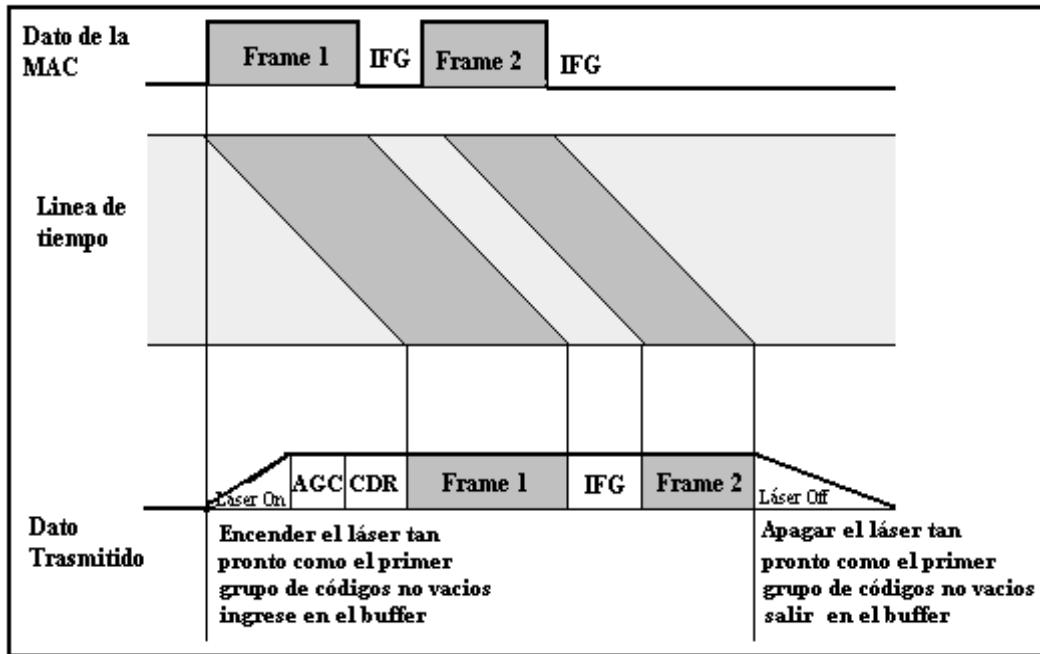


Figura 3.15: Diagrama de tiempo de función de detección de datos
Fuente: Autora

La línea de retardo puede implementarse como un buffer FIFO con velocidades de entrada y salida coincidentes. El propósito de introducir una línea de retardo es proveer a la capa física suficiente tiempo para encender el láser y generar la secuencia de sincronización necesaria antes de transmitir los datos. Esta secuencia de sincronización consiste de grupos de códigos vacíos necesarios para que el receptor pueda ser ajustes de ganancias automáticas y sincronización de reloj.

Una vez inicializado, el buffer se llena con grupos de códigos vacíos cuando el primero grupo de código no vacío llega al buffer, el buffer generalmente genera una señal para encender el láser. A este momento el primer grupo de código de datos

alcanza la cabeza de datos, el láser habrá sido completamente encendido y la secuencia de sincronización necesaria se transmitirá.

Cuando el último código de grupo no vacío deja el buffer, el detector de buffers genera la señal de apagado de láser. Debido a que se sabe que el buffer no tiene datos, el detector de datos tiene la garantía de tener suficiente tiempo para encender el láser cuando el siguiente grupo de caracteres arribe.

La Figura 3.16 ilustra que si una ONU deja una ranura vacía larga en su transmisión de subida, el detector de datos puede parcial o completamente apagar el láser en medio de una transmisión. Este comportamiento no introduce ningún defecto indeseable, dado que el detector de datos siempre garantizará suficiente tiempo para que el láser se vuelva a encender y la secuencia de sincronización se genere nuevamente.

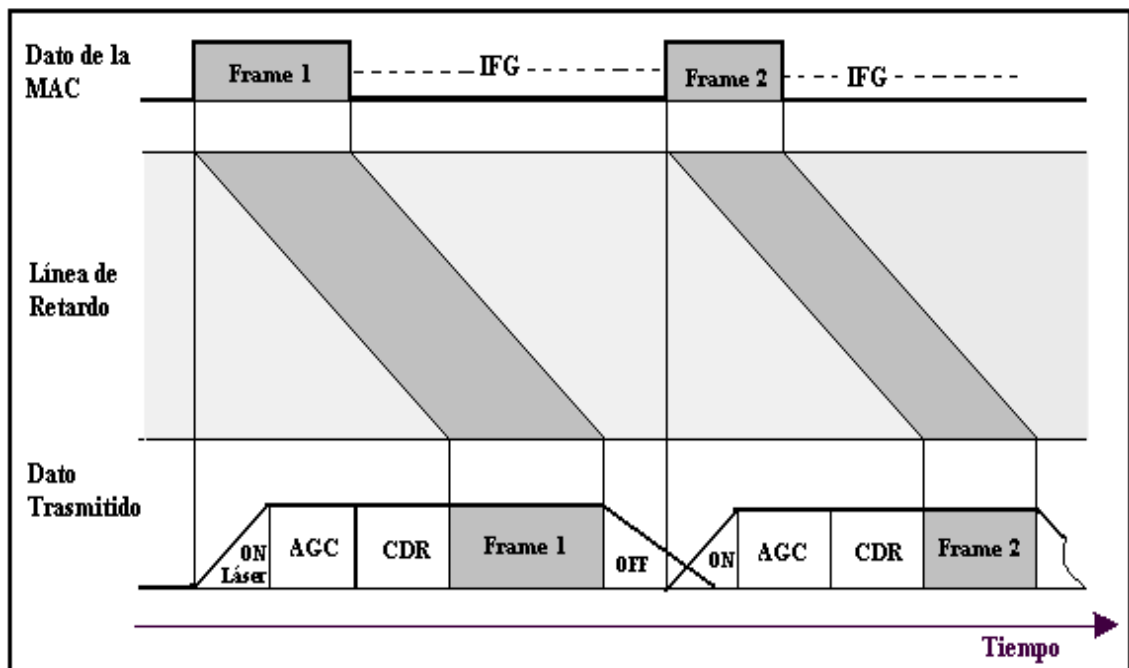


Figura 3. 16: Figura parcial del láser apagado durante la transmisión de la ONU

Fuente: Autora

3.19 Diagrama de estados del detector de datos

El diagrama de estados del detector de datos se muestra en la Figura 3.17. Para monitorear si es que el buffer fifo, el detector mantiene una llamada IdleLength, la cual representa la ejecución continua de vacíos terminando con el grupo de códigos más recientemente recibidos. Si el código de grupo más reciente recibido no este vacío, el valor de IdleLength se pone a cero.

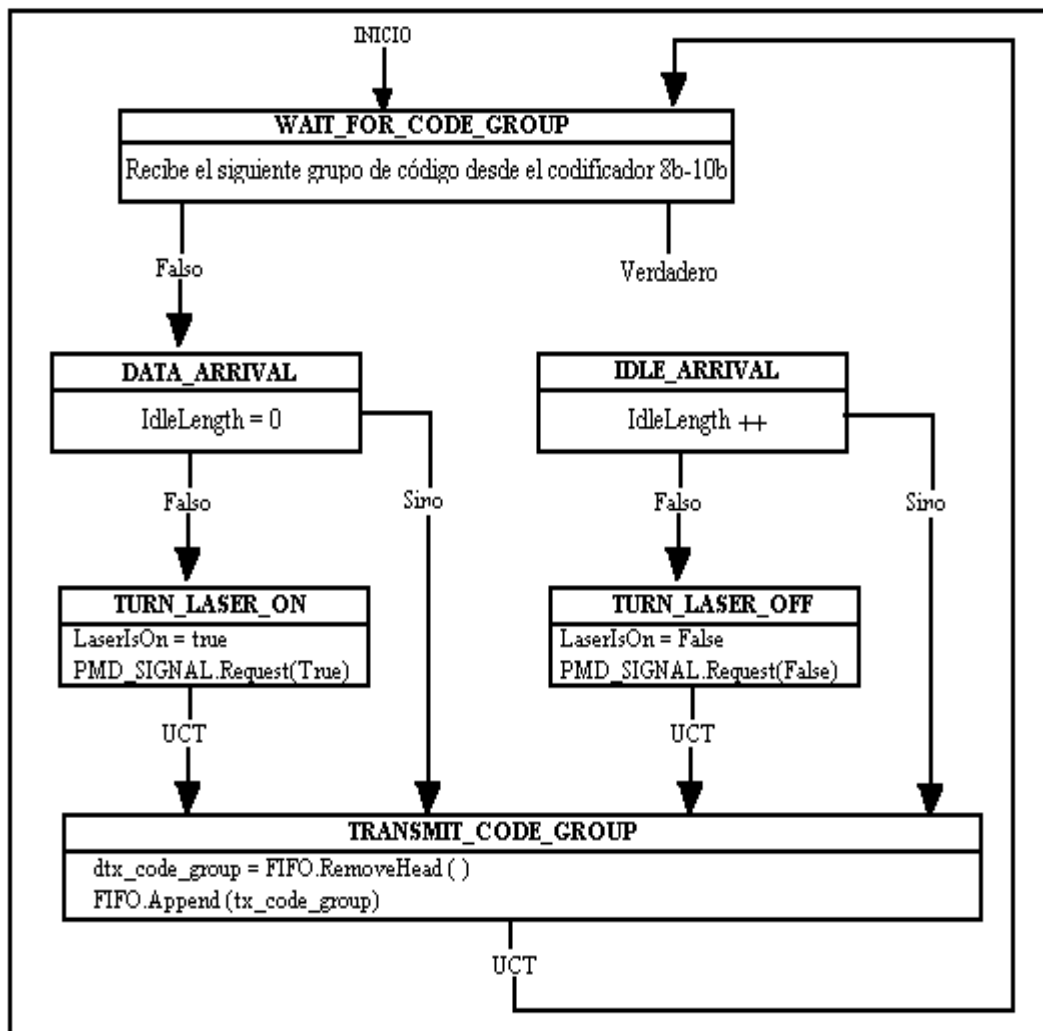


Figura 3. 17: Diagrama de estado de detector de datos

Fuente: Autora

3.20 Tamaño del buffer FIFO

El retardo introducido por el buffer FIFO será suficiente para encender el láser, y generar la secuencia de sincronización necesaria para que el receptor del OLT ajuste la ganancia y sincronice el reloj. El tiempo para encender el láser (Ton) es especificado en el estándar IEEE 802.3ah a 512ns. El tiempo para ajustar la ganancia y sincronizar el reloj puede variar pero no deberían acceder los 400 ns cada uno. Además debe reservarse 32ns para alinear los grupos de código del receptor. Por lo tanto, el retardo máximo producido por el buffer fifo no debe exceder $512 + 400 + 400 + 32 = 1344$ ns.

Los tiempos de ajustes de ganancia y de sincronización de reloj son negociables; si el OLT tiene componentes ópticos más rápido o la calidad de señal es alta, puede ser que no se requiera los 400ns anteriores. Una vez recibida el tiempo de sincronización, la ONU debería cambiar el tamaño de la FIFO.

Capítulo IV

Diseño de la red

4.1 Generalidades de la red

En este capítulo analizaremos los aspectos técnicos para implementación de la red **GEPON** en la ciudad de Guayaquil. También especificaremos los requisitos y características de los equipos activos y pasivos de la red y escogeremos los equipos más adecuados en términos de la relación rendimiento/precio.

4.2 Diseño de la red GEAPON: Capa física

La red de acceso a implementarse tendrá el modelo jerárquico en estrella, donde cada nodo atenderá a una zona específica de la ciudad con extensiones bien delimitadas que hagan viable la implementación. La justificación de la elección de la topología en estrella es que de esta manera podemos limitar la extensión de la fibra de última milla hacia el cliente, para de esta manera ser competitivos. Cada nodo será alimentado por una conexión de fibra óptica que proveerá la empresa que nos dará el servicio de portadora, la negociación de los costos con la portadora será de fundamental importancia para la viabilidad del negocio. Nosotros hemos seleccionado como posible proveedor a la empresa Telconet, la razón fundamental para esta elección es que la infraestructura de red de esta portadora está basada en el protocolo MPLS, lo que garantiza asignación de anchos de banda para las aplicaciones en tiempo real como Video bajo Demanda (VoD), otra razón fundamental es que su red de fibra óptica cubre la mayor parte de Guayaquil.

4.2.1 Elección de la topología PON

Tenemos dos opciones para la elección de la tecnología PON: TDMA PON y WDM PON, la tecnología actual ha hecho muy confiable cualquiera de las dos opciones.

WDMA PON utiliza una longitud de onda por cada suscriptor, pero la desventaja es que cada ONU debe ser ajustada para que trabaje con una determinada longitud de onda, esto hace que el ONU tenga un costo superior.

Es debido a esto que hemos elegido usar TDMA PON, debido a su simplicidad, lo que hace al ONU más económico y simple. Otra desventaja del uso de WDMA es que para la instalación de cada suscriptor se necesita un ajuste particular en cada ONU, lo que significa una dificultad adicional para el técnico que hace la instalación de la ONU.

4.2.2 Dimensiones y cobertura del nodo de acceso

Las dimensiones de cobertura del nodo tipo de acceso están definidos por los costos de implementación del mismo, para nuestro modelo de negocios hemos considerado una cobertura de un radio de 500m para cada nodo aproximadamente. Desde cada nodo saldrá una fibra óptica de 250m en cada dirección hacia el splitter, desde el splitter hemos considerado una distancia máxima hasta el cliente de 250m, esta limitación auto impuesta hará que los costos de instalación tengan un valor controlado y accesible para el abonado. En la Figura 4.1 se muestra un nodo del mapa de una zona de Guayaquil y ubicación del nodo en el centro, desde donde salen 4 ramas de fibra en distintas direcciones, cada ramal tiene una longitud de 250m.

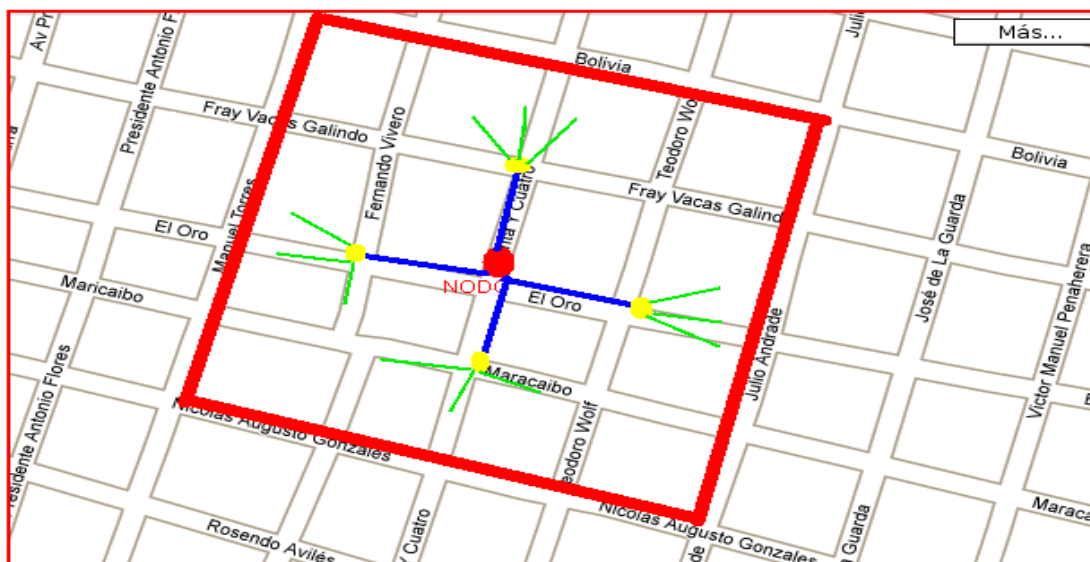


Figura 4.1: Se muestra el área de cobertura GEPON de un nodo tipo
 Fuente: <http://maps.google.com>

Simbología:

Rectángulo: Área de cobertura del Nodo

Círculo rojo: Nodo (Incluye OLT)

Círculo amarillo: Splitter

Línea Azul: Fibra Óptica desde el Nodo hacia el splitter (Distancia máxima 250m)

Línea Verde: Fibra óptica hacia el abonado (Distancia máxima 250m).

4.2.1 Conexión del nodo hacia la red Metro Ethernet

El nodo será alimentado con una conexión de fibra óptica desde el nodo más cercano del proveedor, esta es una conexión de fibra óptica de alta velocidad, probablemente de un switch gigabit Ethernet propiedad del portador. El proveedor será responsable de garantizar una conexión robusta y confiable con un nivel de servicio mínimo de “cinco nueves” (99.999% de disponibilidad) debido a que prestaremos servicios de televisión IP. Para esto exigiremos del proveedor conexiones de fibra redundante.

4.3 Distribución geográfica de los nodos GEPON para la Ciudad de Guayaquil y el cantón Samborondón.

Sabiendo que Guayaquil, es una ciudad con un desarrollo económico significativo se pretende llevar la red GEPON a la última milla y dar la conexión al usuario final mediante una red de acceso que permita dar una buena cobertura a sus potenciales clientes.

Para ello hemos dividido la ciudad de Guayaquil en seis zonas que representan la ciudad, para el despliegue de la cobertura empezaremos por las ciudadelas escogidas estratégicamente de cada zona, es decir las ciudadelas que tienen un mayor crecimiento económico para ubicar los nodos, para dar cobertura a esa zona. A continuación mostraremos los 60 nodos de la Ciudad de Guayaquil y las zonas a la que daremos cobertura.

Las zonas para el despliegue de la red GEPON son:

Zona Sur.- Se compone de las ciudadelas: Del Astillero, Ximena, Centenario, Centenario Sur, Las América, Las Acacias, La Saiba, Los Almendros, Cdla. Nueve de octubre, Barrio Cuba, Huancavilca, Sopeña, Los Esteros, Urbanización Valdivia, Las Praderas, La Libertad, Los Tulipanes, Cooperativa Siete Lagos, Amazonas, Casitas del Guasmo, Precoop. La Ría, La Floresta, Cdla. del Periodista, Cdla. del Maestro.

De este grupo de ciudadelas, hemos seleccionado aquellas en donde se note un mayor desarrollo económico, entre las cuales hemos identificado las siguientes: La Floresta, La Saiba, Los Almendros, Nueve de Octubre, Sopeña, La Pradera, Centenario, Las Terrazas, Las Tejas. Las Américas, Ximena, Huancavilca.

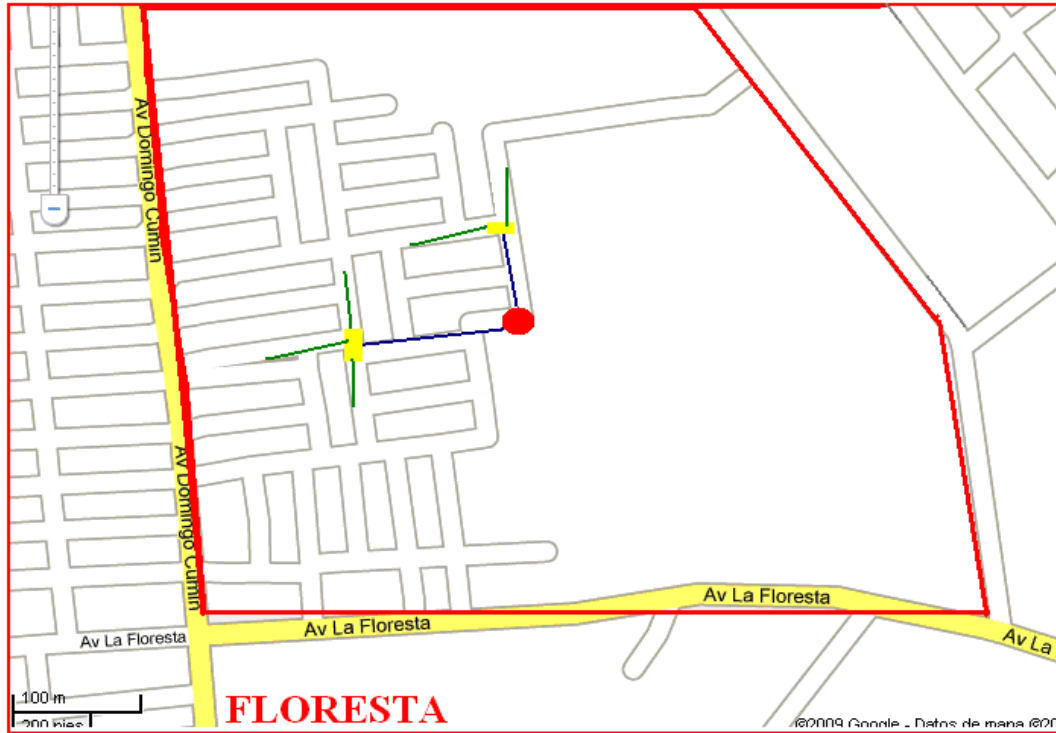


Figura 4.2: Ubicación de nodo 1 tipo en Cda. La Floresta
 Fuente: <http://maps.google.com>



Figura 4.3 : Nodo 2. Cda. Los Almendros
 Fuente: <http://maps.google.com>

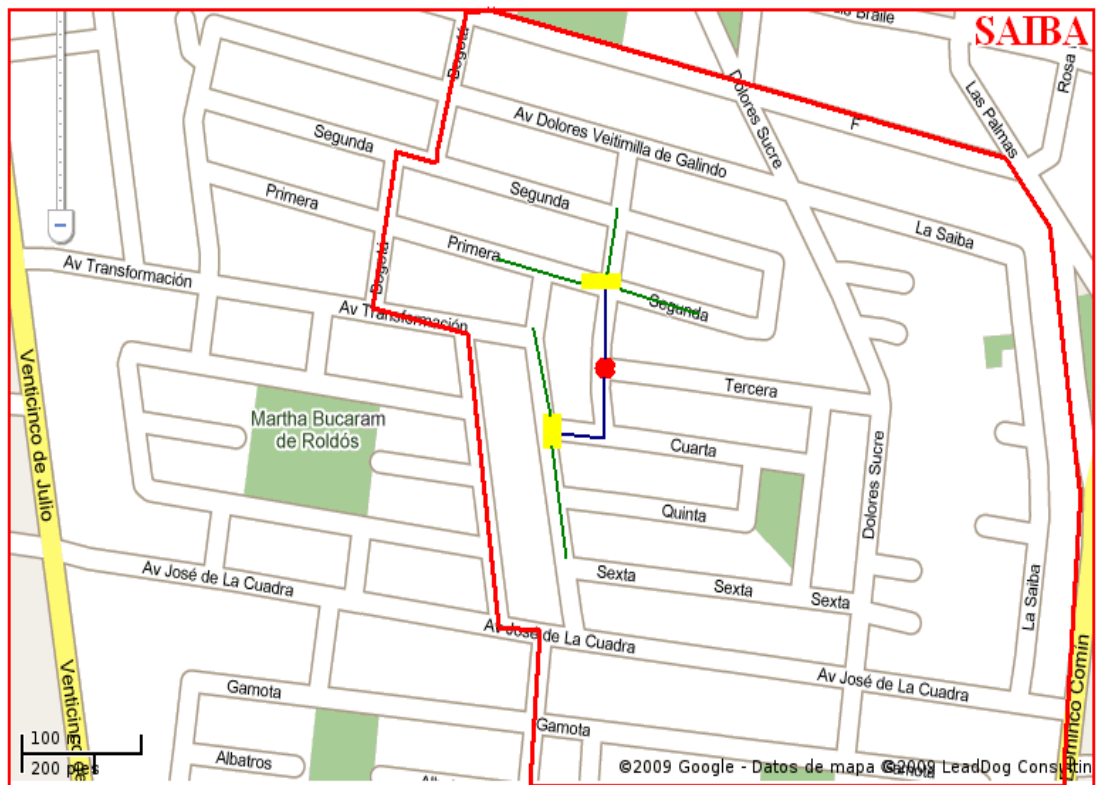


Figura 4.4 : Nodo 3. Cdma. La saiba
 Fuente: <http://maps.google.com>

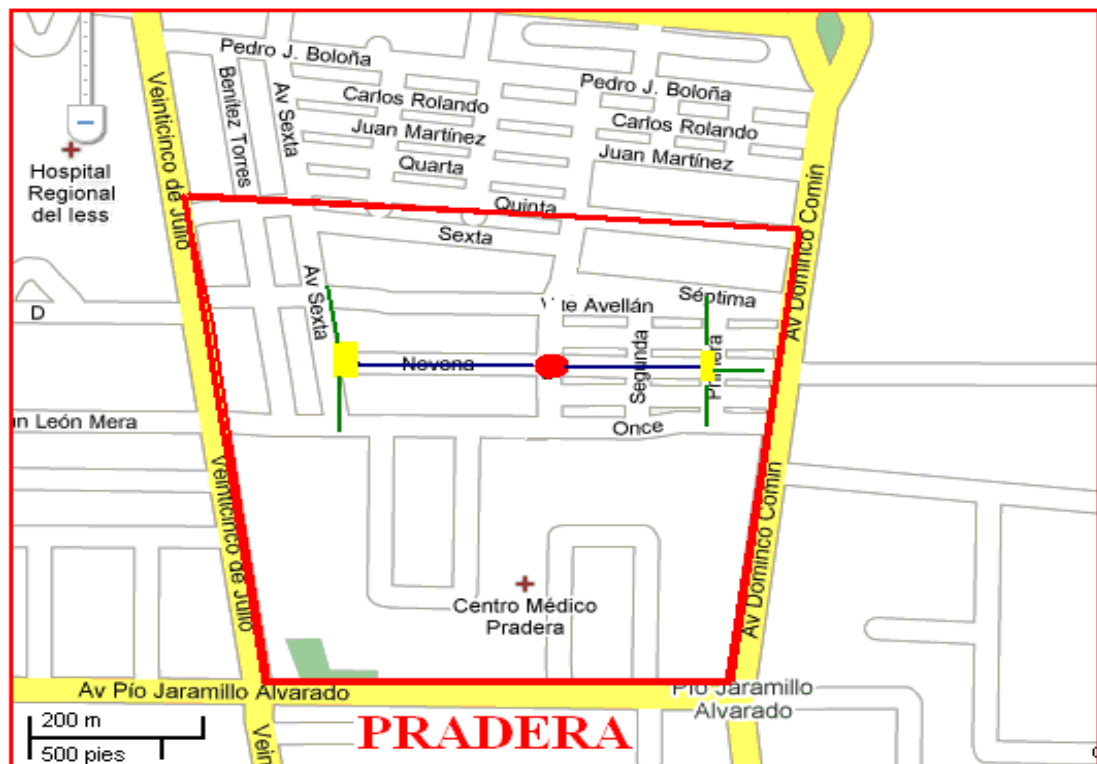


Figura 4.5 : Nodo 4. Cdma. Pradera
 Fuente: <http://maps.google.com>

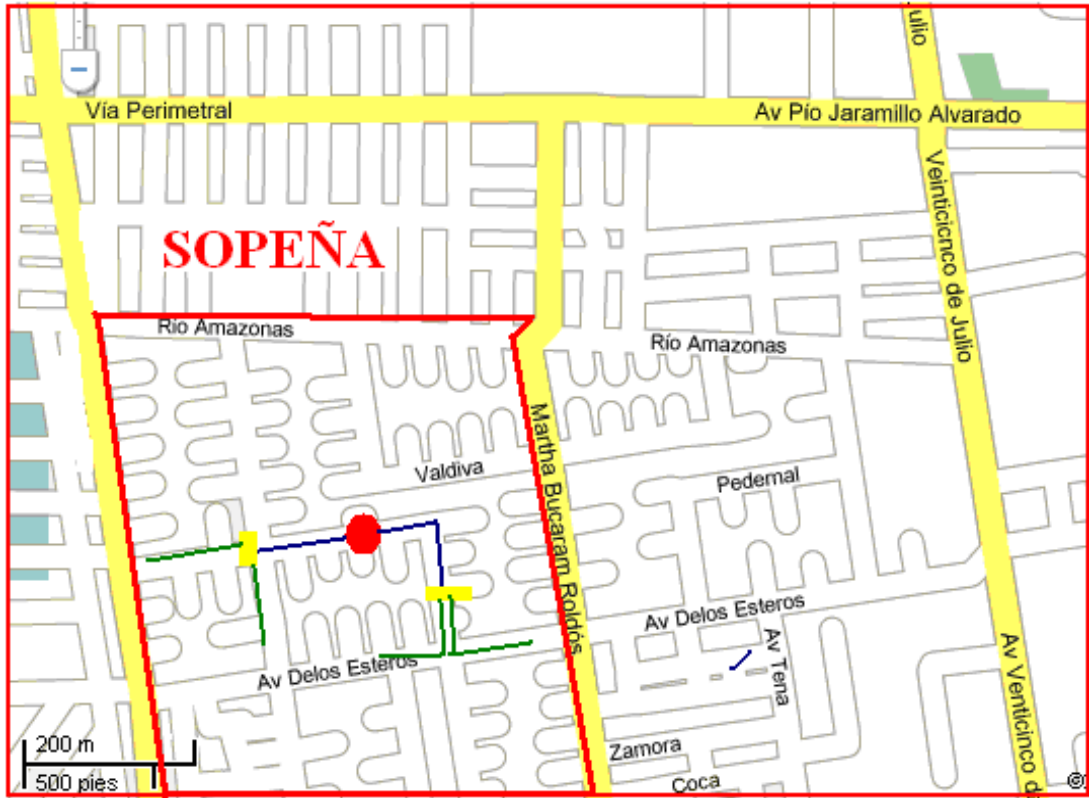


Figura 4.6: Nodo 5. Cdla. Sopeña
Fuente: Autora

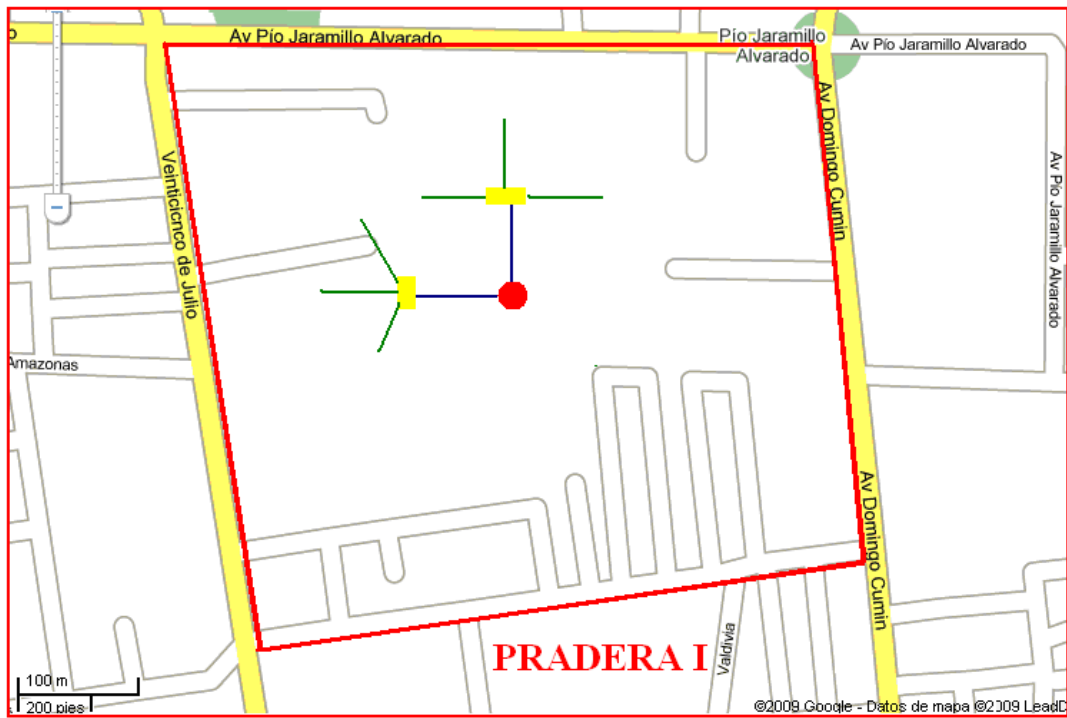


Figura 4.7 : Nodo 6. Cdla. Pradera 1
Fuente: <http://maps.google.com>

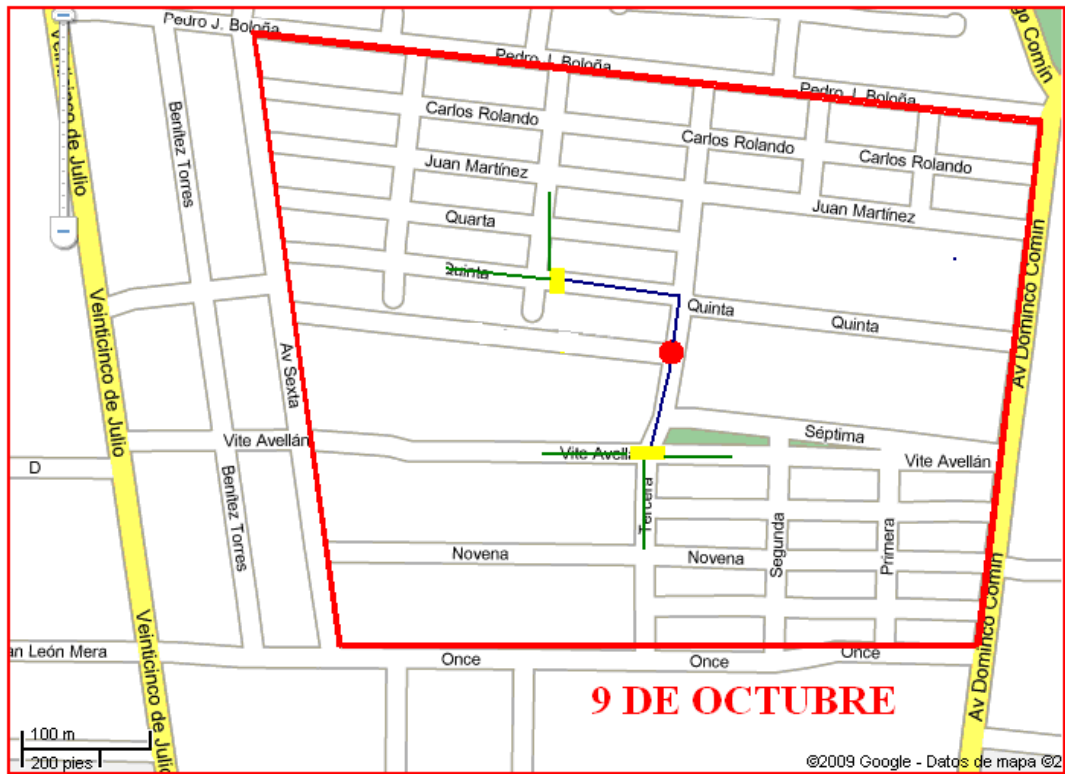


Figura 4.8: Nodo 7. Cdl. Nueve de Octubre
 Fuente: <http://maps.google.com>

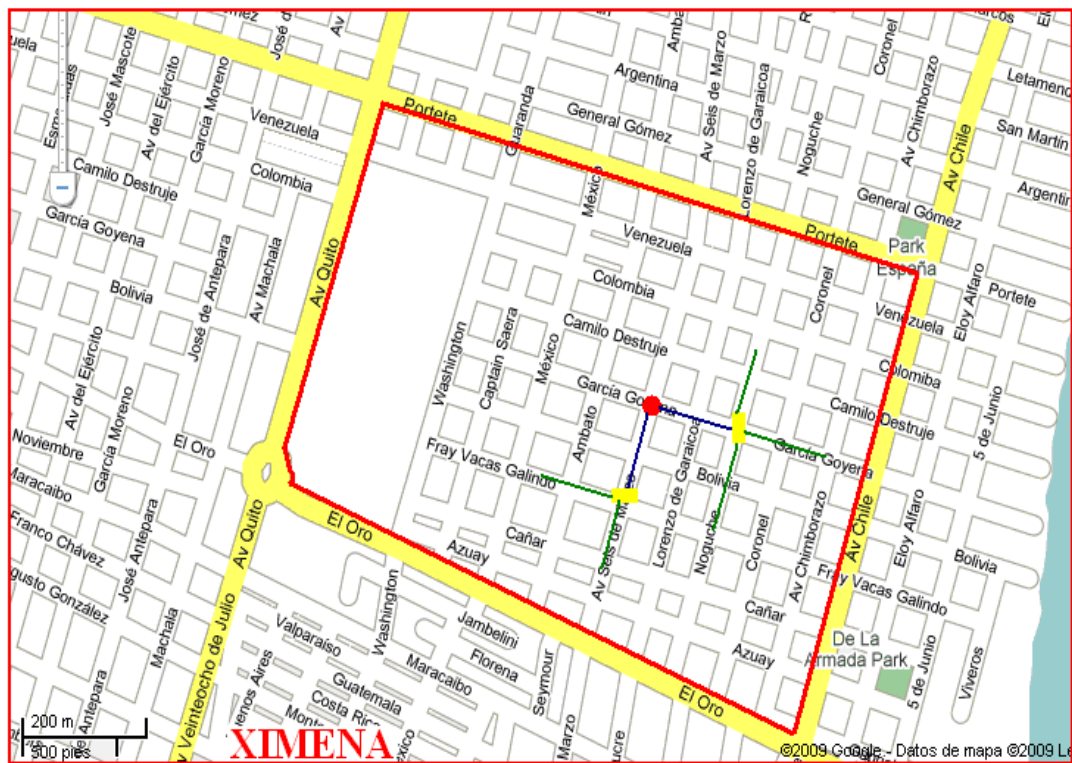


Figura 4.9 : Nodo 8. Cdl. Ximena
 Fuente: <http://maps.google.com>

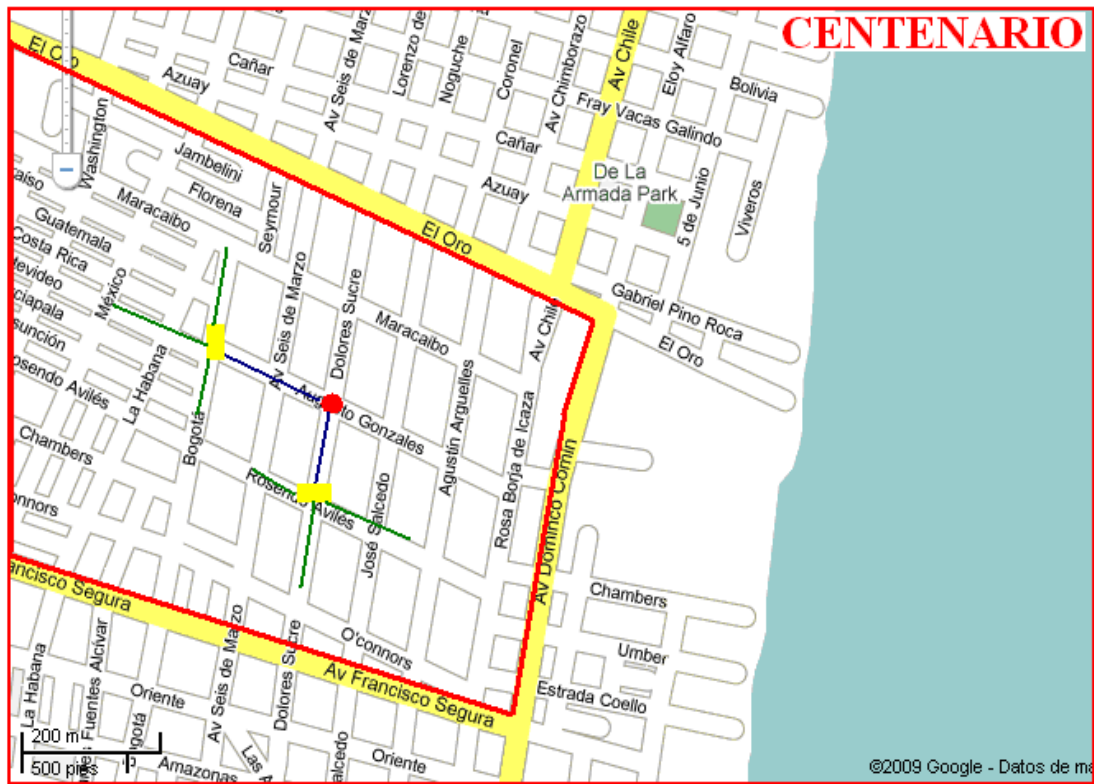


Figura 4.10: Nodo 9. Barrio Centenario

Fuente: <http://maps.google.com/>



Figura 4.11: Nodo 10. Cda. Las Américas

Fuente: <http://maps.google.com>

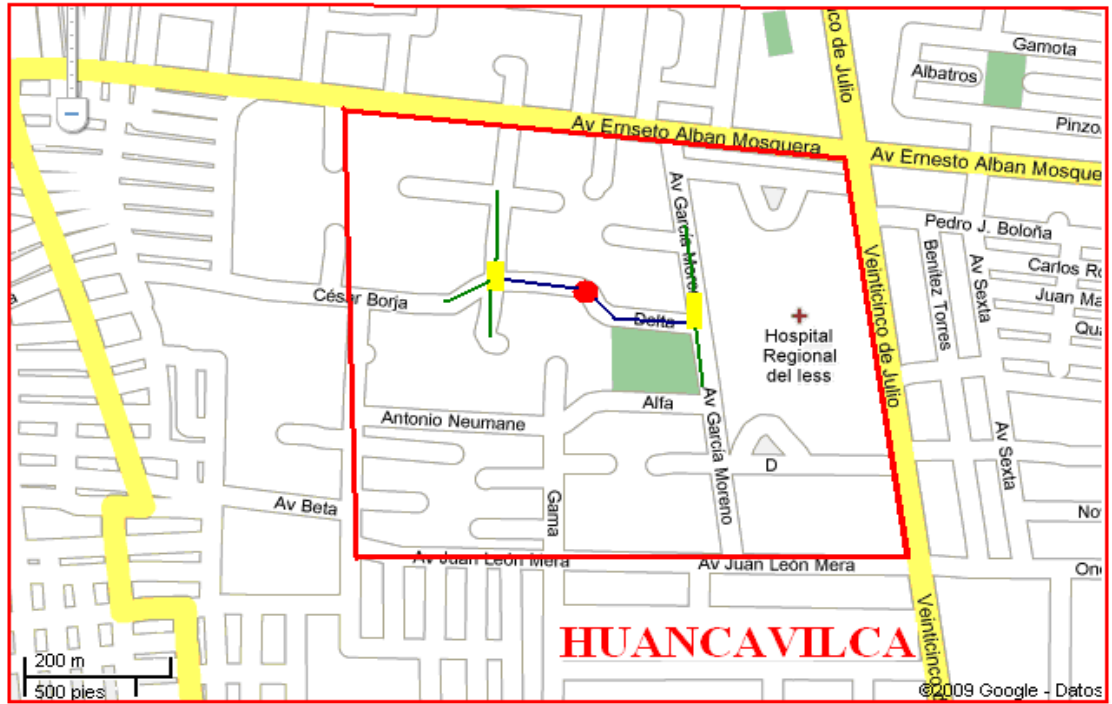


Figura 4.12: Nodo 11. Cdra. Huancavilca
 Fuente: <http://maps.google.com>

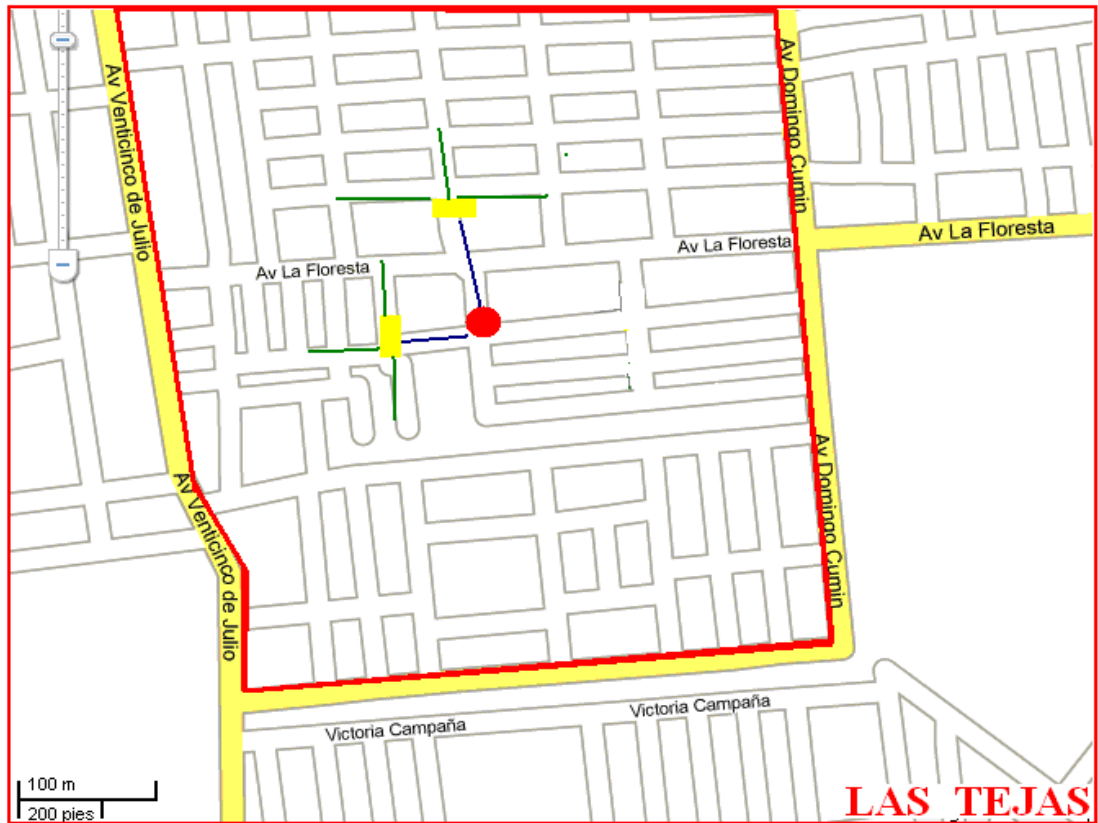


Figura 4.13: Nodo 12. Cdra. Las Tejas
 Fuente: <http://maps.google.com/>

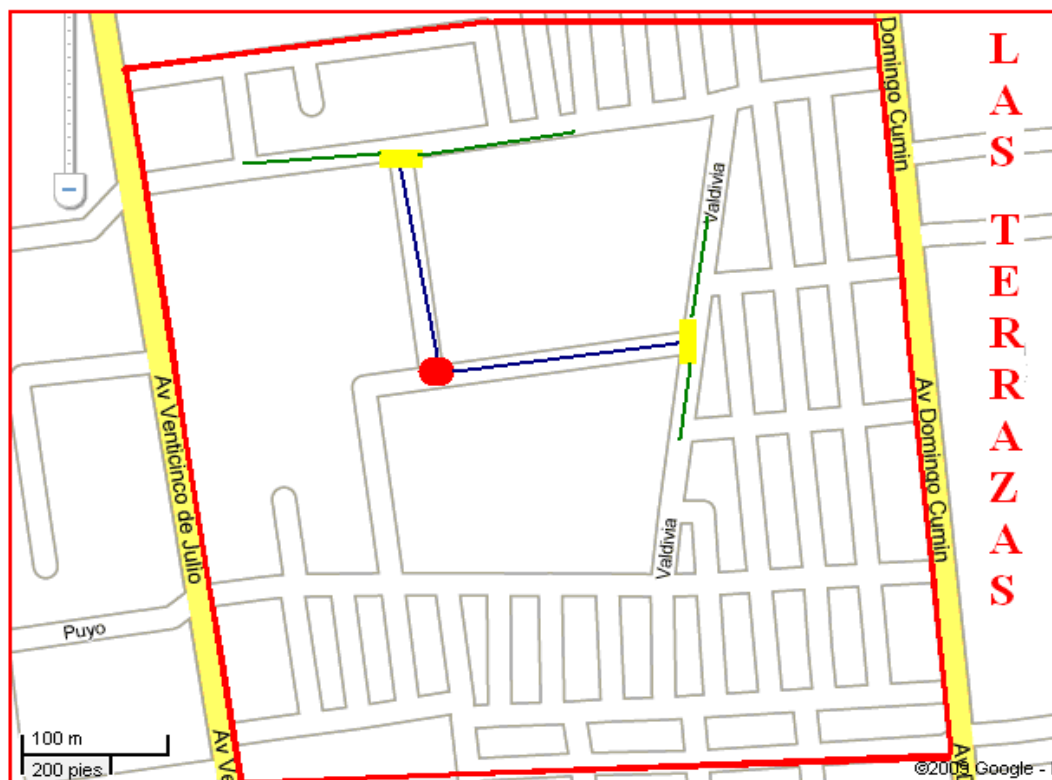


Figura 4.14: Nodo 13. Cdla. Las Terrazas
 Fuente: <http://maps.google.com/>

Zona Suroeste.- Se compone de las ciudadelas: Puerto Azul Sur, San Eduardo, Jardines del Salado, Urb. Girasol, Febres Cordero, Bellavista, Ferroviaria, La Fuente, Sol Naciente, San Pedro, Estero Salado, El Cisne, Abel Gilbert, Puerto Lisa, Letamendi, La Chala, Cdla. Atahualpa, García Moreno, Barrio Lindo, Batallón del Suburbio, Barrio Garay, Isla Trinitaria, Luz de Guayas, Guangala, Cooperativa Ángel Duarte, Cooperativa Mandela, Cuatro de marzo, Antonio Neumane, Los Ángeles, Doce de mayo, Veinticinco de julio, Independencia, La Fuerza de los Pobres, Cooperativa El Paraíso, Cooperativa Monseñor Leonidas Proaño, Cooperativa Jacobo Bucaram, Cooperativa Empleados del Municipio, Cooperativa Santiago de Guayaquil, Cooperativa Jaime Toral, Cooperativa Santiago Roldós, Cooperativa Nueve de julio

De este grupo de ciudadelas, hemos seleccionado aquellas en donde se note un mayor desarrollo económico, entre las cuales hemos identificado las siguientes: Girasoles, Veinticinco de Julio, Guangala, Los esteros, COVIEM.



Figura 4.15: Nodo 14. Cda. Los Esteros
 Fuente: <http://maps.google.com>



Figura 4.16: Nodo 15. Cda. Los Esteros(2)
 Fuente: <http://maps.google.com/>

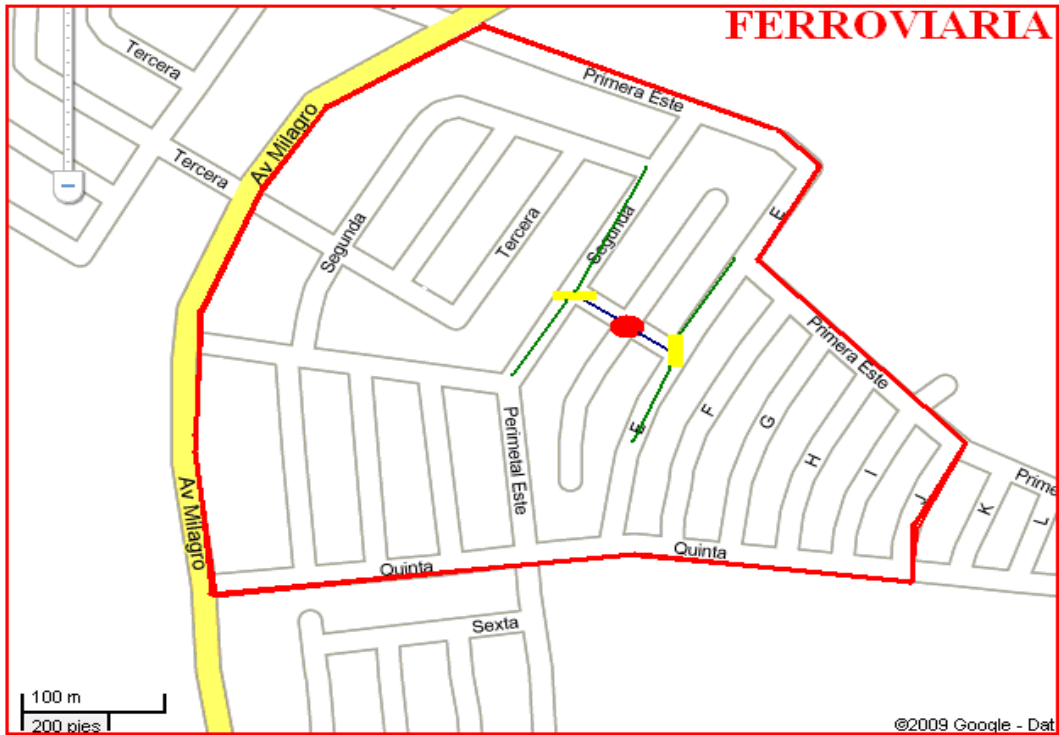


Figura 4.17: Nodo 16. Cda. Ferroviaria
 Fuente: <http://maps.google.com/>

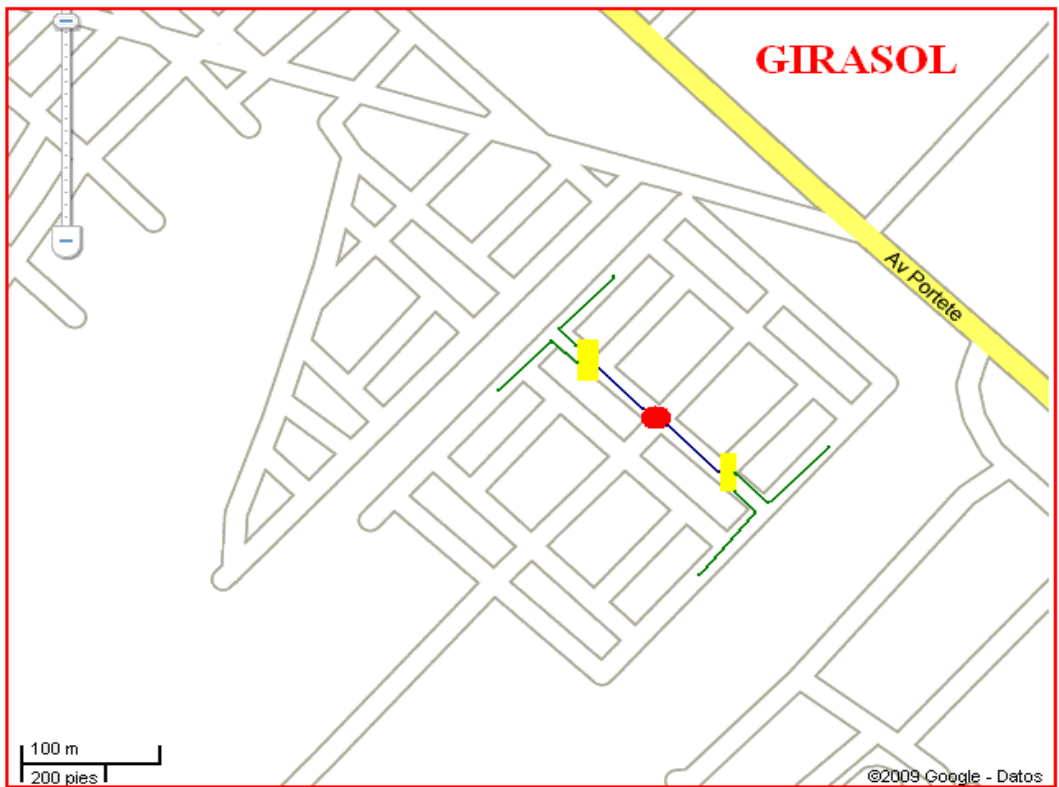


Figura 4.18: Nodo 17. Urb. Girasol
 Fuente: <http://maps.google.com/>

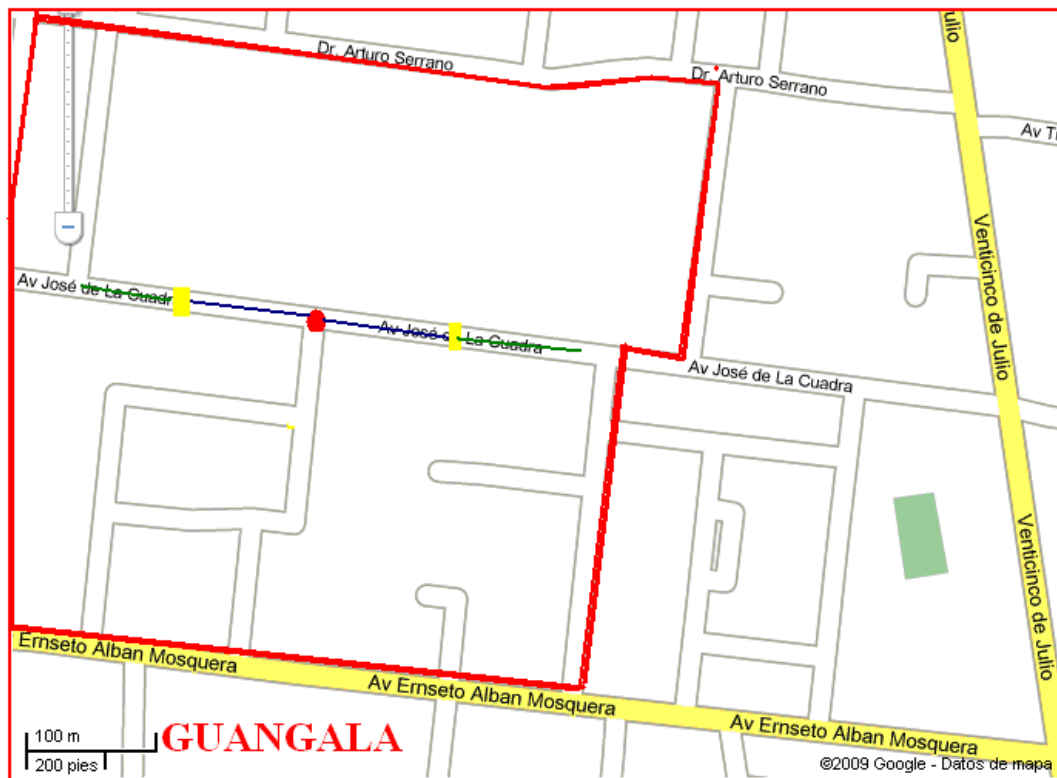


Figura 4.19: Nodo 18. Cdla. Guangala
 Fuente: <http://maps.google.com/>

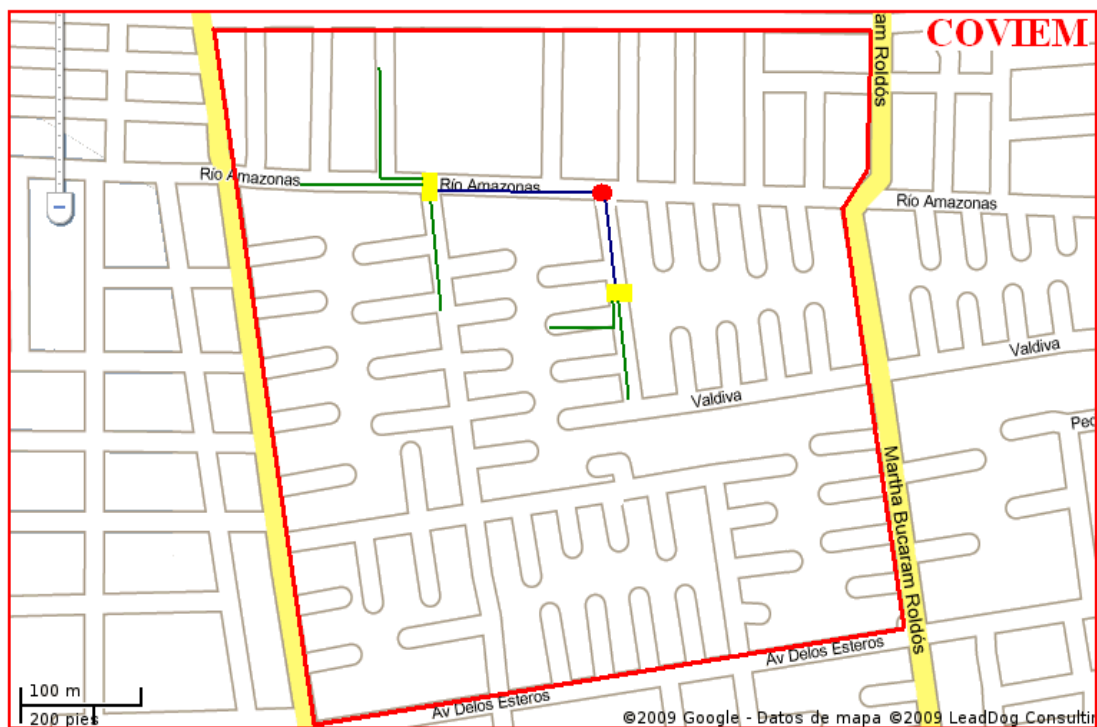


Figura 4.20: Nodo 19. Cdla. La Coviem
 Fuente: <http://maps.google.com>



Figura 4.21: Nodo 20. Cda. Del Maestro
 Fuente: <http://maps.google.com>

Zona Centro.- Se compone de las ciudadelas: Las Peñas, Roca, Pedro Carbo, Rocafuerte, Bolívar, Sucre, Urdaneta, Olmedo, La Bahía, Ayacucho. Centro.

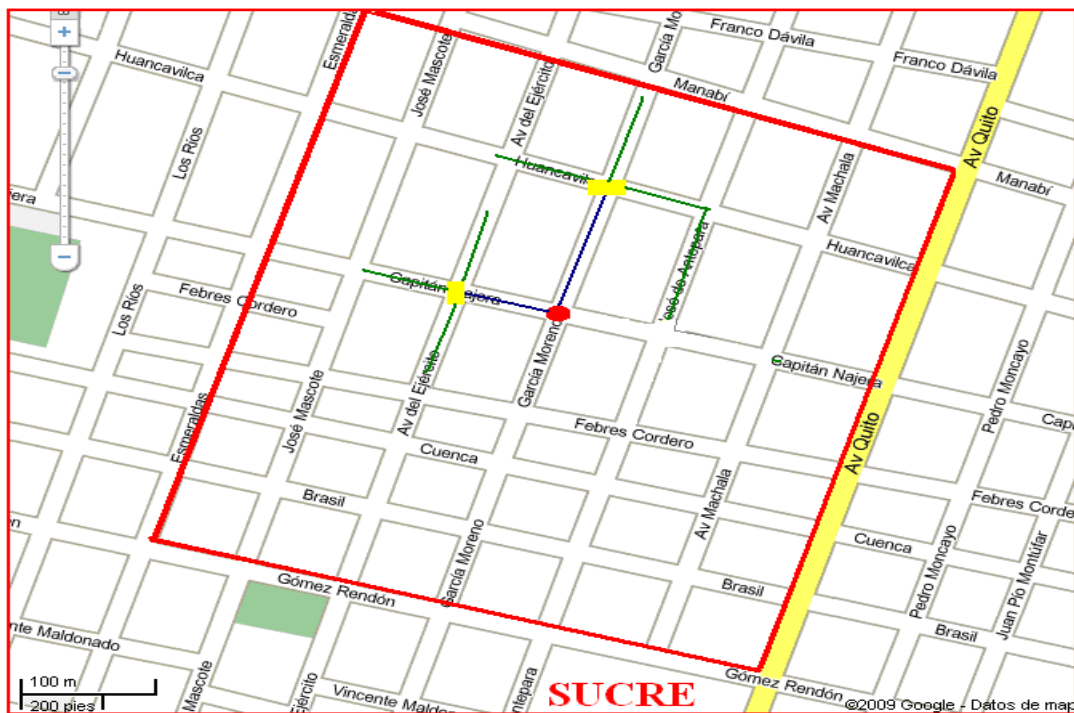


Figura 4.22: Nodo 21. Sucre
 Fuente: <http://maps.google.com>

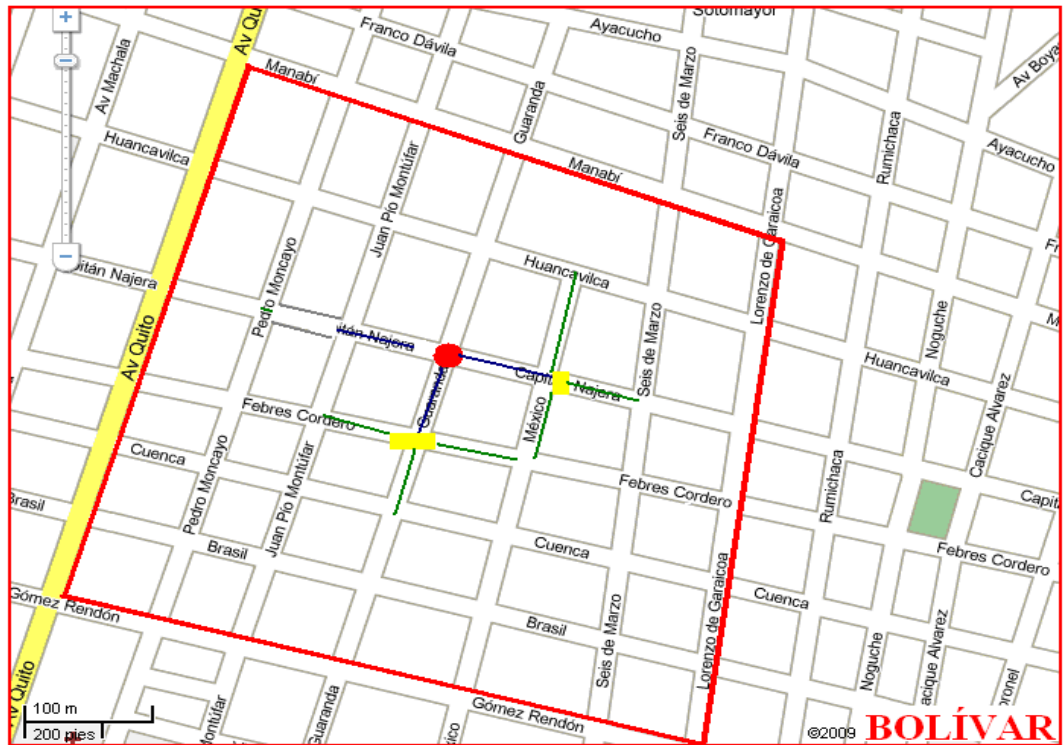


Figura 4.23: Nodo 22. Cdla. Bolívar
 Fuente: <http://maps.google.com/>

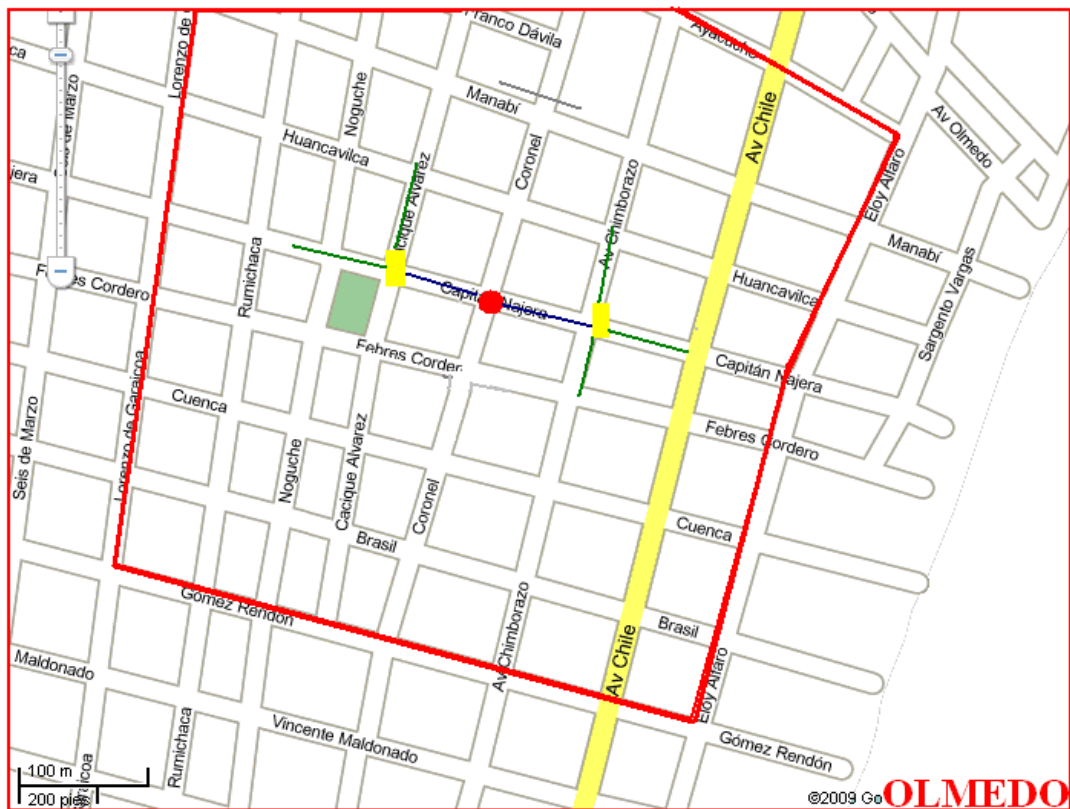


Figura 4.24: Nodo 23. Olmedo
 Fuente: http://maps.google.com

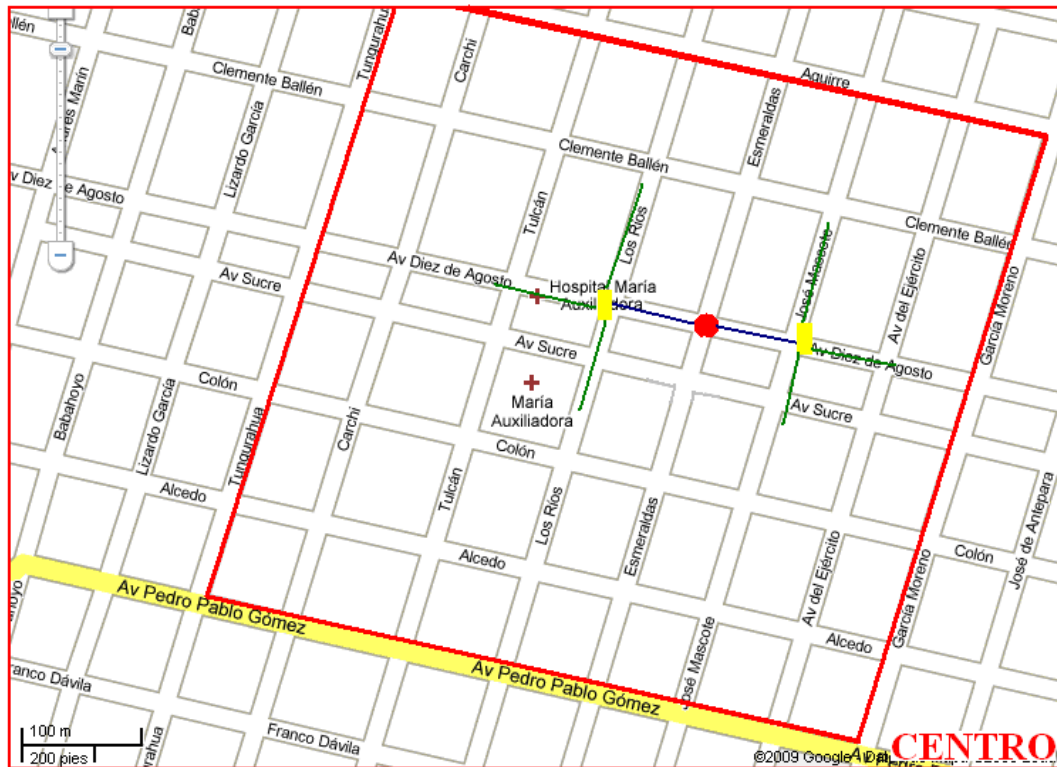


Figura 4.25: Nodo 24. Centro
 Fuente: <http://maps.google.com>

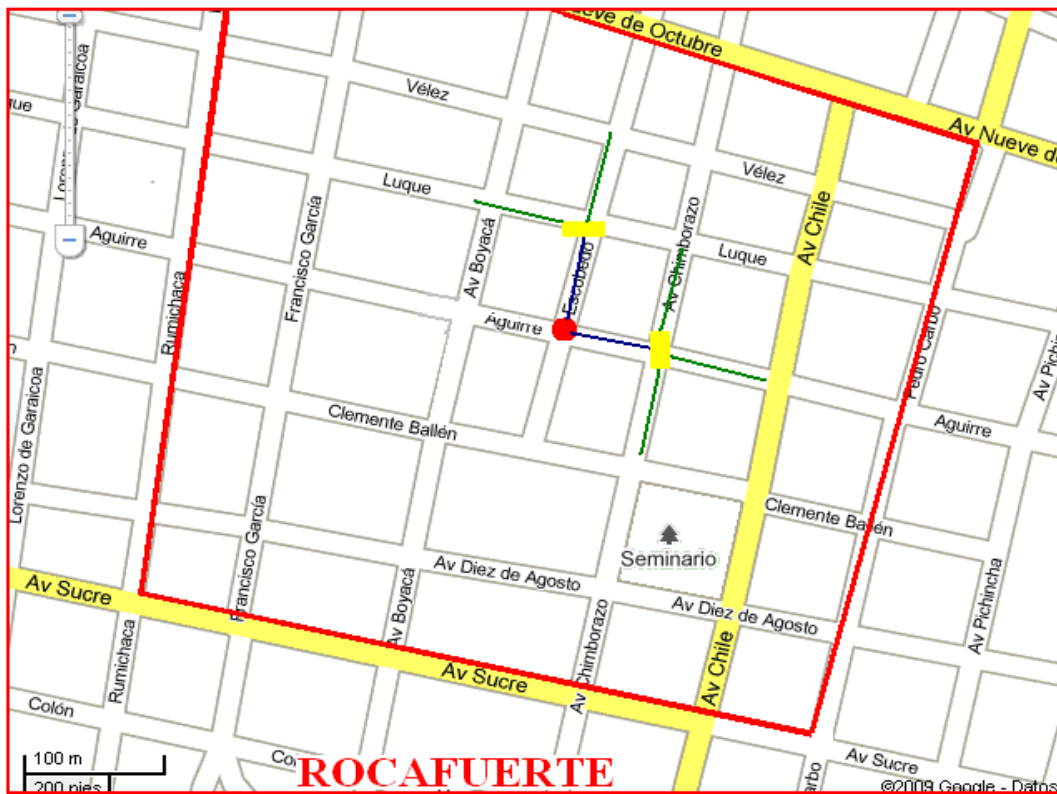


Figura 4.26: Nodo 25. Rocafuerte
 Fuente: <http://maps.google.com>

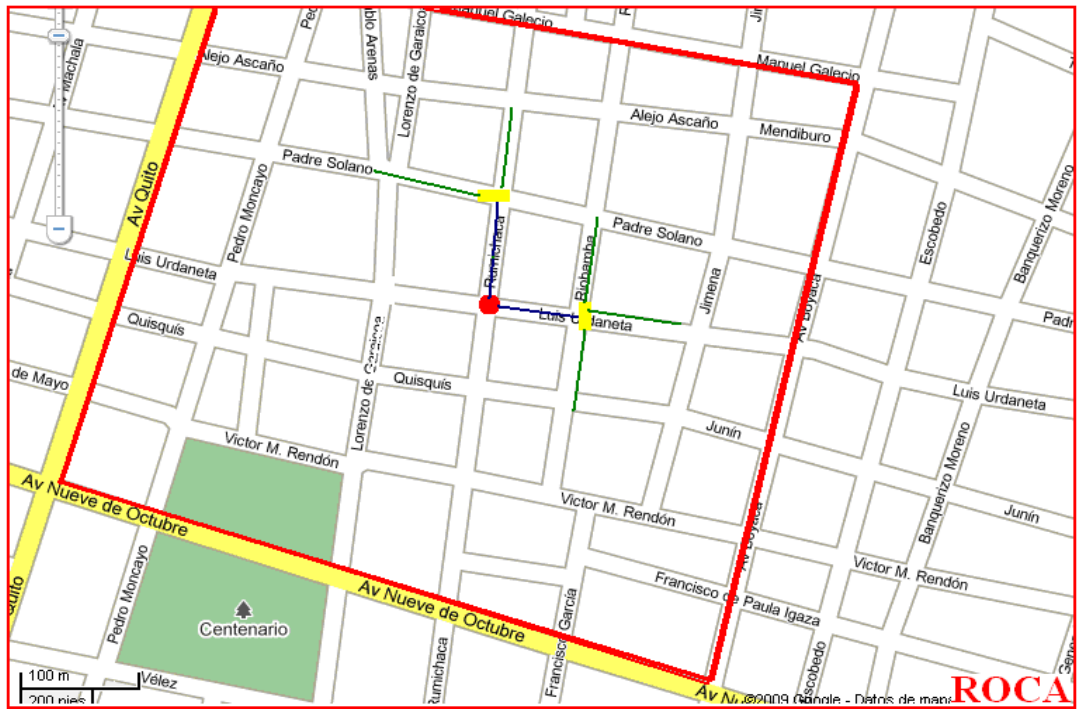


Figura 4.27: Nodo 26. Roca
 Fuente: <http://maps.google.com>

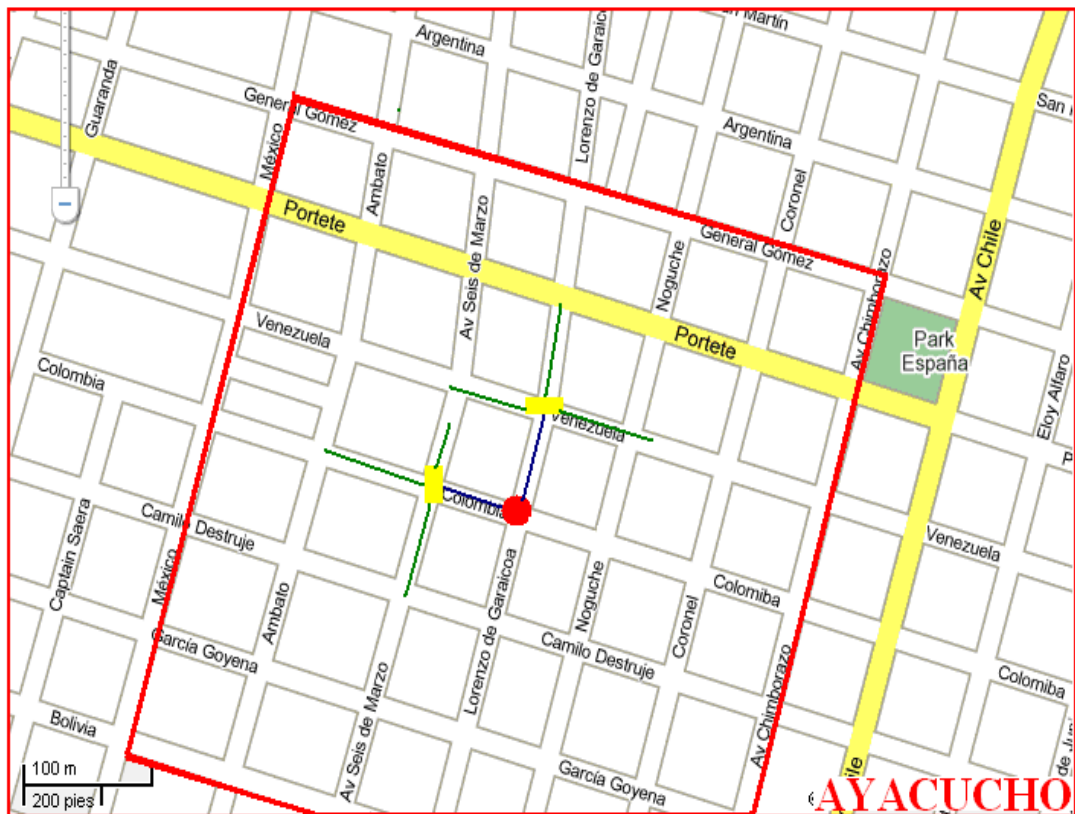


Figura 4.28: Nodo 27. Ayacucho
 Fuente: <http://maps.google.com>

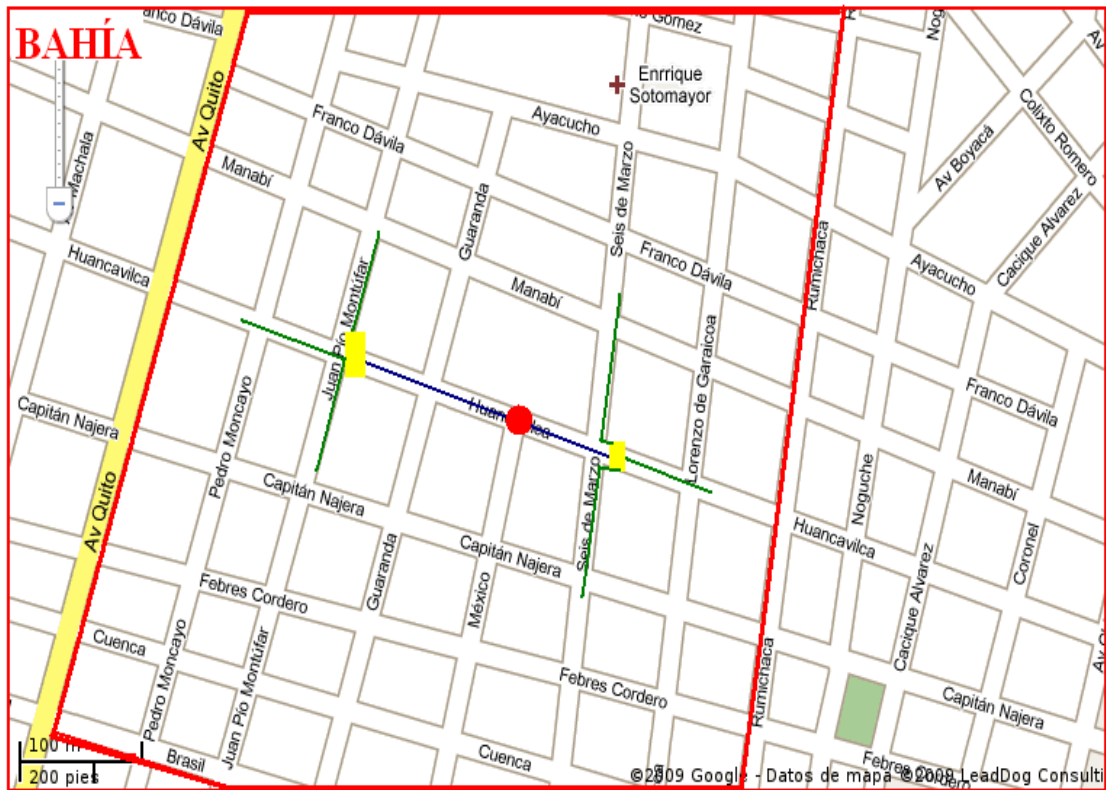


Figura 4.29: Nodo 28. Bahía
 Fuente: <http://maps.google.com>

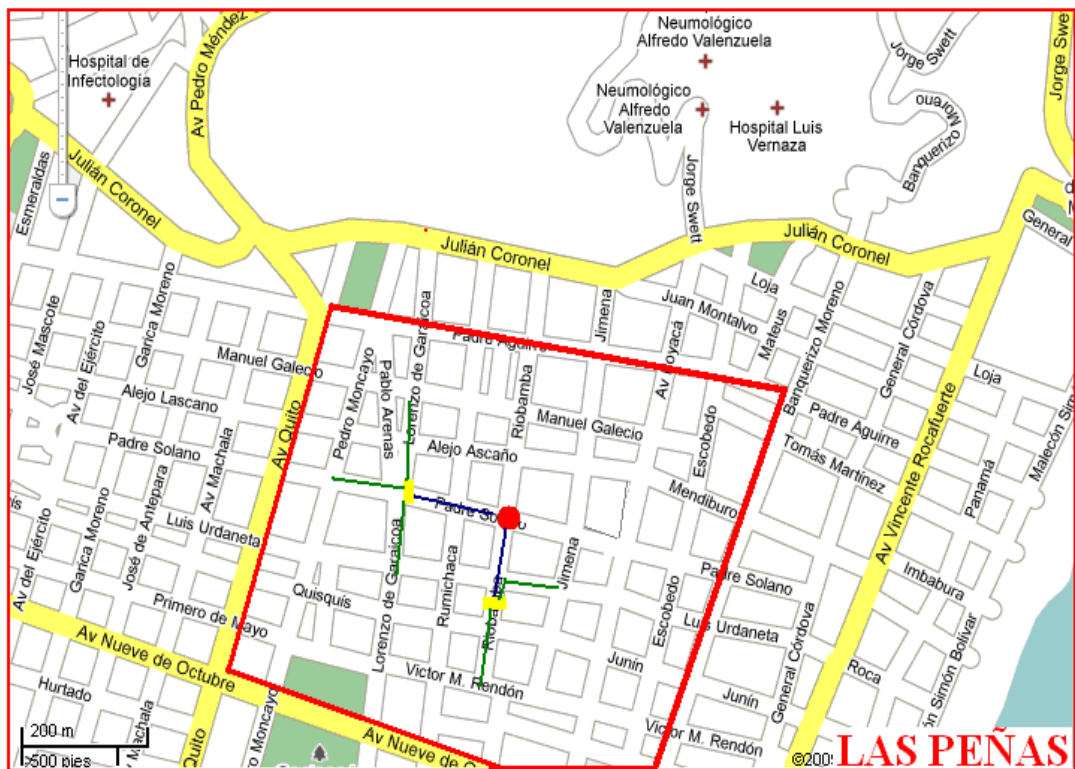
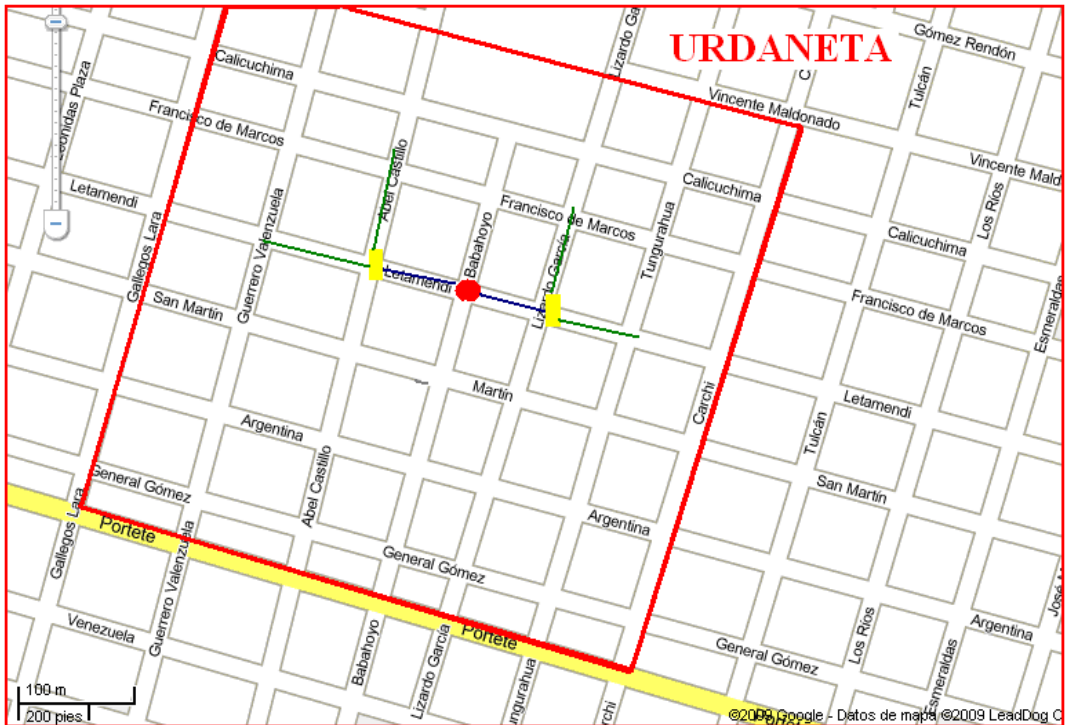


Figura 4.30: Nodo 29. Las Peñas
 Fuente: <http://maps.google.com>



PEDRO CARBO

Figura 4.31: Nodo 30. Pedro Carbo
Fuente: <http://maps.google.com>



URDANETA

Figura 4.32: Nodo 31. Urdaneta
Fuente: <http://maps.google.com>

Zona Noroeste.- Se compone de las ciudadelas: Pascuales, Las Orquídeas Este, Bastión Popular, Monte Bello, Los Vergeles, Samanes, Urb. Los Geranios, Quinto Guayas Oeste, La Florida, Juan Montalvo, El Cóndor, Prosperina, Mapasingue, Lomas de Prosperina, Alborada Oeste, Ceibos, Ceibos Norte, Las Cumbres, Santa Cecilia, Prosperina; Urdenor 1 y 2; Kennedy;Urdesa; Lomas de Urdesa; Portón de las Lomas; Miraflores; Bosques del Salado, Urbanor, Colinas de los Ceibos, Parques de los Ceibos, San Eduardo, Los Olivos, Olimpos, Los Parques, Los Senderos, Puerto Azul Norte, Urb. Torres del Salado, Urb. Terra Nostra, Urb. Valle Alto.

Alborada Oeste, Ceibos norte, Urdenor, Paraíso, Kennedy este, Kennedy oeste, Urdesa, Puerto Azul, Miraflores, Los Olivos.

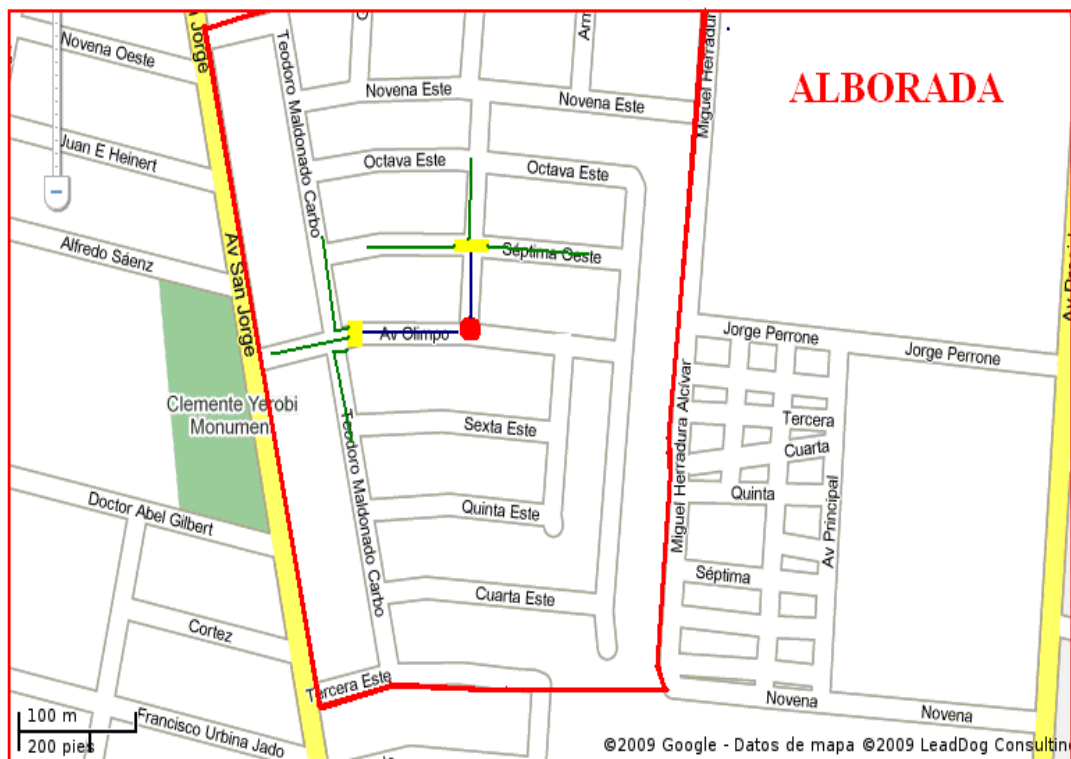


Figura 4.33: Nodo 32. Cdma Alborada
Fuente: <http://maps.google.com>

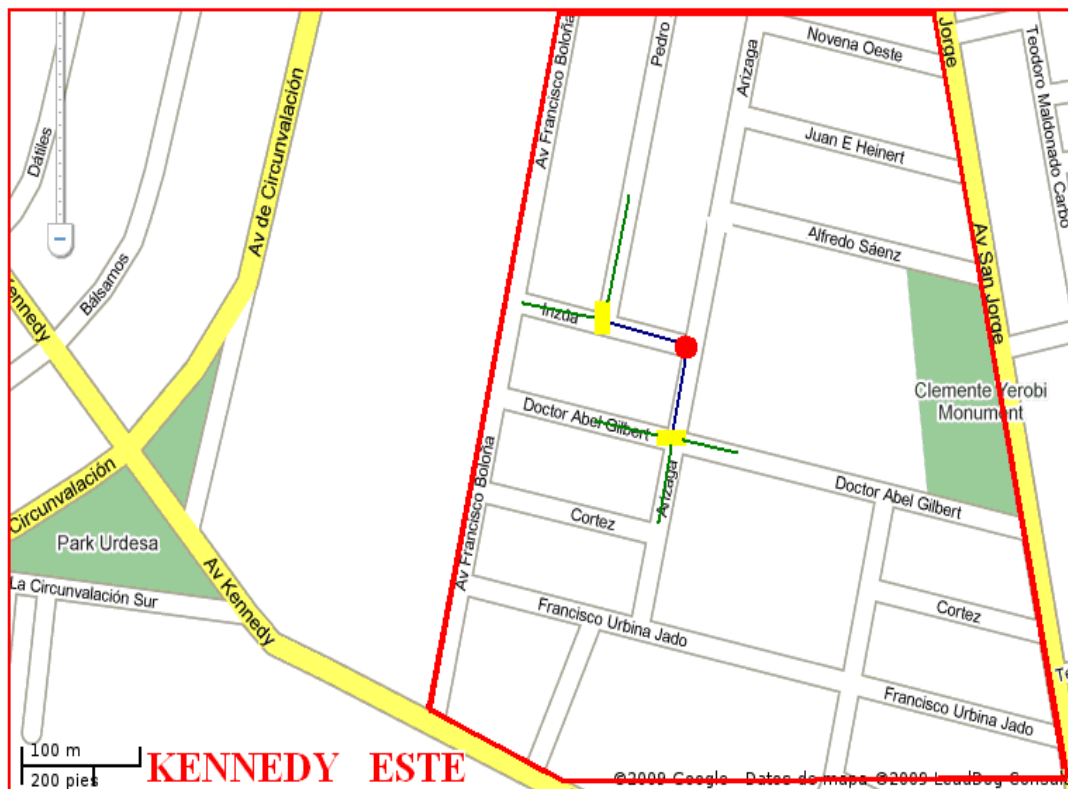


Figura 4.34: Nodo 33. Kennedy Este
 Fuente: <http://maps.google.com>

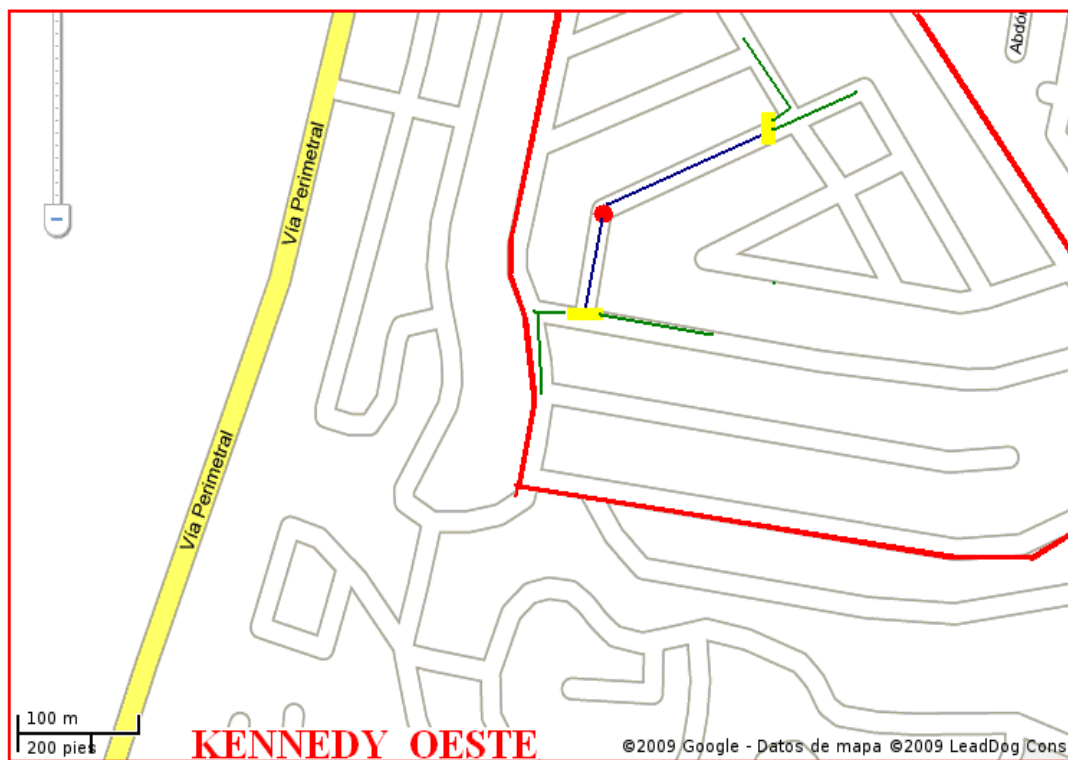


Figura 4.35: Nodo Kennedy Oeste
 Fuente: <http://maps.google.com>



Figura 4.36: Nodo 35. Ceibos Norte
 Fuente: <http://maps.google.com>

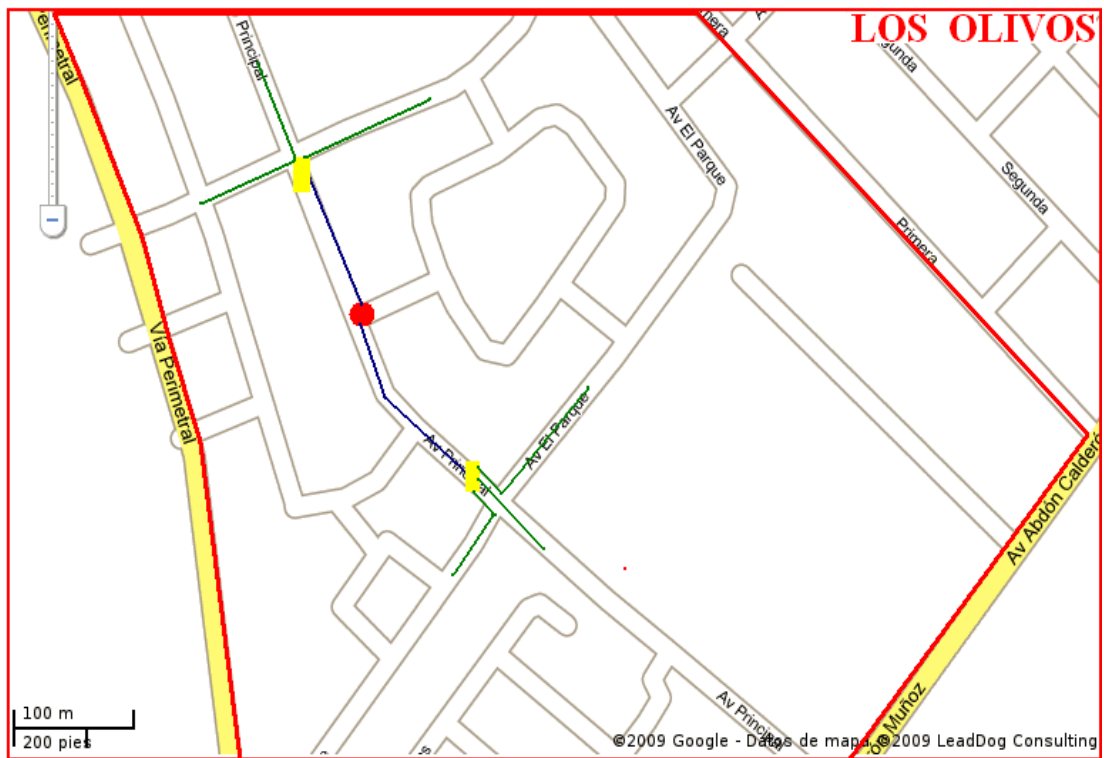


Figura 4.37: Nodo 36. Cda. Los Olivos
 Fuente: <http://maps.google.com>

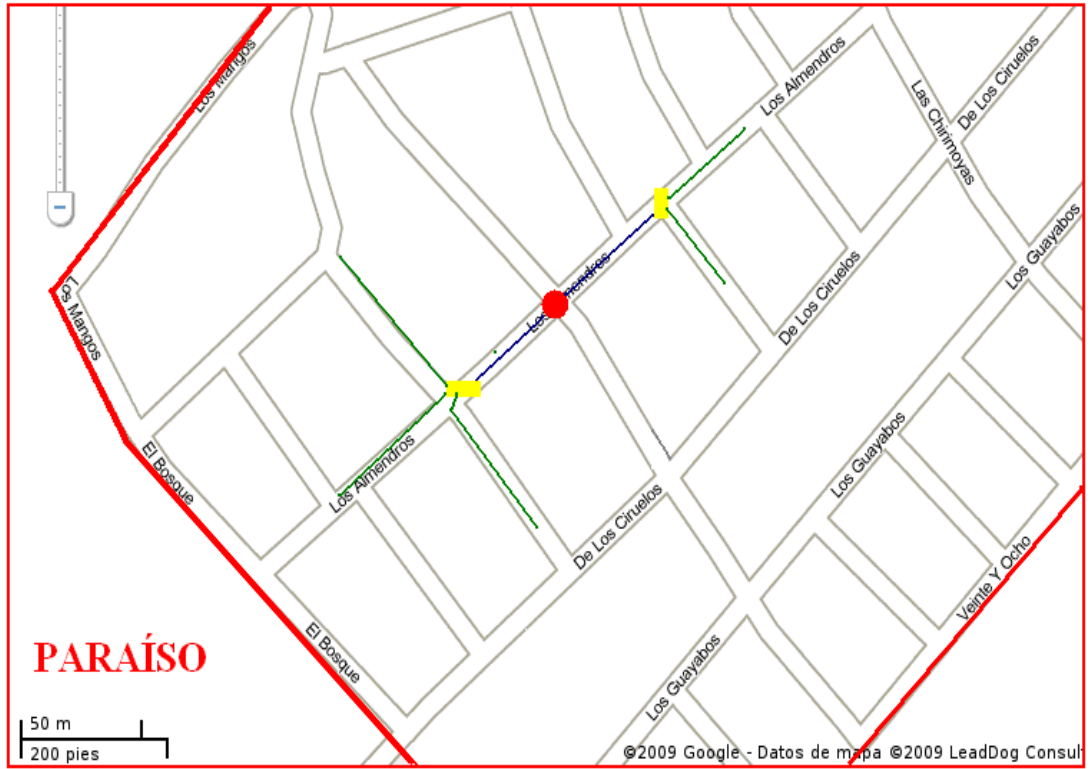


Figura 4.38: Nodo 37. Paraíso
 Fuente: <http://maps.google.com>

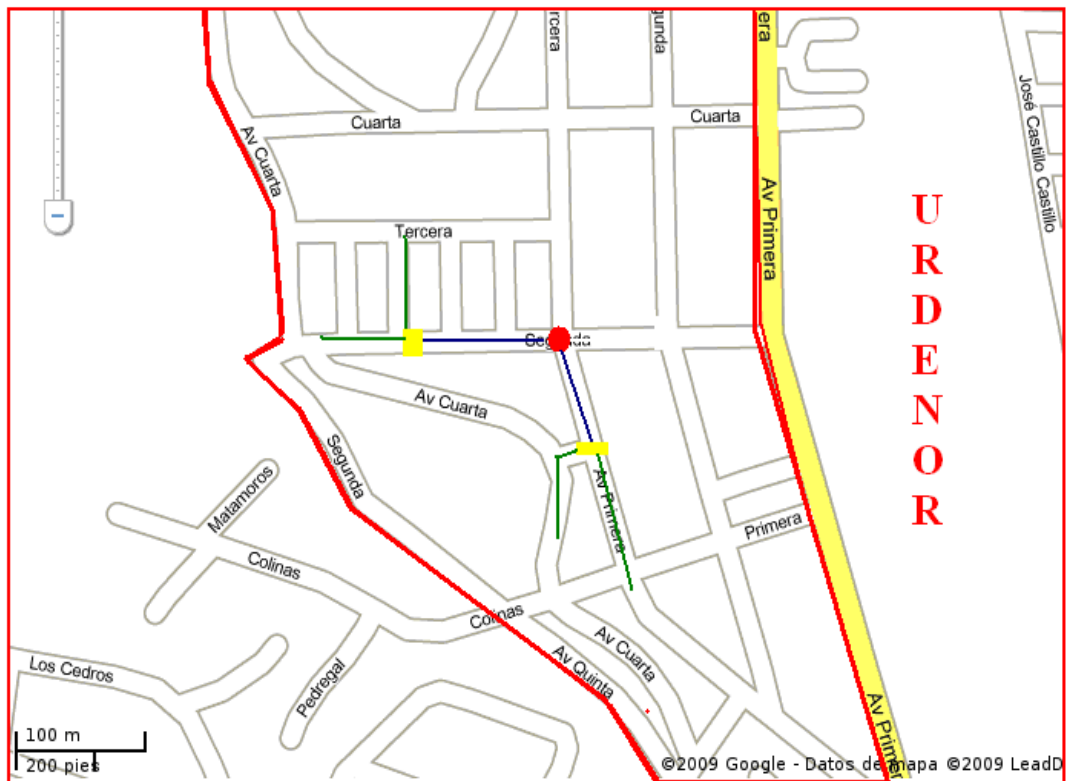


Figura 4.39: Nodo 38. Urdenor
 Fuente: <http://maps.google.com>

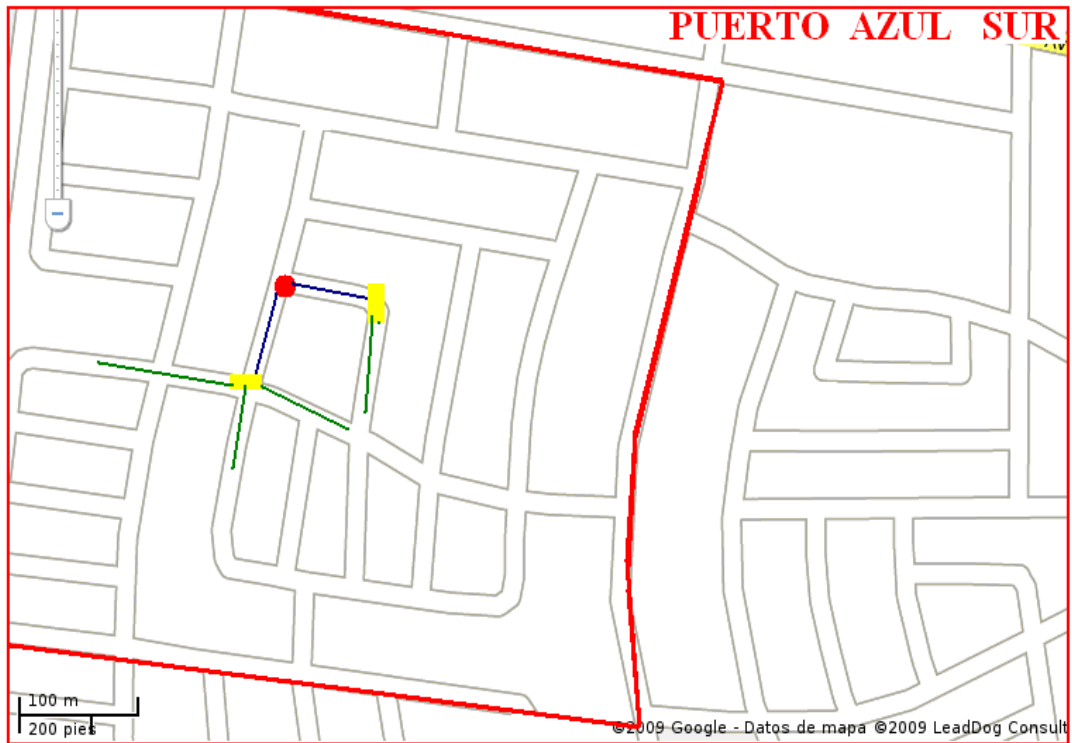


Figura 4.40: Nodo 39. Puerto Azul
 Fuente: <http://maps.google.com>

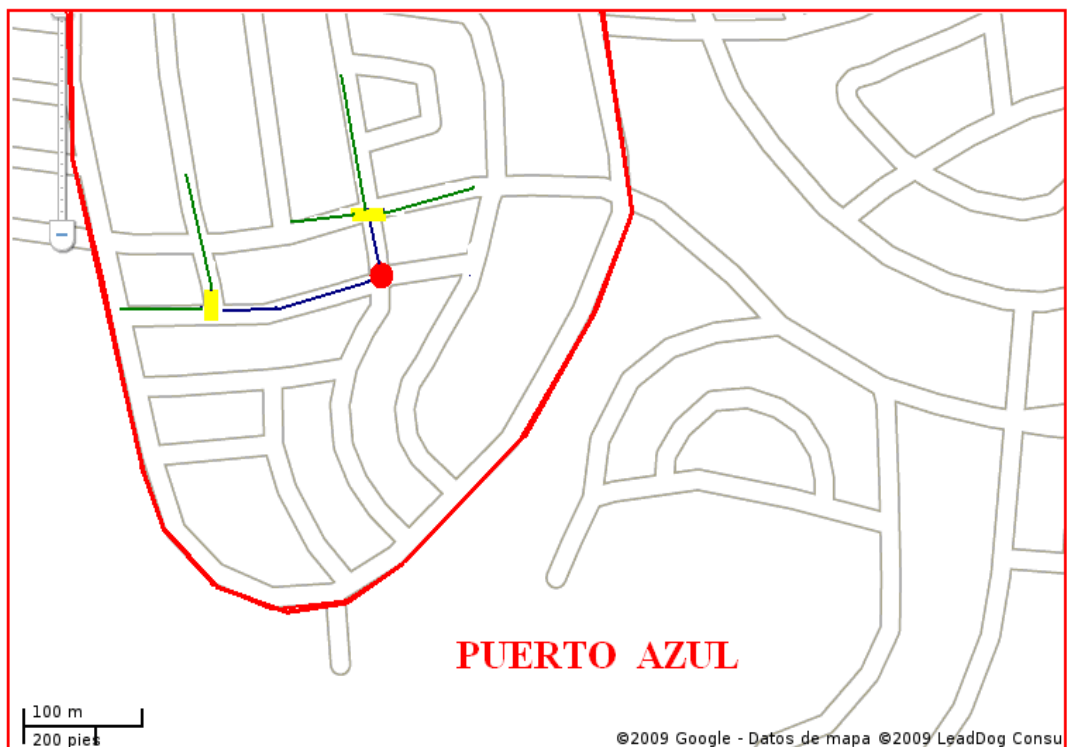


Figura 4.41: Nodo 40. Puerto Azul Sur(2)
 Fuente: <http://maps.google.com>



Figura 4.42: Nodo 41. Miraflores
Fuente: <http://maps.google.com>

Zona Noreste.- Se compone de las ciudadelas: El Álamo, La Alborada Este, Samanes (de la 1.^a etapa a la 7.^a), Los Sauces (de la 1.^a etapa a la 9.^a etapa), Las Garzotas (de la 1.^a a 6.^a etapa), Acuarela, Guayacanes, Bolivariana, La FAE, La Atarazana, Cdla. Del Maestro.

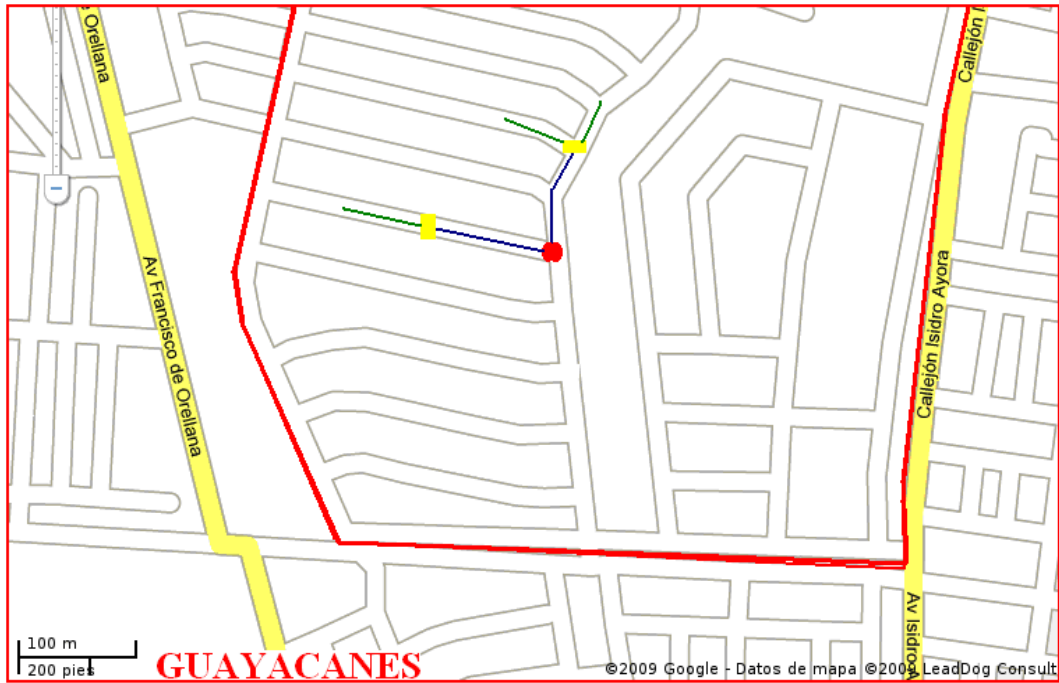


Figura 4.43: Nodo 42. Guayacanes
 Fuente: <http://maps.google.com>

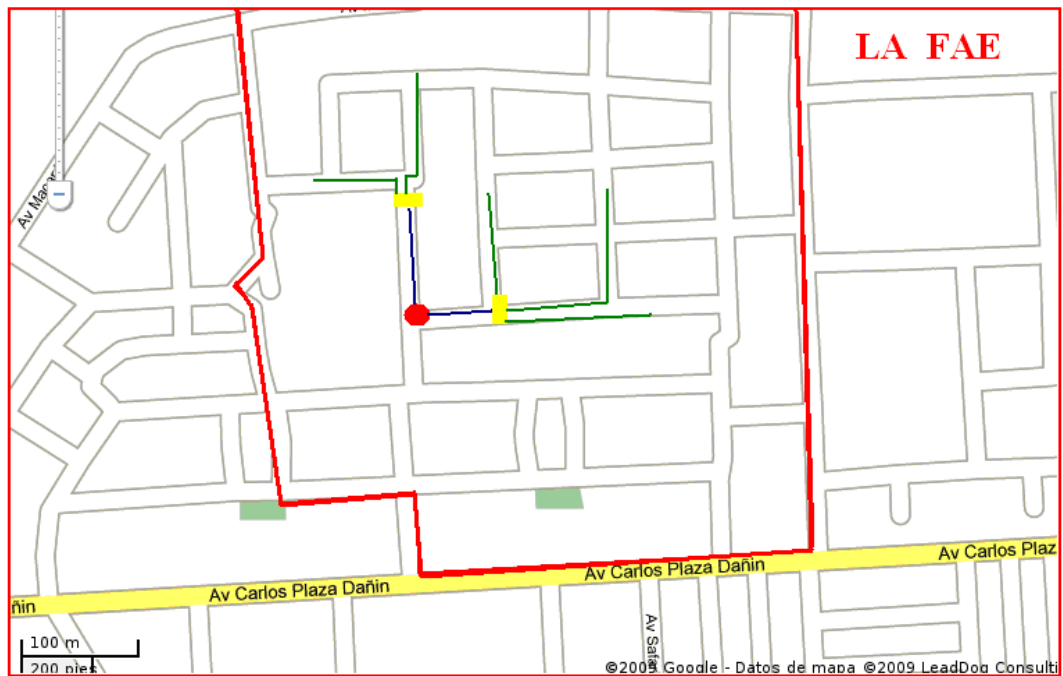


Figura 4.44: Nodo 43. La Fae
 Fuente: <http://maps.google.com>

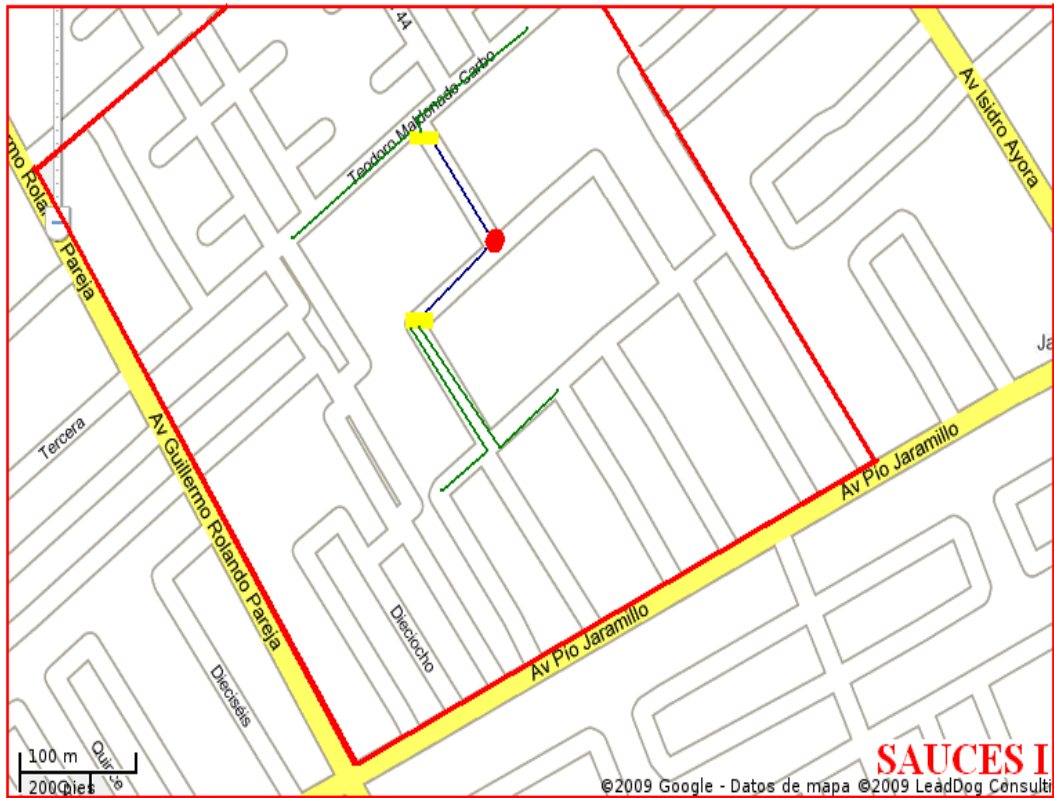


Figura 4.45: Nodo 44. Saucés I
 Fuente: <http://maps.google.com>

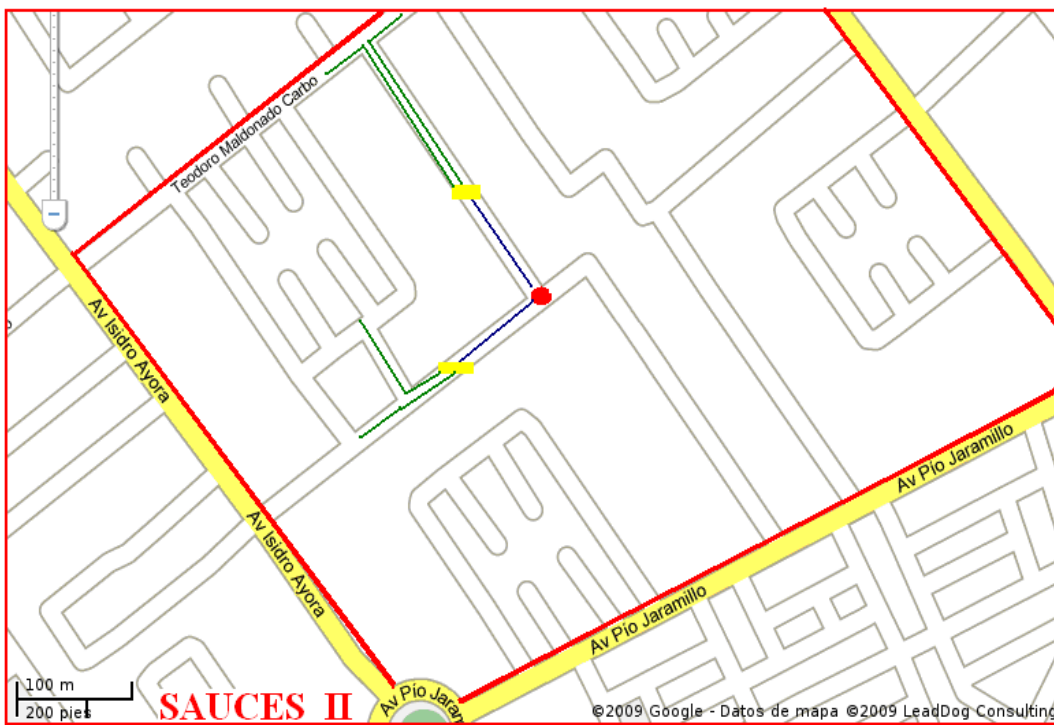


Figura 4.46: Nodo 45. Saucés II
 Fuente: <http://maps.google.com>

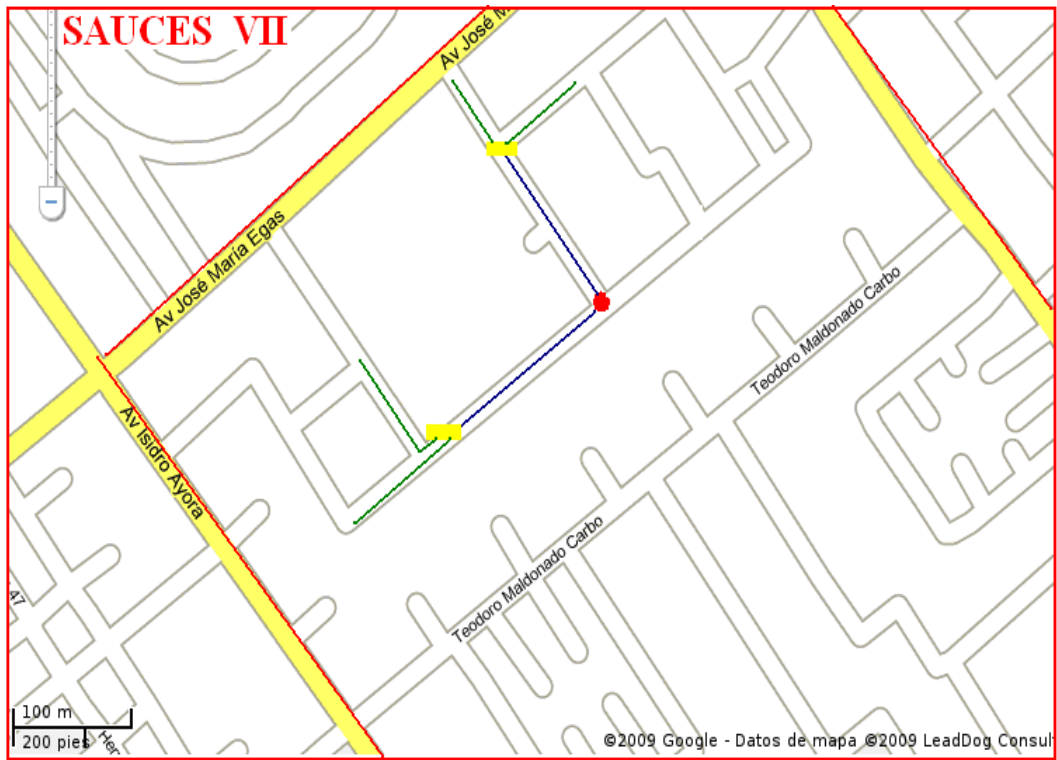


Figura 4.47: Nodo 46. Sauces VII
 Fuente: <http://maps.google.com>

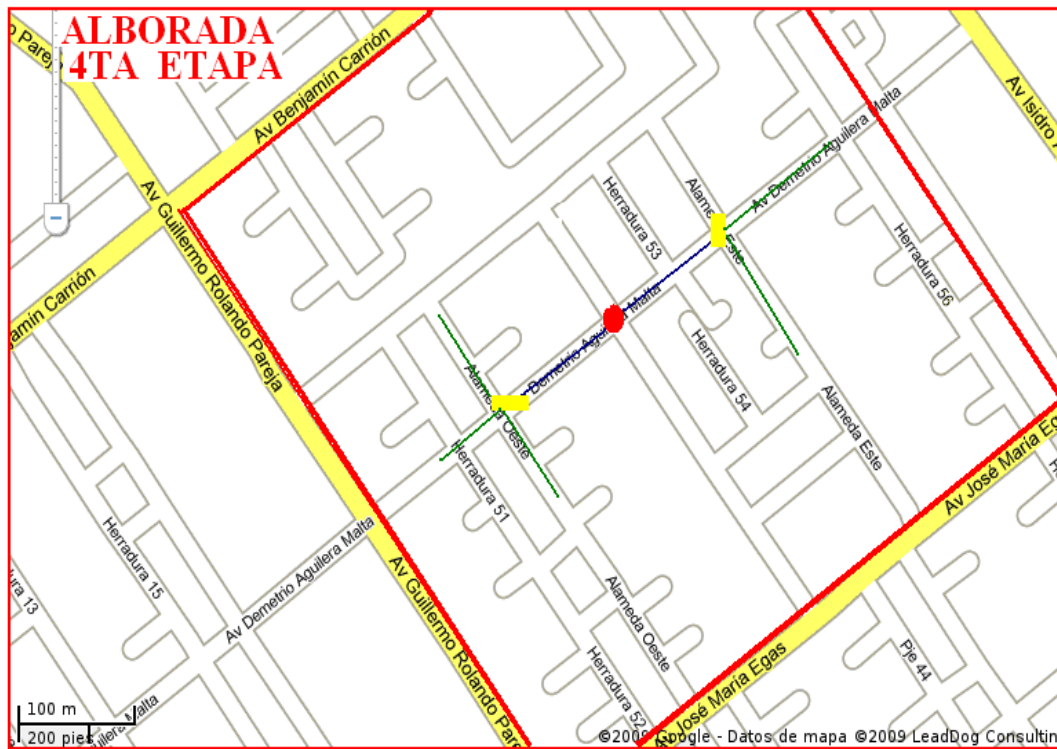


Figura 4.48: Nodo 47. Alborada Cuarta Etapa
 Fuente: <http://maps.google.com>

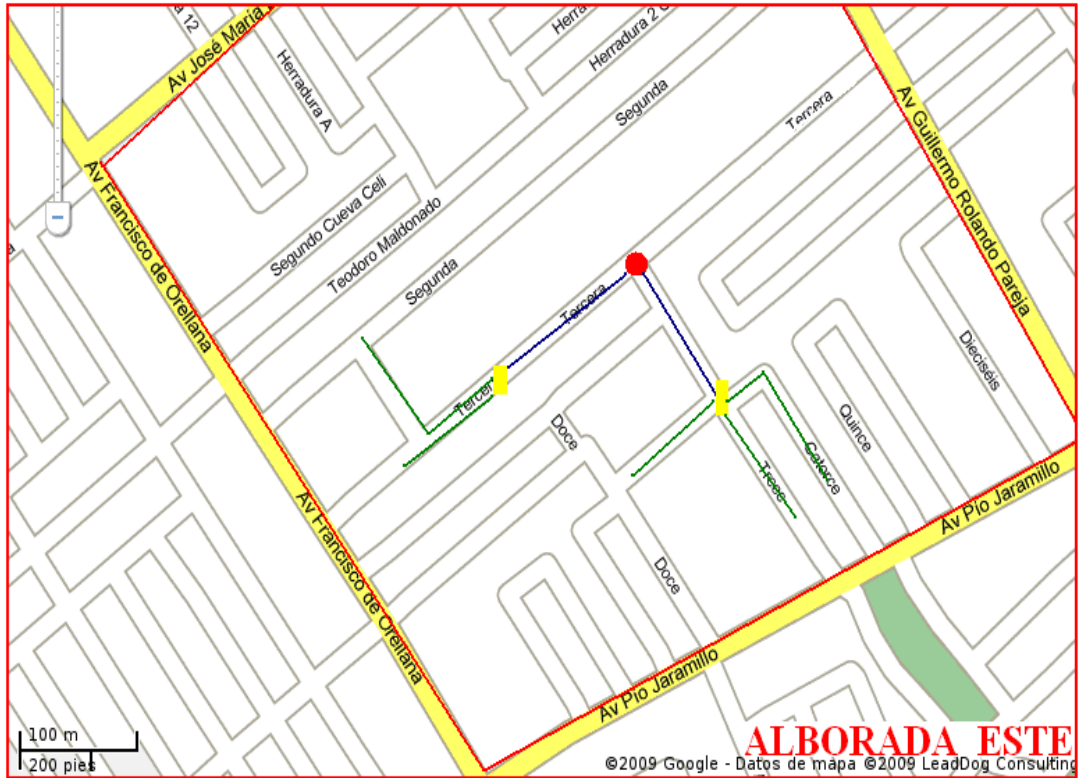


Figura 4.49: Nodo 48. Alborada Este
 Fuente: <http://maps.google.com>

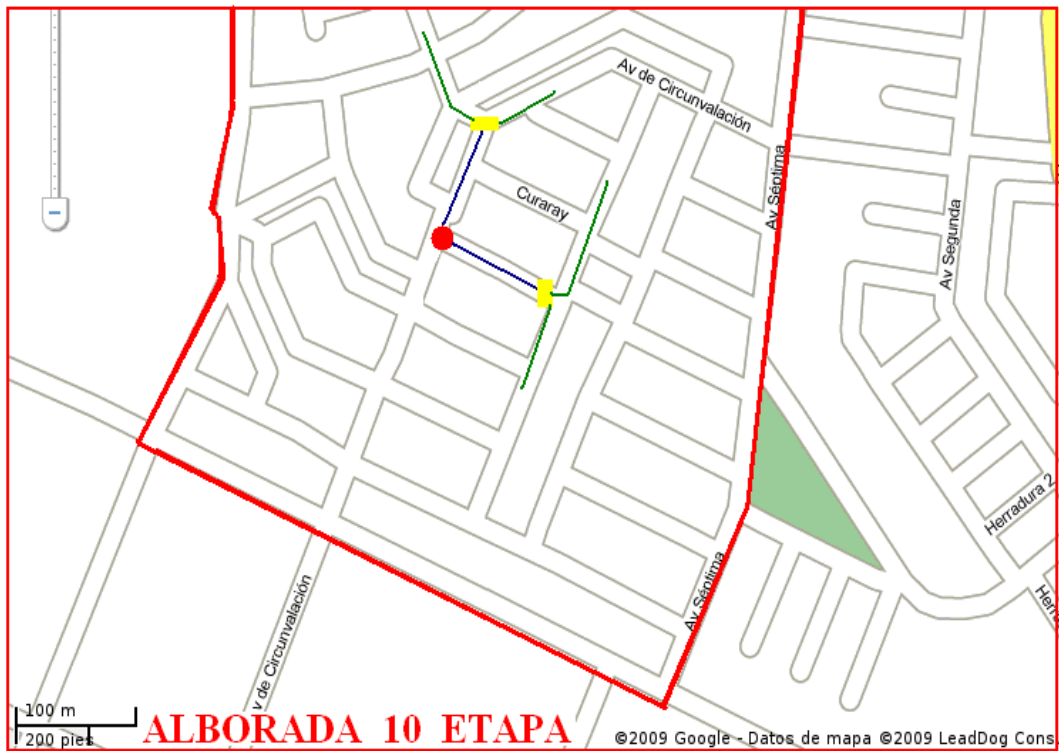


Figura 4.50: Nodo 49. Alborada Décima Etapa
 Fuente: <http://maps.google.com>

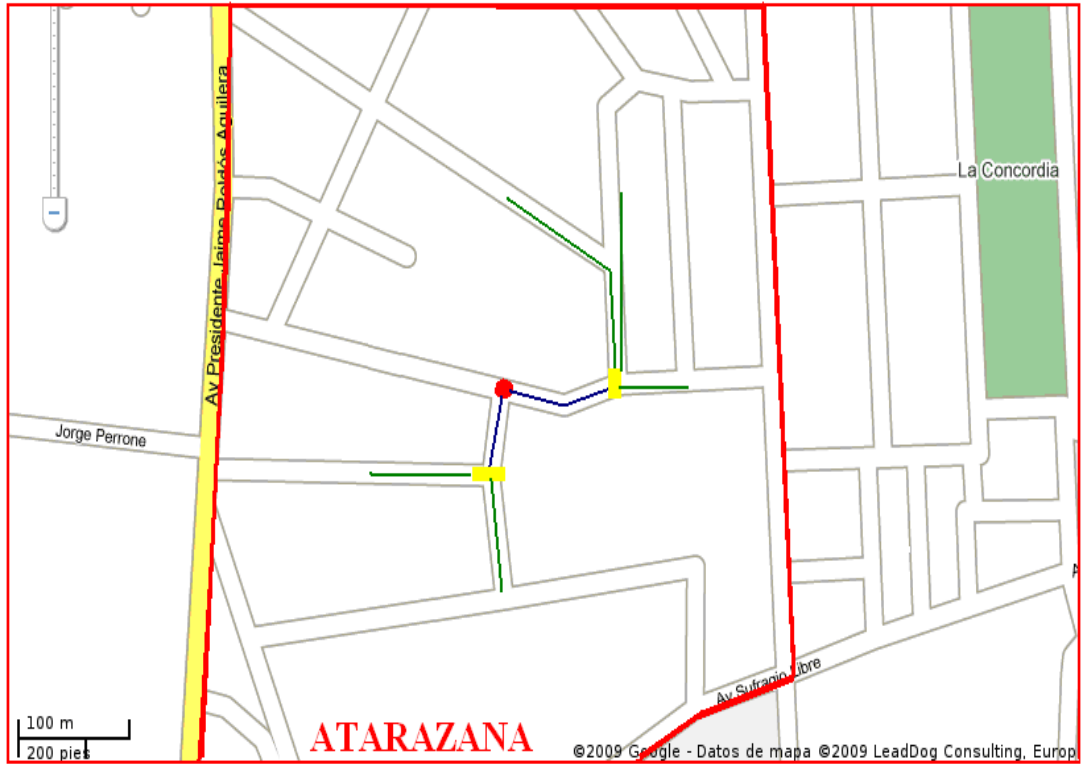


Figura 4.51: Nodo 50. Atarazana
 Fuente: <http://maps.google.com>

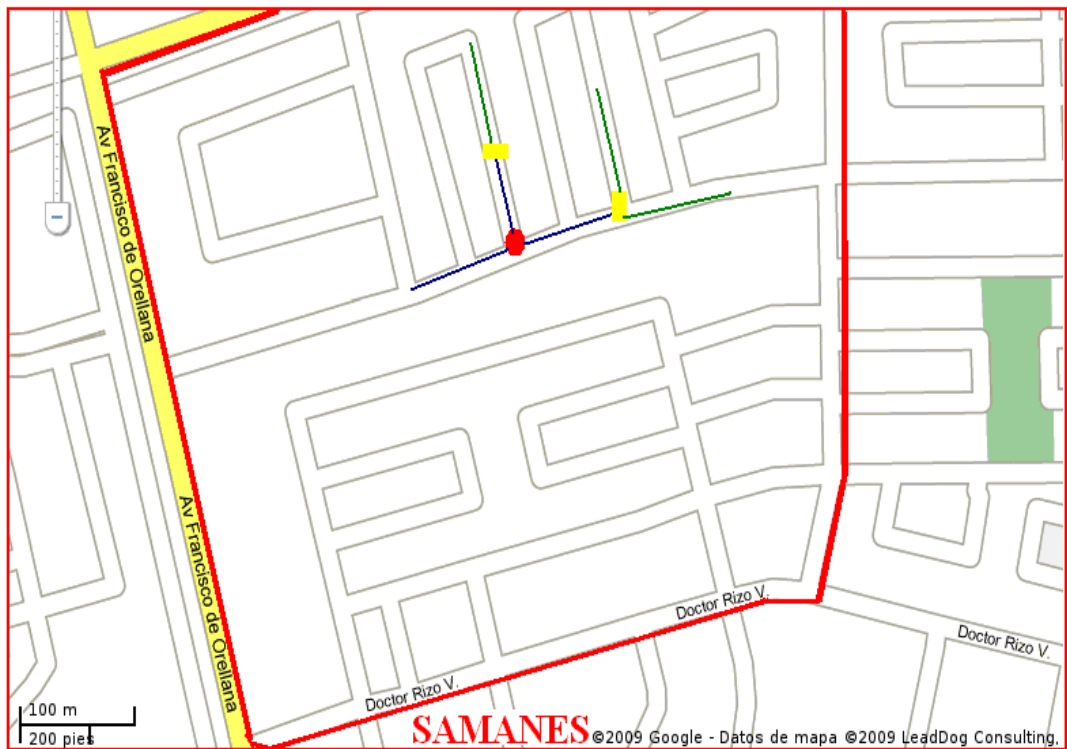


Figura 4.52: Nodo 51. Samanes
 Fuente: <http://maps.google.com>

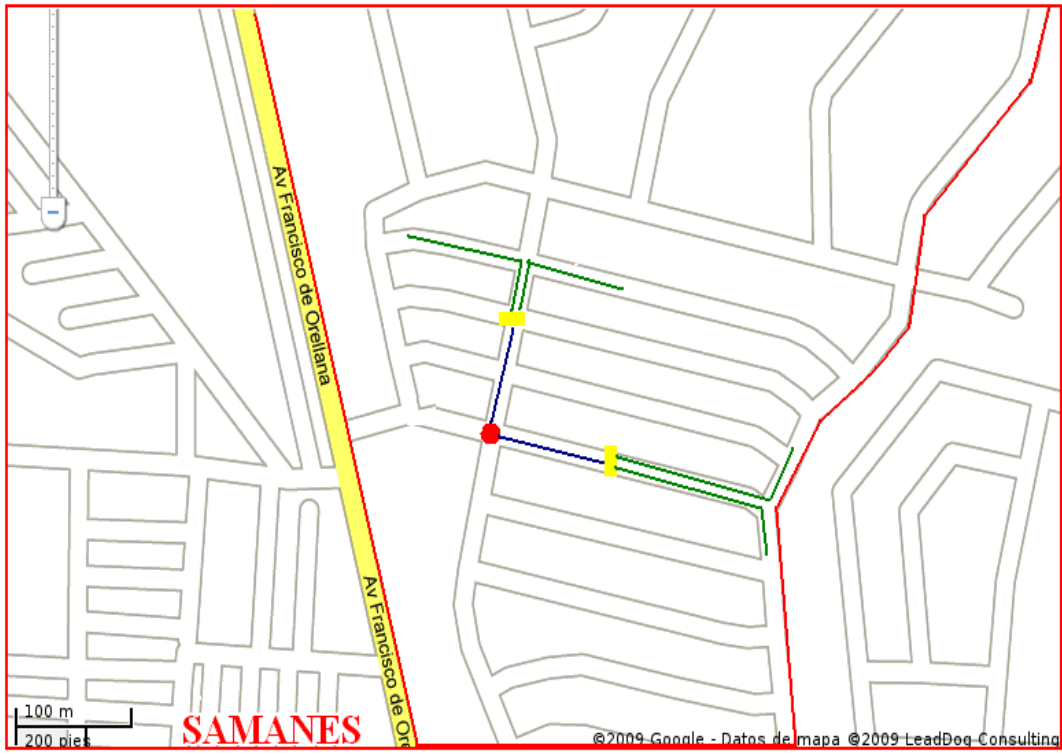


Figura 4.53: Nodo 52. Samanes (2)
Fuente: <http://maps.google.com>

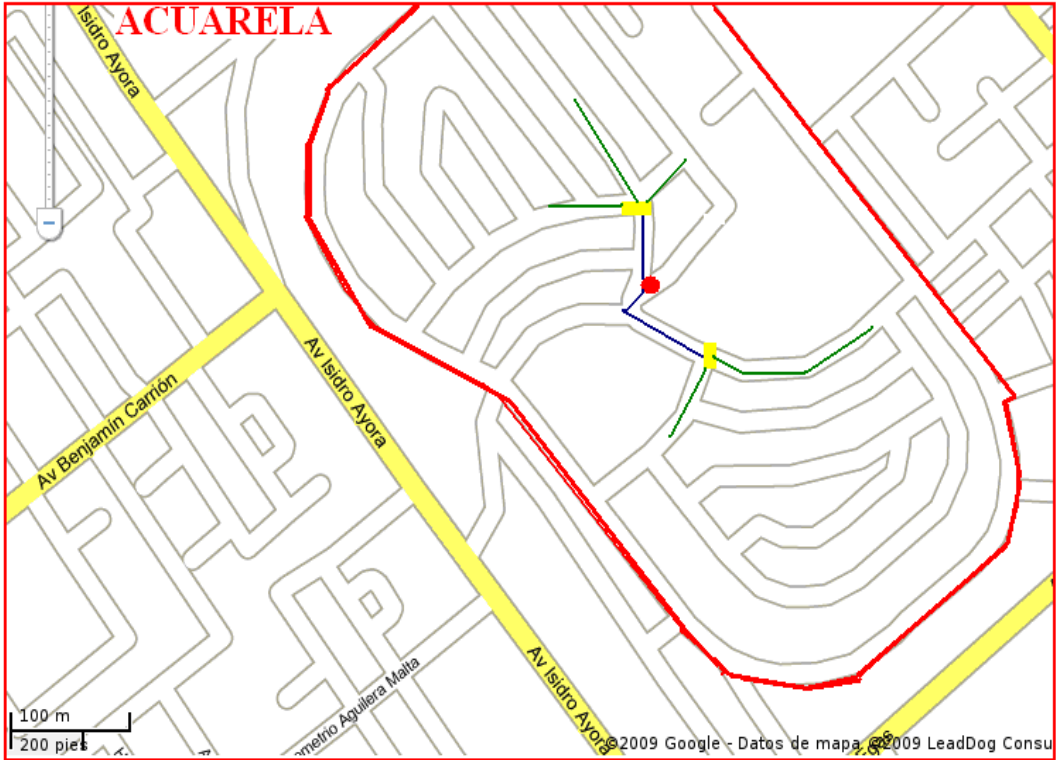


Figura 4.54: Nodo 53. Acuarela
Fuente: <http://maps.google.com>

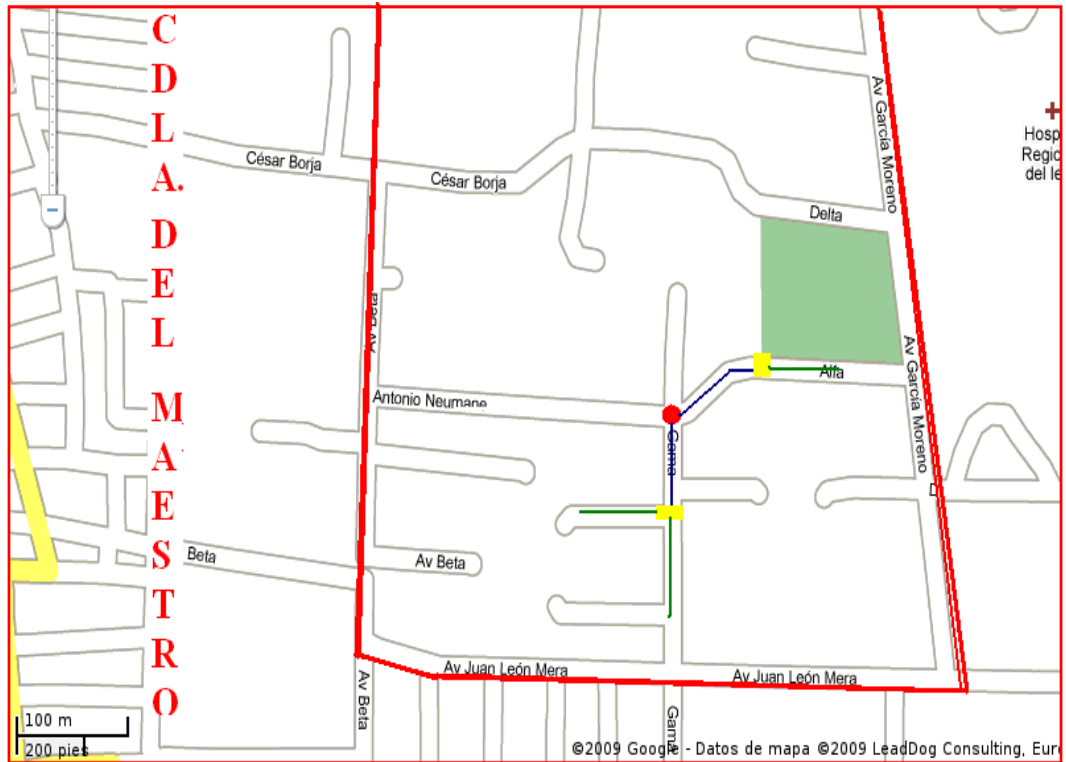


Figura 4.55: Nodo 54. Cdla. Del Maestro
 Fuente: <http://maps.google.com>



Figura 4.56: Nodo 55. Cdla. Los Álamos
 Fuente: <http://maps.google.com>

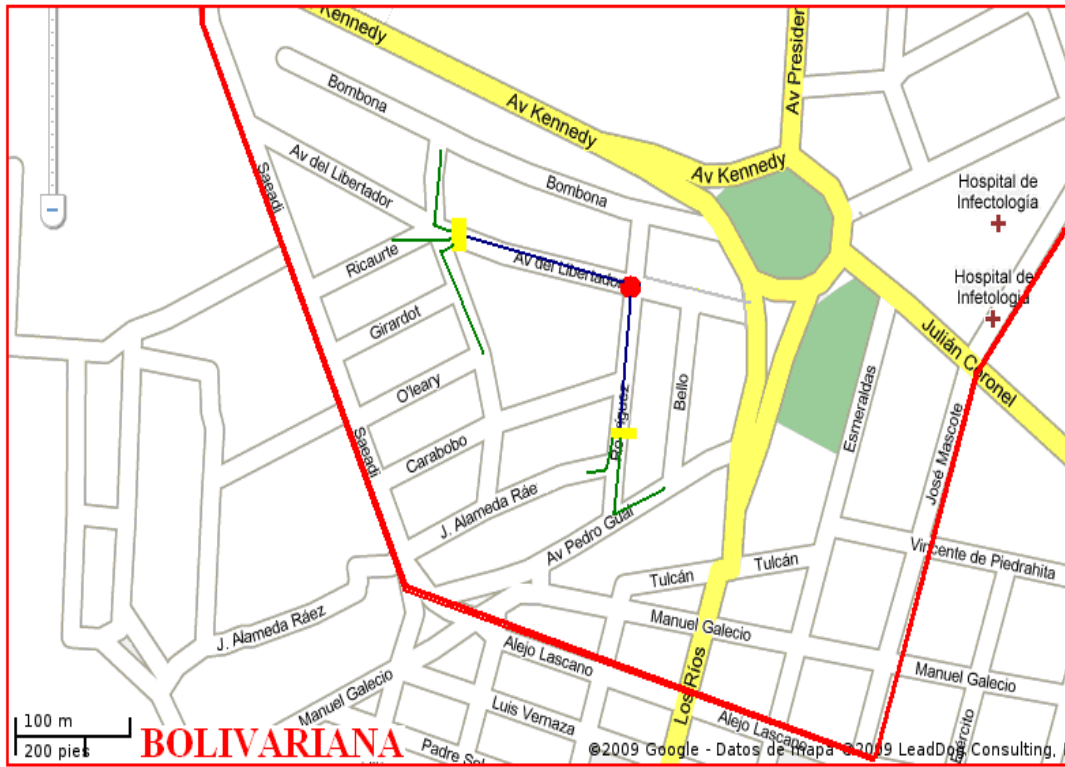


Figura 4.57: Nodo 56. Cda. Bolivariana
 Fuente: <http://maps.google.com>

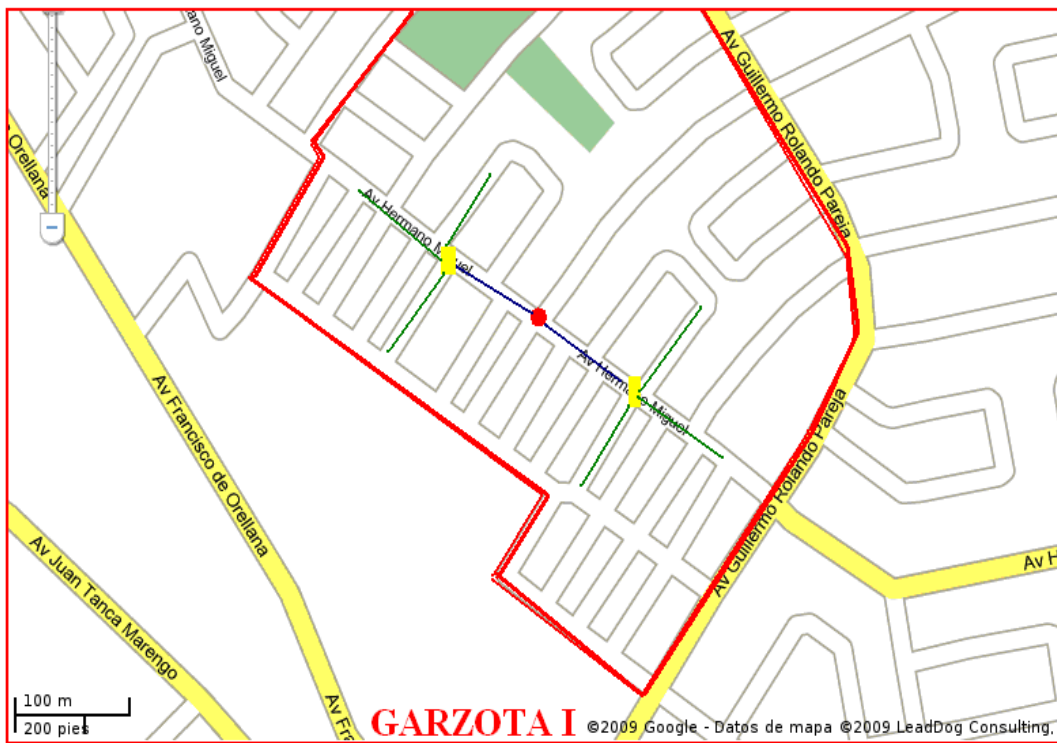


Figura 4.58: Nodo 57. Cda. La Garzota I
 Fuente: <http://maps.google.com>

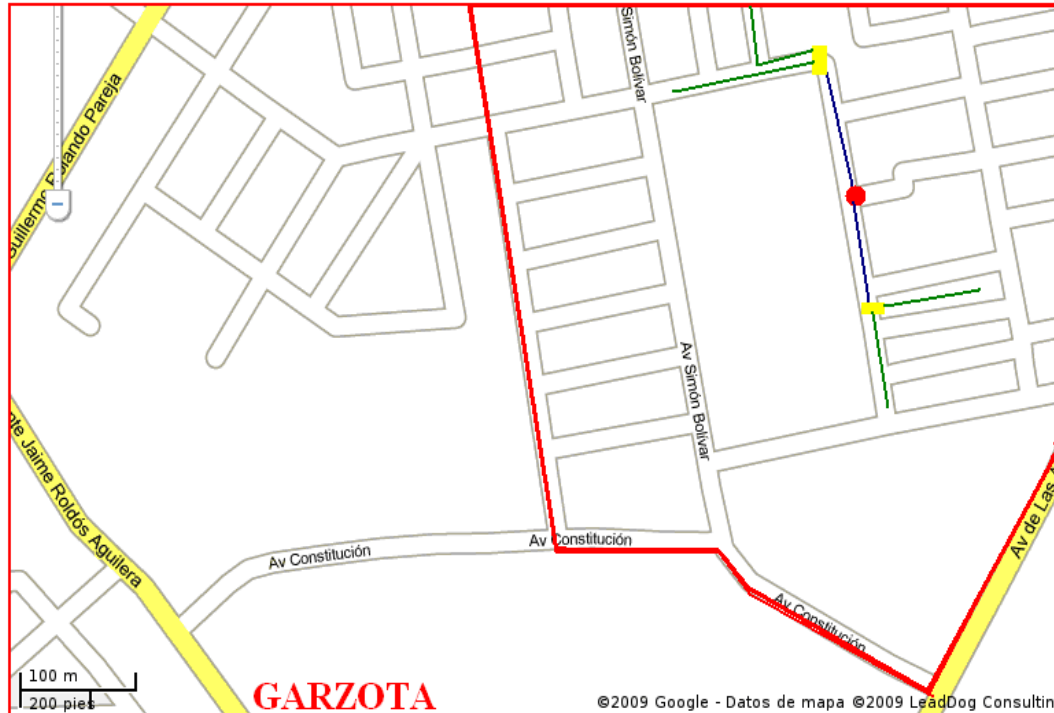


Figura 4.59: Nodo 58. Cda. La Garzota III

Fuente: <http://maps.google.com>

Zona Samborondón.- Consta de tres parroquias: *Tarifa* y *La Puntilla* la cabecera cantonal Samborondón, *La Puntilla*, también conocida como *La vía a Samborondón*, es una zona residencial exclusiva un lugar urbanístico muy importante en el país. Se caracteriza por contar solamente con Urbanizaciones cerradas: La Joya, villa club, Bosque de Castilla, Cataluña, Matices, Volare, Bonaterra, Sambocity, Torres del Río, Plaza Real, Ciudad Celeste, Plaza Madeira, Entre Ríos, Boungaville, Estancias del Río, Las Riberas, Milan, Central Park Club, Altos del Río, Urbanización San Antonio, Laguna Dorada, Porto Aqua. Nos extenderemos a esta zona debido a que hay ciudadelas que aun no tienen cobertura.

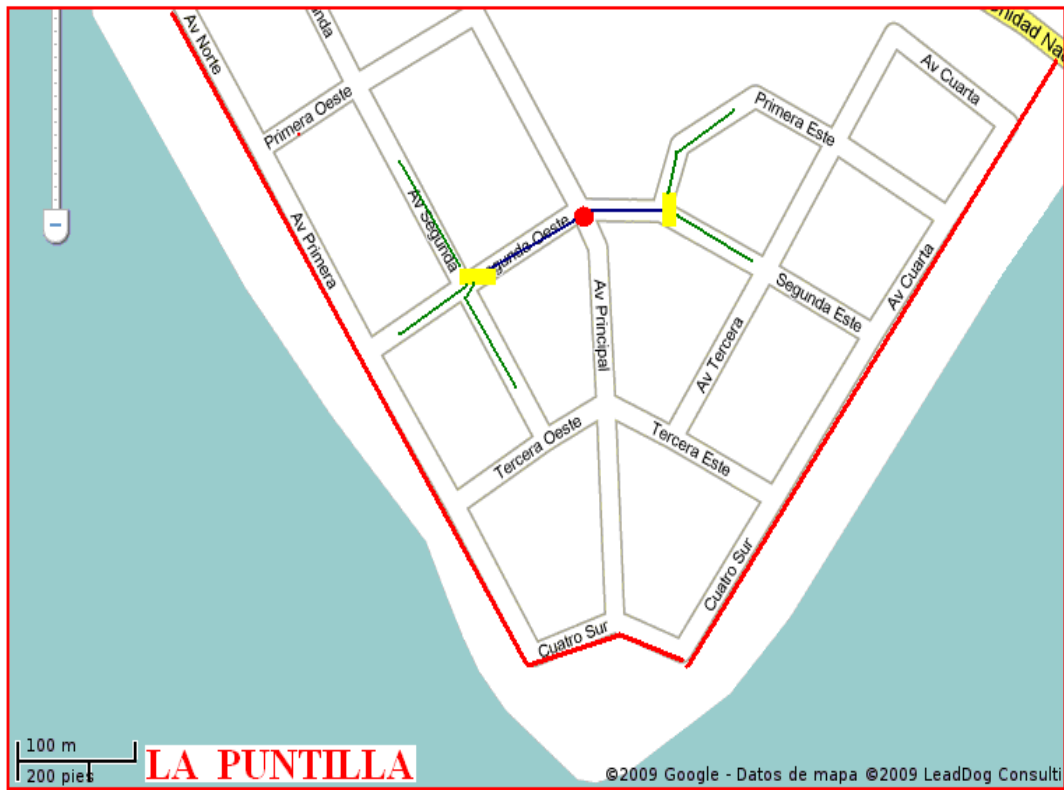


Figura 4.60: Nodo 59. Cda. La Puntilla
 Fuente: <http://maps.google.com>

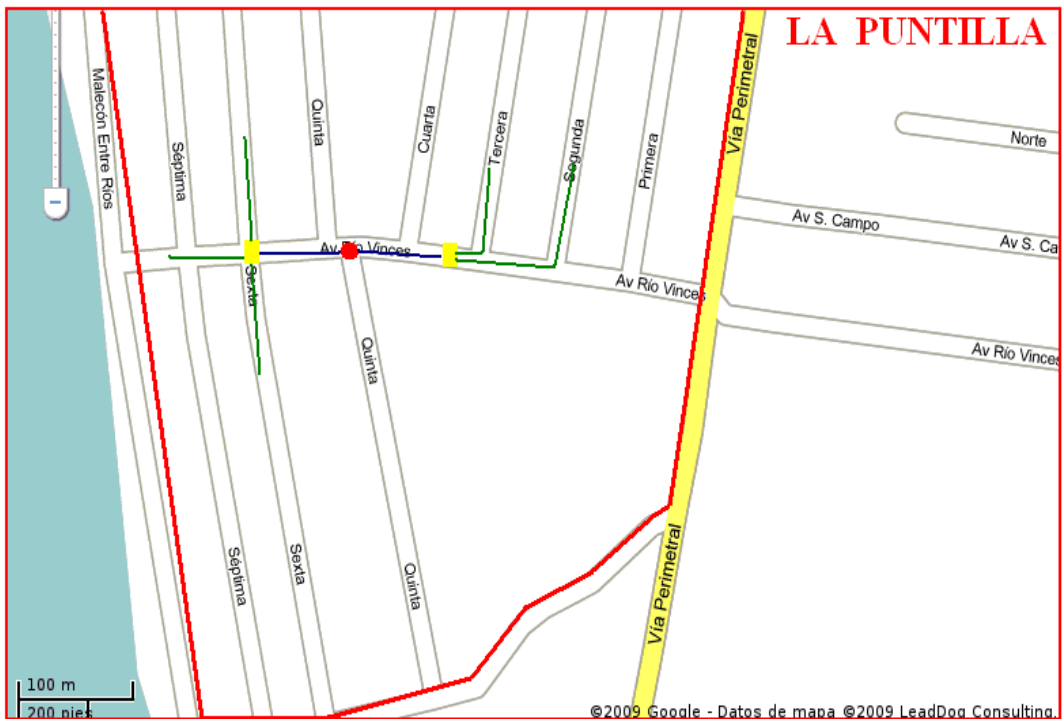


Figura 4.61: Nodo 60. Entre Ríos
 Fuente: <http://maps.google.com>

Tabla de distribución de las zonas

En la siguiente tabla se muestra la distribución de las zonas urbanas de acuerdo a los nodos de la Red GEPON, donde cada nodo soporta 1.25 Gps.

ZONAS	CIUDADELAS	NODO	CLIENTE	ESCENARIO-1	ESCENARIO-2
SUR	LA FLORESTA	NODO 1	180	180	20
	LOS ALMENDROS	NODO 2	180	180	40
	LA SAIBA	NODO 3	180	180	50
	LA PRADERA	NODO 4	180	180	20
	SOPEÑA	NODO 5	180	180	30
	PRADERA I	NODO 6	180	180	20
	CDLA. 9 DE OCTUBRE	NODO 7	180	180	30
	XIMENA	NODO 8	180	180	40
	CENTENARIO	NODO 9	180	180	20
	LAS AMERICAS	NODO 10	180	180	55
	HUANCAVILCA	NODO 11	180	180	100
	LAS TEJAS	NODO 12	180	180	190
	LAS TERRAZAS	NODO 13	180	180	20
SUROESTE	LOS ESTEROS	NODO 14	180	180	60
	LOS ESTEROS 2	NODO 15	180	180	40
	FERROVIARIA	NODO 16	180	180	130
	GIRASOLES	NODO 17	180	180	90
	GUANGALA	NODO 18	180	180	85
	COVIEM	NODO 19	180	180	130
	CDLA. 25 DE JULIO	NODO 20	180	180	60
CENTRO	SUCRE	NODO 21	180	180	50
	BOLIVAR	NODO 22	180	180	140
	OLMEDO	NODO 23	180	180	160
	NODO CENTRO	NODO 24	180	180	130
	ROCAFUERTE	NODO 25	180	180	100
	ROCA	NODO 26	180	180	80
	AYACUCHO	NODO 27	180	180	170
	LA BAHIA	NODO 28	180	180	20
	LAS PEÑAS	NODO 29	180	180	80
	PEDRO CARBO	NODO 30	180	180	150
	URDANETA	NODO 31	180	180	65
NOROESTE	ALBORADA OESTE	NODO 32	180	180	50
	KENNEDY ESTE	NODO 33	180	180	160
	KENNEDY OESTE	NODO 34	180	180	140
	CEIBOS NORTE	NODO 35	180	180	40
	LOS OLIVOS	NODO 36	180	180	100
	PARAISO	NODO 37	180	180	20
	URDENOR	NODO 38	180	180	50
	PUERTO AZUL	NODO 39	180	180	70
	MIRAFLORES	NODO 41	180	180	115

NORESTE	GUAYACANES	NODO 42	180	180	130
	LA FAE	NODO 43	180	180	65
	LOS SAUCES I	NODO 44	180	180	55
	SAUCES II	NODO 45	180	180	60
	SAUCES VII	NODO 46	180	180	100
	ALBORADA IV ETAPA	NODO 47	180	180	40
	ALBORADA ESTE	NODO 48	180	180	60
	ALBORADA X ETAPA	NODO 49	180	180	130
	ATARAZANA	NODO 50	180	180	40
	SAMANES	NODO 51	180	180	60
	SAMANES II	NODO 52	180	180	20
	ACUARELA	NODO 53	180	180	250
	CDLA. DEL MAESTRO	NODO 54	180	180	100
	LOS ALAMOS	NODO 55	180	180	70
	BOLIVARIANA	NODO 56	180	180	140
	LAGARZOTA	NODO 57	180	180	50
	LA GARZOTA III	NODO 58	180	180	40
SAMBORONDON	LA PUNTILLA (1)	NODO 59	180	180	190
	ENTRE RIOS	NODO 60	180	180	30

Tabla 4.1: Distribución de los nodos
Fuente: La Autora

4.4 Infraestructura física para la instalación del nodo de acceso.

Los dispositivos activos del nodo deben ir en un lugar adecuado para garantizar su buen funcionamiento y duración, para esto hemos analizado tres posibles opciones: Instalación de un armario de poste de dimensiones adecuadas, alquiler de un pequeño local en la zona donde queremos dar el servicio, y, colocación de pedestales de piso en zonas donde exista regeneración urbana.

Luego de analizar la opción de instalar en los postes, la hemos descartado debido a que las nuevas regulaciones Municipales y de CATEG, impedirían a futuro la utilización de los postes para tales fines, adicionalmente es complicado colocar un sistema de respaldo con UPS y baterías en dichas cajas aéreas. En vista de lo anterior hemos decidido seleccionar dentro de la zona de interés, un domicilio en el que alquilaremos un pequeño espacio de dimensiones 2mx2m, consideramos que este espacio es suficiente para colocar un rack de piso, UPS y baterías, en el presupuesto deberá considerarse la adecuación del nodo y el alquiler mensual del mismo.

Para el caso de zonas regeneradas instalaremos un pedestal de piso de pequeñas dimensiones para contener el OLT y un UPS pequeño, en este tipo de nodo no se prevé instalar UPS debido a las limitaciones de espacio.

Cada OLT marca Corecess S101 tiene dos conectores de puertos GEPON para suscriptores, cada puerto soporta 1.25Gbps de ancho de banda, de acuerdo a lo expresado anteriormente tenemos dos escenarios, en el escenario optimista cada nodo estará manejando 180 usuarios, 90 usuarios por cada puerto GEPON, de acuerdo a esto podemos asignar a cada usuario 13.8Mbps

4.6 Diseño de la red GEPON: Capa Lógica

A nivel lógico el diseño de la red debe ser tal que soporte segmentación de servicios a través de VLAN's, cada una soportará un servicio diferente: Datos, Voz, IPTV y también debemos prever la posibilidad de inyectar señal de CATV para usuarios que así lo requieran.

El equipo que hemos escogido como OLT para la implementación de la red es el S1 de Corecess, este equipo es muy robusto y tiene una buena relación costo/beneficio. Este equipo posibilita la separación de servicios con VLANs y QoS. Se evaluó también un OLT del fabricante Enablence, pero lamentablemente no disponen de un modelo micro OLT que se ajuste a nuestro modelo de negocios. En la Figura 4.64 muestra la red GEPON en relación a la red de transporte de la portadora.

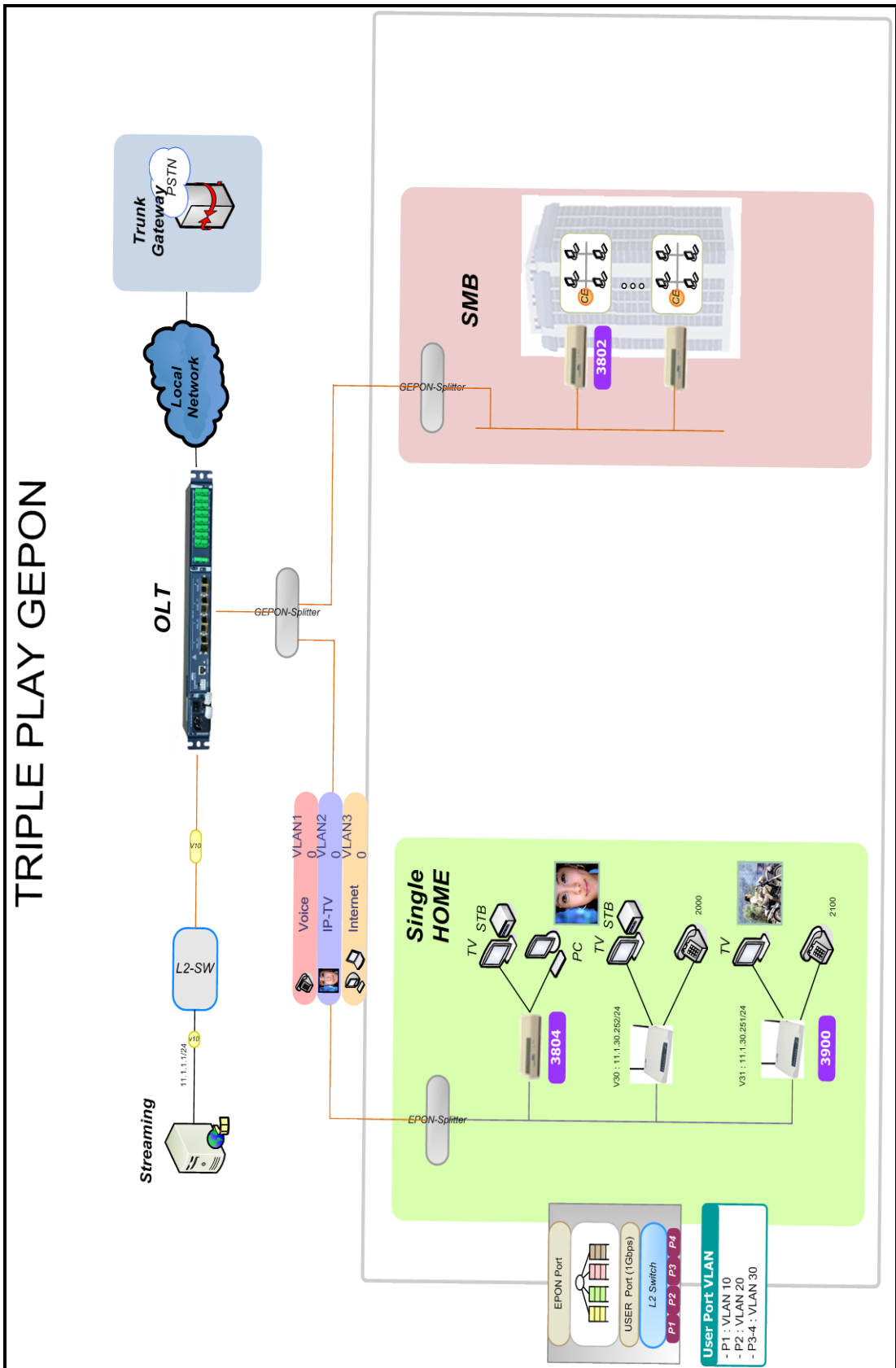


Figura 4.62: Diseño Red GEPON

Fuente: Autora

4.7 Requerimientos que debe cumplir la red portadora

El requerimiento más importante que debe proveer la red de la portadora es la posibilidad de que nos entregue un puerto trunk y tres VLAN's, sobre una de estas VLAN's el proveedor debe soportar el protocolo IGMP para posibilitar la entrega de multicast para la señal de IPTV. Cada VLAN se interconecta hacia cada proveedor de servicio, es decir hacia el ISP para la conexión hacia internet, otra hacia la compañía telefónica y otra hacia el servidor de streaming de contenido multimedia o hacia la empresa proveedora de CATV según sea el caso. Se hace necesaria una VLAN adicional para mantener el flujo de video encriptado del flujo de video no encriptado por razones de seguridad y que los clientes de IPTV no tengan acceso a video no autorizado (video por el que no han pagado). Este problema es de especial importancia debido a que si no se toman las medidas de protección adecuada, cualquier usuario que conecte un PC con un software que soporte video multicast podría tener acceso a toda la programación, incluso por la que no ha pagado.

4.8 Soporte de servicios de clase diferenciados

GEPON permite entregar decenas y centenas de Mbps al usuario final permitiendo una red verdaderamente convergente con soporte para comunicación por voz, televisión de definición estándar y alta definición, videoconferencia, para soportar esto GEPON debe garantizar la suficiente capacidad para estas aplicaciones.

Las características de la red pueden ser definidas por varios parámetros: ancho de banda, latencia, variación de la latencia y razón de pérdida de paquetes. Para soportar diversas aplicaciones, la red debe ser capaz de clasificar el tráfico en un limitado número de clases y proveer servicios diferenciados para cada clase. Se dice que tales redes mantienen clases de servicio (CoS).

Debido a que GEPON es parte de la familia IEEE 802.3, debe cumplir con IEEE 802.1D, incluyendo los mecanismos de CoS.

Las tareas de clasificación y diferenciación de tramas Ethernet se posibilitaron por la introducción de dos nuevos estándares: P802.1p y el IEEE 802.1Q. Esto posibilita las siguientes clases de tráfico:

Control de Red: Un requerimiento necesario para mantener y soportar la infraestructura de red.

Voz: Caracterizado por un retardo de menos de 10ms, y por tanto el jitter máximo.

Video: Caracterizado por un retardo de menos de 100ms.

Carga controlada: Hay importantes aplicaciones de negocios sujetas a alguna forma de control de admisión.

Esfuerzo excelente: El tipo de mejor esfuerzo que una organización debería entregar a sus clientes más importantes.

Mejor esfuerzo: El tipo de tráfico de LAN que conocemos hoy.

Background: Es un tipo de tráfico que no debería tener impacto en el uso de la red por otras aplicaciones.

En caso de que tengamos limitaciones de parte del proveedor de acceso en cuanto al número de colas de prioridad soportadas, debemos agrupar los tráficos en distintas clases de servicio, en la tabla a continuación se muestra las recomendaciones para agrupar tráfico.

4.9 Ingeniería de tráfico

En esta sección estableceremos los fundamentos teóricos que nos permitirán encontrar los anchos de banda adecuados que debemos contratar para garantizar determinados niveles de servicio a los clientes, para esto utilizaremos herramientas de estadística, a saber, la Distribución de Erlang.

Esta distribución probabilística continua llamada así en honor al ingeniero A. K. Erlang, está relacionada con las distribuciones de probabilidad exponencial y Gamma, fue desarrollada para encontrar el número máximo de llamadas telefónicas que pueden ser realizadas al mismo tiempo hacia el operador desde los clientes. Aunque esta teoría fue desarrollada para el cálculo de tráfico de líneas telefónicas, puede ser expandida para considerar tiempos de espera en sistemas de colas en general, en nuestro caso lo usaremos para estimar los anchos de banda que se necesitará contratar para proveer telefonía.

Definición de Erlang: Un Erlang puede ser considerado como un factor de multiplicación por unidad de tiempo, así por ejemplo si en un canal telefónico en una hora hay 30 minutos de llamadas tenemos un tráfico de 0.5Erlangs, en cambio si en una hora tenemos 60 minutos de llamadas tenemos un tráfico de 1Erlang, y, si hay 180 minutos de llamadas en una hora tenemos un tráfico de 3Erlangs.

Erlang-B: También conocida como la fórmula de pérdidas de Erlang, nos da la probabilidad de bloqueos o llamadas perdidas sobre un canal troncal que transporte las llamadas de los clientes, aquí el término “llamadas” puede referirse a llamadas telefónicas o a conexiones de IPTV con la condición de que la llamada no se encole o reintente. Se asume que las llamadas arriban siguiendo un proceso de Poisson con una tasa de llegada de nuevas llamadas es λ y es constante, la tasa de abandono de llamadas se calcula como el número de llamadas en progreso dividida por h , la media del tiempo de llamadas, además se asume que las llamadas que llegan son independientes esta fórmula calcula la probabilidad de bloqueo de una llamada, el bloqueo ocurre cuando hay un nuevo requerimiento de recursos, pero los canales ya están todos ocupados, se define de la siguiente manera:

Donde:

P_b : Probabilidad de bloqueo o rechazo de llamadas

m : Número de recursos, canales de voz

E : Tráfico en las horas de mas congestión, en Erlangs

$$P_b = B(E, m) = \frac{\frac{E^m}{m!}}{\sum_{i=0}^m \frac{E^i}{i!}}$$

Esta fórmula permite establecer grados de servicios (GoS), esto es la probabilidad de que una nueva llamada llegue al sistema y sea rechazada.

Hemos identificado tres escenarios distintos: Tráfico compartido de Internet, Tráfico de VoIP, Tráfico de IPTV, cada uno de los casos necesitan un tratamiento distinto puesto que responden a tres tipos diferentes de comportamiento, veamos a continuación:

Tráfico de internet.- En general los modelos de negocios que involucran la reventa de internet en nuestro medio pueden ser clasificado en dos tipos: Tráfico uno a uno 1:1 y tráfico compartido 1: N, donde N es el número de veces que se vende determinado ancho de banda, en nuestro medio hemos identificado por los menos dos niveles de compartición 1:4 y 1:8 para clientes de pequeñas empresas y residenciales respectivamente. Lo que esto significa es que para que el modelo de negocios sea viable y podamos competir de una manera adecuada, debemos aplicar un criterio estadístico de utilización del canal.

Para investigar la utilidad de las suposiciones anteriores tomaremos el caso de una empresa local que tiene un determinado número de clientes. En este caso esta empresa tiene varias sucursales en algunas partes del país, entre ellas Guayaquil, Manta, Portoviejo, Milagro.

En la Figura A se muestra el tráfico para la ciudad de Guayaquil donde la empresa tiene unos dos mil clientes con un promedio por enlace de 300Kbps para un total vendido de 600Mbps, puede verse el consumo máximo de 109Mbps, para una razón de compresión de 1:5.5

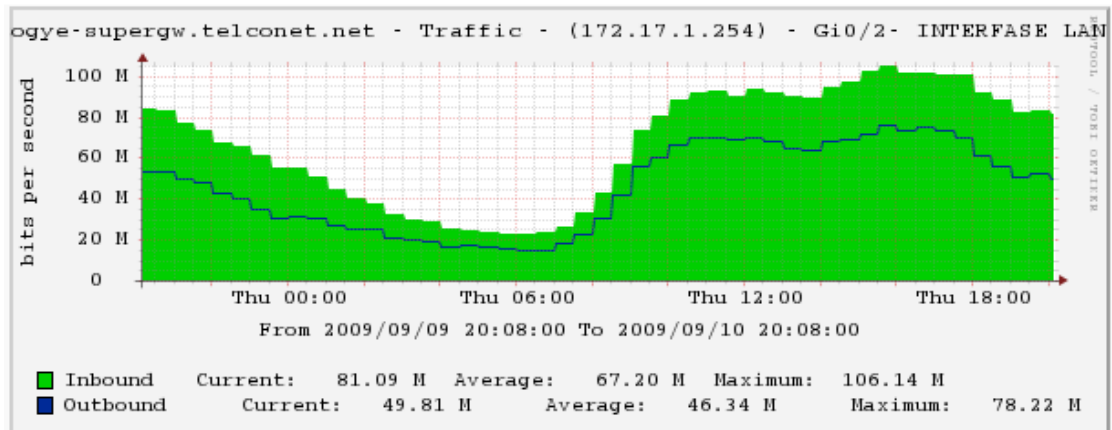


Figura 4.63: Tráfico Guayaquil
Fuente: Transtelco

En la Figura B esta el gráfico para la ciudad de Manta donde la misma empresa tiene 1200 clientes aproximadamente con el mismo promedio por cliente, dando un total de 360Mbps vendidos, puede verse en la gráfica que el consumo máximo en horas pico es de 65Mbps, dando una razón de compresión de 5.5

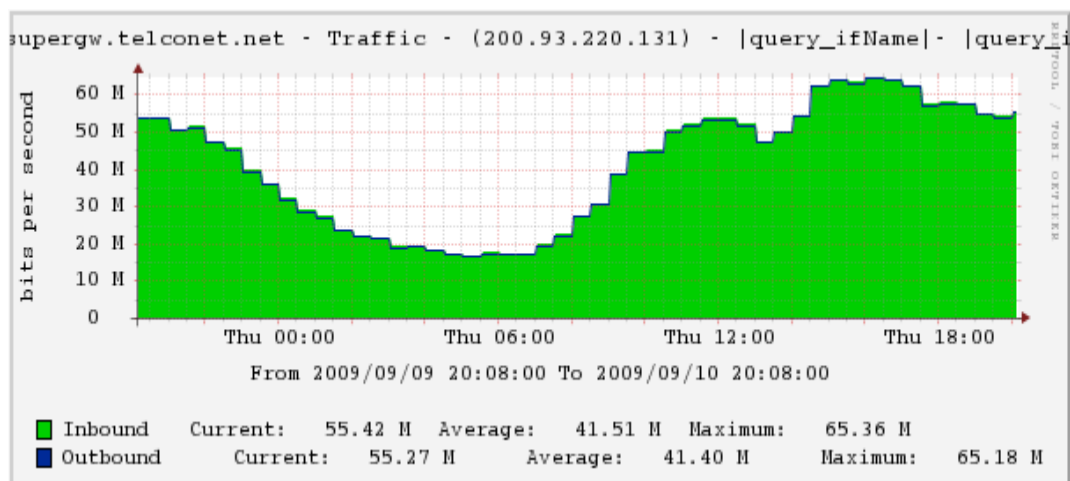


Figura 4.64: Tráfico Manta
Fuente: Transtelco

Finalmente en la Figura C se muestra el tráfico para la ciudad de Portoviejo donde se tiene unos 800 clientes con un promedio por enlace de 300Kbps siendo el total vendido de 240Mbps y una consumo máximo de 46Mbps y razón de compresión de 5.2 .

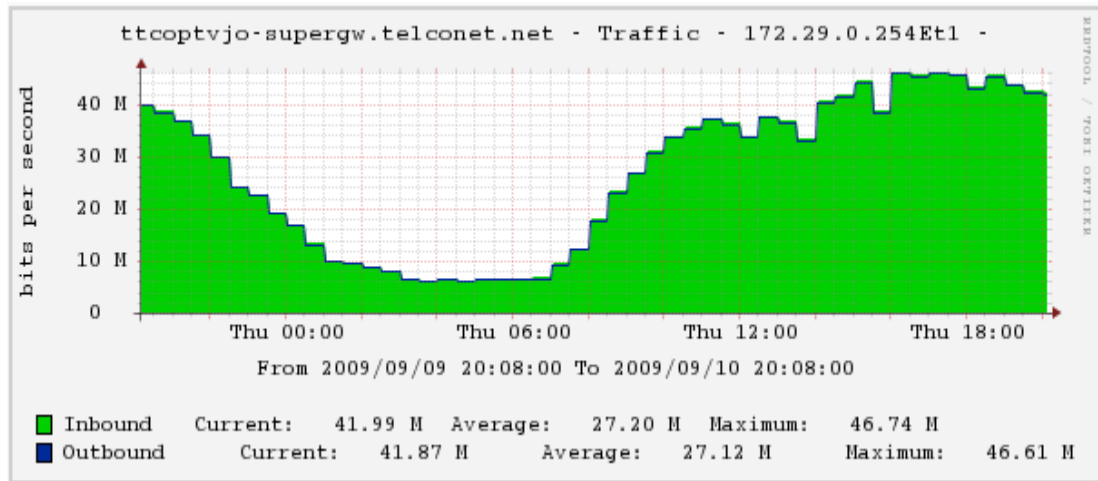


Figura 4.65: Tráfico Portoviejo
Fuente: Transtelco

Tráfico de VoIP.- Para el tráfico de VoIP necesitamos escoger un codec que nos dé una buena relación entre costo de procesamiento y calidad de audio, para esto hemos escogido el protocolo ITU G.729 que nos permite transmitir voz digitalizada con un ancho de banda de 8Kbps, tomado en cuenta este ancho de banda por llamada, junto con el número de líneas por nodo y escogiendo un nivel razonable de llamadas bloqueadas, podemos calcular el número de canales necesarios de 8kbps y así estimamos el ancho de banda necesario por nodo para telefonía IP. En nuestro caso tenemos como máximo 180 clientes, suponiendo una cantidad de tráfico máximo en horas pico de 10Erlangs y considerando un GoS de 0.01(1%) aplicando la fórmula (1) tenemos:

18, es decir necesitamos 18 canales de 8Kbps o 144Kbps

Tráfico de IPTV.- En el caso de la estimación del ancho de banda para IPTV, no sería conveniente tener niveles de rechazo pues debido a que normalmente los periodos de uso de la TV son muy largos y pueden durar varias horas, debido a esto hemos decidido que debemos garantizar el ancho de banda suficiente a cada usuario para este efecto. Consideraremos la utilización del protocolo MPEG4 para la entrega de video bajo demanda de alta definición, para esto necesitamos garantizar 8Mbps por cada cliente, considerando que en el caso máximo tenemos 90 clientes por cada puerto GEAPON, tenemos:

$$AB = 1250Mbps/90 = 13Mbps$$

Es decir tenemos la capacidad de dar 13Mbps a cada cliente, suficiente para video de alta definición y un ancho de banda de 5Mbps para internet, que pueden ser suficientes para la mayoría de los casos.

4.10 Componentes de la red

La Figura 4.65 muestra la red GEAPON a alto nivel, se distinguen los componentes principales:

- El servidor de video
- El servidor de Internet

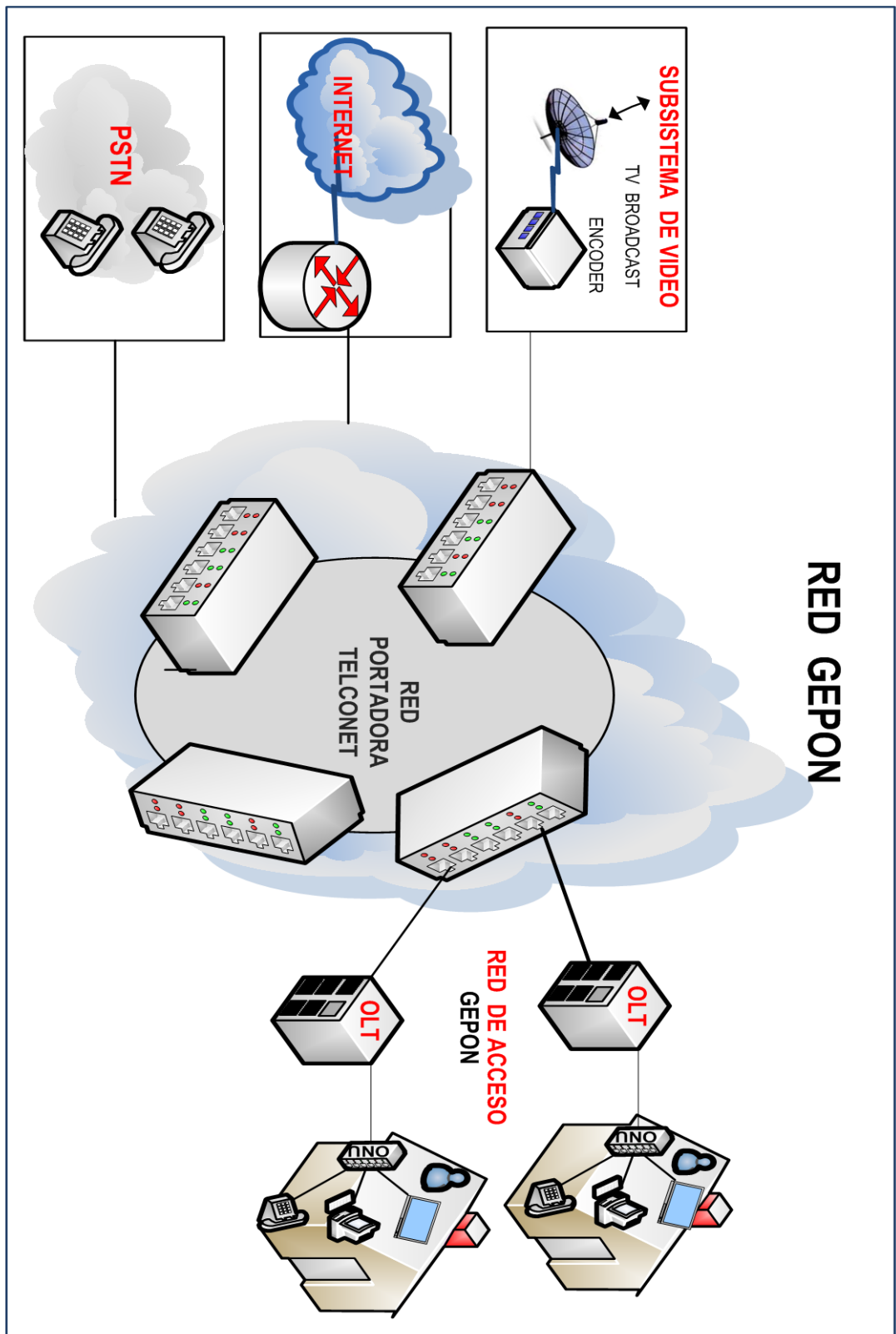


Figura 4.66: Componentes Red GEPON
Fuente: Autora

a) En la parte izquierda se aprecia el router principal que sirve de pasarela para interconectar los tres servicios ofrecidos con el OLT, este router encamina el tráfico hacia su destino correspondiente, se aprecia la conexión hacia la Internet, una derivación hacia el switch de telefonía del operador telefónico, y una derivación hacia el headend o servidor de flujo de video (IPTV) para el video bajo demanda, o hacia la fuente de video RF. Una descripción más detallada de la tecnología subyacente a IPTV se encuentra en el apéndice X, Como se mencionó anteriormente, los switches de acceso del portador deben soportar IGMP, una descripción más detallada de la utilización del protocolo IGMP se encuentra en el Apéndice X.

b) El OLT maneja la conversión del protocolo PON y la agregación de las fuentes de datos.

En el gráfico se muestra el diagrama de bloques de alto nivel de una OLT típica, contiene un subsistema de enrutamiento/conmutación que soporta la pila de protocolos TCP/IP y es la interconexión hacia la red IP. El subsistema GEAPON maneja los detalles del protocolo GEAPON, incluyendo formateo de datos, reconocimiento de ONU's, encriptación, asignación dinámica de ancho de banda, entre otras tareas, todo de acuerdo al estándar. También contiene un subsistema electro-óptico (E/O), que es un bloque de conversión de señales, las señales eléctricas internas del OLT hacia las señales ópticas externas hacia la red de fibra y viceversa. El estándar recomienda una longitud de onda de 1490nm para el flujo de datos de bajada, 1310nm para el tráfico de subida y 1550nm para cualquier señal que quiera emitirse como broadcast (típicamente señal de video)

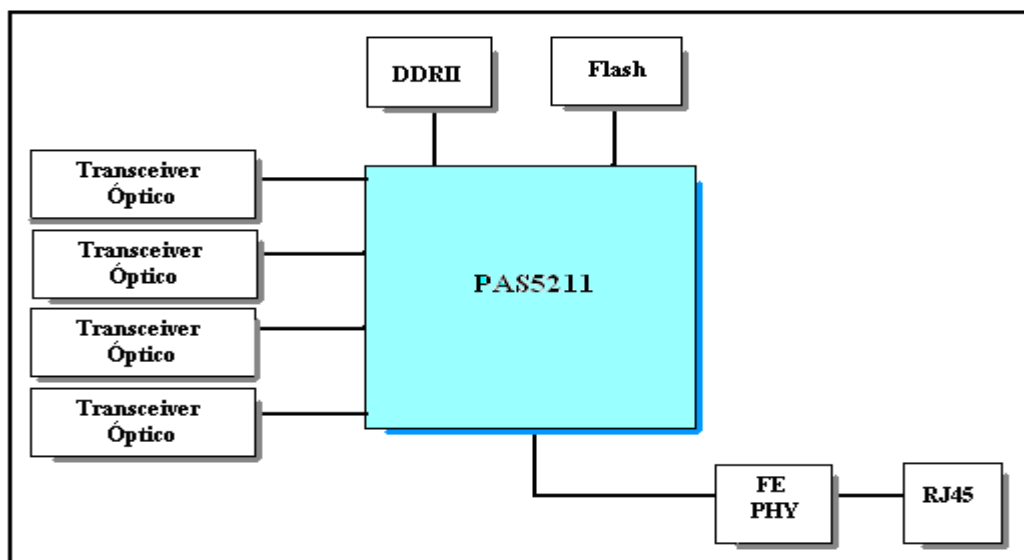


Figura 4.67: Bloques OLT
Fuente: Autora

4.10.1 Componentes constitutivos del OLT

En la Figura 4.66 se muestra el diagrama de bloques constitutivos del OLT, la partes principales, como puede verse en este modelo específico, es el microcontrolador PAS5211, adicionalmente se ven varios transceivers, memorias y el componente PHY.

Chip PAS5201: Es un componente conocido como System-on-Chip (SOC), lo que significa que es un chip que contiene todas las funcionalidades de un OLT Gygabit incluidas para usos en redes EPON (IEEE 802.3ah EPON). Este chip integra la funcionalidad de control de acceso al medio de Ethernet (Ethernet MAC), administración de protocolo EPON, máquina de clasificación avanzada y una CPU embebida, puede ser usado junto con un software de desarrollo para generar soluciones OLT completas.

Entre las características más importantes tenemos:

- ⇒ Una CPU ARM9 con un paquete de software completo
- ⇒ Máquina de clasificación de paquetes con soporte para VLAN's, IP Multicast, Ipv4, Ipv6
- ⇒ Drivers de dispositivos más comunes que acompañan al OLT
- ⇒ Codificación FEC
- ⇒ Encriptación integrada para mejorar la seguridad
- ⇒ Buffers de tramas con múltiples colas
- ⇒ Máquina en hardware programable con soporte para separación dinámica de anchos de banda (DBA)
- ⇒ Controlador integrado para la administración de enlaces EPON de hasta 128 ONU's.

Transceiver Óptico: Los componentes ópticos sirven como interfaces entre el subsistema del OLT y la red óptica, permite convertir la señalización eléctrica en óptica y viceversa.

Memoria DDRII: La memoria DDR2 es un tipo de memoria de acceso aleatorio (RAM), esta memoria es muy común en dispositivos de cómputo, el OLT lo utiliza para almacenar los resultados de los cálculos intermedios del chip OLT

Memoria Flash: Esta es una memoria tipo EEPROM de alta velocidad, es utilizado en el OLT para almacenar el sistema operativo y las conFiguraciones permanentes.

Subsistema Ethernet PHY: Esta bloque conecta la capa de enlace de datos hacia el medio físico (interfaz Ethernet). Incluye subcapas PCS, PMD.

c) La ONU, en el lado del abonado, realiza la conversión de señal óptica-eléctrica, entrega la señal de RF para video, la señal de datos para IPTV o Internet y la conexión hacia el aparato telefónico.

El corazón de la ONU es el subsistema de conversión óptico-electrónico que da la cara hacia la red de acceso, este componente es llamado *triplexer* (o *diplexer* si no soporta señal de RF). Cuando se usa señal de video RF, el ONU incluye un componente de multiplexación por longitud de onda para separar la señal de 1550nm de las de 1310nm y 1490nm de la parte de datos. En la Figura se muestra un diagrama de bloques de alto nivel de un ONU típico.

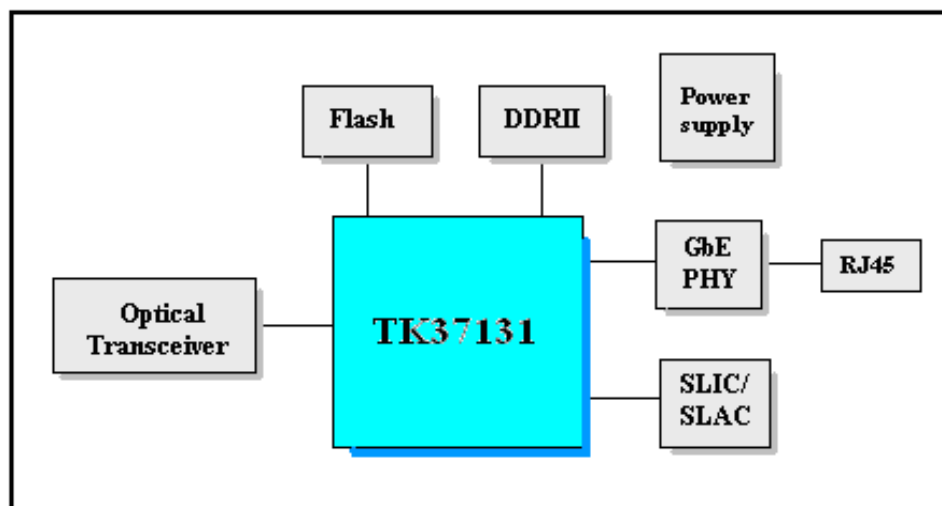


Figura 4.68: Bloques ONU
Fuente: Autora

Como se muestra, en caso de ser un triplexer, el subsistema WDM divide la señal hacia la parte de video RF o hacia la parte de datos. El flujo de datos de bajada es enviado hacia el subsistema de conmutación IP (switch) y también hacia el subsistema de telefonía (puerto FXS).

4.10.2. Componentes constitutivos del ONU

En la Figura 4.67 se muestra el diagrama de bloques constitutivos del ONU, la partes principales, como puede verse en este modelo específico, es el microcontrolador TK37131, adicionalmente se ven el componente óptico, memorias y otros.

Chip TK37131: Es un componente conocido como System-on-Chip (SOC), lo que significa que es un chip que contiene todas las funcionalidades de un ONU Gygabit incluidas para usos en redes EPON (IEEE 802.3ah EPON). Este chip ha sido optimizado para funciones de IPTV sobre EPON.

Entra las características más importantes del chip tenemos:

- ⇒ Compatible con el protocolo EPON MAC IEEE 802.3ah
- ⇒ Puertos independientes 10/100/1000
- ⇒ Procesador con memoria integrada
- ⇒ FEC 802.3ah
- ⇒ Encriptación de 128 bits
- ⇒ 8 Identificadores lógicos de enlace (LLID)
- ⇒ Capacidades de clasificación de paquetes de capa 2, 3 y 4
- ⇒ Soporte para VLAN Tagging (802.1q)
- ⇒ Amplios rangos de temperatura (-40C hasta +85)

Transceiver Óptico: Los componentes ópticos sirven como interfaces entre el subsistema del ONU y la red óptica, permite convertir la señalización eléctrica en óptica y viceversa.

Memoria DDRII: La memoria DDR2 es un tipo de memoria de acceso aleatorio (RAM), esta memoria es muy común en dispositivos de cómputo, el ONU lo utiliza para almacenar los resultados de los cálculos intermedios del chip ONU.

Memoria Flash: Esta es una memoria tipo EEPROM de alta velocidad, es utilizado en el ONU para almacenar el sistema operativo y las conFiguraciones permanentes.

Subsistema Ethernet PHY: Este bloque conecta la capa de enlace de datos hacia el medio físico (interfaz Ethernet). Incluye subcapas PCS, PMD.

SLIC/SLAC: Este componente permite simular las señales de línea telefónica y se conectan hacia la interfaz de telefonía.

Capítulo V

Aspectos legales involucrados

En este capítulo analizaremos la factibilidad regulatoria para el diseño y la implementación de la red GEPON basados en:

- Constitución de la República del Ecuador
- Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada
- Reglamento a la Ley Especial de Comunicaciones
- Reglamento para la prestación de Servicios de Valor Agregado
- Reglamento para la homologación de Equipos terminales de telecomunicaciones
- Reglamento Municipal

Este cuerpo legal establece una serie de especificaciones, reglamentos, normativas, restricciones y otros aspectos involucrados en el diseño de una red de acceso en el territorio nacional. Para esto hemos recopilado información de las entidades reguladoras como la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL), la Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil, la Corporación para la Administración Temporal Eléctrica de Guayaquil (CATEG).

Se ha hecho visitas a cada una de estas Instituciones mencionadas donde se ha conversado con funcionarios autorizados quienes nos han proporcionado la información requerida para el desarrollo del proyecto.

5.1 Constitución de la República Del Ecuador

La nueva Constitución de la República del Ecuador aprobada en el año 2008 consagra lo siguiente:

Artículo 16 literal 2:

Art. 16: “Todas las personas, en forma individual o colectiva tienen derecho a:

2. “El acceso universal a las tecnologías de información y comunicación.

Artículo 17:

“El estado fomentará la pluralidad y la diversidad en la comunicación, y al efecto:”

2. “Facilitará la creación y el fortalecimiento de medios de comunicación públicos, privados y comunitarios, así como el acceso universal a las tecnologías de información y comunicación en especial para las personas y colectividades que carezcan de dicho acceso o lo tengan de forma limitada”

Como puede inferirse de los anteriores artículos, el estado ecuatoriano promueve y garantiza el desarrollo de nuevas tecnologías que posibiliten el acceso irrestricto e igualitario a las fuentes de información digitales independientes, así como a los nuevos servicios que sobre estas tecnologías pueda brindarse.

5.2 Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada

Dentro de La Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada del Ecuador vigente a la fecha, se hace una clara diferenciación entre dos categorías de servicios de comunicación de datos: Servicios Portadores y Servicios finales, a continuación transcribimos literalmente lo que dice la Ley en lo que respecta a este tema:

Art. 8.- Servicios finales y servicios portadores:

- a) Servicios finales de telecomunicaciones son aquellos servicios de telecomunicación que proporcionan la capacidad completa para la

comunicación entre usuarios, incluidas las funciones del equipo Terminal y que generalmente requieren elementos de conmutación.

Forman parte de estos servicios, inicialmente, los siguientes: telefónico rural, urbano, Interurbano e internacional; video telefónico; telefax; burofax; datafax; videotex, telefónico móvil automático, telefónico móvil marítimo o aeronáutico correspondencia pública; telegráfico; radiotelegráfico; de télex y de teletextos.

b) Servicios portadores son los servicios de telecomunicación que proporcionan la capacidad necesaria para la transmisión de señales entre puntos de terminación de red definidos.

El régimen de prestación de servicios portadores se sujeta a las siguientes normas:

1. En este tipo de servicios existen dos modalidades:

a. Servicios que utilizan redes de telecomunicaciones conmutadas para enlazar los puntos de terminación, tales como la transmisión de datos por redes de conmutación de paquetes, por redes de conmutación de circuitos, por la red conmutada o por la red télex; y,

b. Servicios que utilizan redes de telecomunicación no conmutadas. Pertenecen a este grupo, entre otros, el servicio de alquiler de circuitos;

2. Los puntos de terminación de red a que hace referencia la definición de servicios portadores deberán estar completamente especificados en todas sus características técnicas y operacionales en los correspondientes Reglamentos Técnicos. ”

“Ley Especial de Telecomunicaciones reformada”, Quito, El artículo mencionado, en su literal b) define los servicios portadores los cuales están habilitados para el transporte de datos entre dos puntos de terminación de red, este no es nuestro caso dado que solo nos encargaremos de la red de acceso para prestar servicio a los

usuarios finales y nos ampararemos en la licencia de un portador para poder prestar nuestros servicios. Nos acogeremos al literal a) del artículo mencionado que define la prestación de servicios finales de telecomunicaciones para lo cual haremos referencia a la resolución 071-03-CONATEL-2002, en la cual se expide el “REGLAMENTO PARA LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE VALOR AGREGADO”, cuyos artículos revisaremos según sea necesario.

5.2.1 Reglamento a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada (Decreto No. 1790).

Para la implementación de la infraestructura de acceso de nuestra red vamos a necesitar hacer uso extensivo de la infraestructura de la postearía urbana propiedad de la CATEG (Corporación para la Administración Temporal Eléctrica de Guayaquil), para esto nos ampararemos en el “REGLAMENTO GENERAL A LA LEY ESPECIAL DE TELECOMUNICACIONES REFORMADA” decreto No. 1790 que tiene como finalidad “establecer las normas y procedimientos generales aplicables a las funciones de planificación, regulación, gestión y control de la prestación de servicios de telecomunicaciones y la operación, instalación y explotación de toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, imágenes, datos y sonidos por cualquier medio; y el uso del espectro radioeléctrico.”

Los artículos 144 y 145 de la mencionada Ley nos habilitan para utilizar la infraestructura pública, a continuación los artículos.

Art. 144.- El prestador de servicios de telecomunicaciones podrá tender o cruzar líneas aéreas o subterráneas en calles, parques, caminos y otros bienes del dominio público, sólo a los fines específicos de la prestación del servicio respectivo, previa autorización de la autoridad competente y el cumplimiento de los requisitos legales aplicables.

Art. 145.- Cuando el prestador de servicios de telecomunicaciones requiera realizar instalaciones en calles, parques, aceras o la vía pública en general, Deberá solicitar

permiso a la autoridad competente, la cual deberá otorgarlo sin demoras. El prestador de servicios de telecomunicaciones quedará obligado a causar la menor perturbación y efectuar, en forma adecuada, las reparaciones a que hubiere lugar, dentro del menor tiempo posible.

5.3 Reglamento para la prestación de Servicios De Valor Agregado

5.3.1 Definición de SVA (Servicios de Valor Agregado)

Art.2.- (Reformado por el Art. 3 de la Res. 247-10-CONATEL-2002 del R.O. 599, 18-VI-2002).- Son servicios de valor agregado aquellos que utilizan servicios finales de telecomunicaciones e incorporan aplicaciones que permiten transformar el contenido de la información transmitida. Esta transformación puede incluir un cambio neto entre los puntos extremos de la transmisión en el código, protocolo o formato de la información.”

La figura legal a la que debería acogerse una empresa que desee implementar la red planteada por nuestro proyecto sería la de: “Empresa de servicios de valor agregado” (SVA).

5.3.2 Del Título Habilitante y su duración

Art.4.- El título habilitante para la instalación, operación y prestación del servicio de valor agregado es el permiso, otorgado por la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (Secretaría), previa autorización del Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL).

Art.5.- El plazo de duración de los títulos habilitantes para la prestación de servicios de valor agregado será de diez (10) años, prorrogables por igual período de tiempo, a solicitud escrita del interesado, presentada con tres meses de anticipación al vencimiento del plazo original, siempre y cuando el prestador haya cumplido con los términos y condiciones del título habilitante.

Otro de los aspectos a considerarse es que debemos obtener un título habilitante para la prestación de servicio de valor agregado, este título tiene una vigencia de 10 años luego de lo cual puede renovarse, a continuación transcribimos los artículos relevantes:

5.3.3 Del área de cobertura del Título Habilitante

El área de cobertura de interés está limitada al Cantón Guayaquil y el Cantón Samborondón inicialmente, pudiendo extenderse luego a otros cantones.

Art.6.-El área de cobertura será nacional y así se expresará en el respectivo título habilitante, pudiéndose aprobar títulos habilitantes con infraestructura inicial de área de operación local o regional.

El costo del título habilitante para un SVA, a la fecha del desarrollo de este proyecto es de \$500 por servicio.

5.3.4 Requisitos para obtener el permiso para la explotación de servicios de valor agregado.

Personas Jurídicas:

3. Solicitud dirigida al Señor Secretario Nacional de Telecomunicaciones.
4. Escritura de constitución de la empresa domiciliada en el país.
5. Copia certificada o protocolizada del nombramiento del Representante Legal, debidamente inscrito en el Registro Mercantil.
6. Certificado de obligaciones emitido por la Superintendencia de Compañías.
7. Copia del RUC.
8. Copia de la cédula de identidad del Representante Legal.
9. Copia del último certificado de votación, del Representante Legal.
10. Certificado de la Superintendencia de Telecomunicaciones respecto de la prestación de servicios de telecomunicaciones del solicitante y sus accionistas incluida la información de imposición de sanciones en el caso de haberlas.
11. Anteproyecto técnico elaborado y suscrito por un ingeniero en electrónica y/o telecomunicaciones (debidamente colegiado, adjuntar copia de la licencia profesional).

5.3.5 El anteproyecto técnico debe contener lo siguiente:

5. Diagrama técnico detallado del sistema.
6. Descripción y alcance detallado de cada servicio que desea ofrecer.
7. Conexión Internacional: si es infraestructura propia presentar la correspondiente solicitud de Concesión de Uso de Frecuencias, con todos los requisitos que se establecen para el efecto, y si es provista por una empresa portadora autorizada, deberá presentar la carta compromiso de la provisión

del servicio.

8. Conexión entre Nodos: si es infraestructura propia presentar la correspondiente solicitud de permiso de Concesión de uso de frecuencias, con todos los requisitos que se establecen para el efecto, y si es provista por una empresa portadora autorizada, deberá presentar la carta compromiso de la provisión del servicio.
9. Modalidades de acceso: descripción detallada de las mismas.
10. Ubicación geográfica inicial del sistema, especificando la dirección de cada Nodo y su descripción técnica.
11. Diagrama técnico detallado de cada Nodo, y especificaciones técnicas de los equipos.
12. Estudio y proyecto de factibilidad económica, mismo que debe incluir: inversión inicial y de los 3 primeros años, recuperación y plan comercial.
13. Requerimientos de conexión con alguna red pública de Telecomunicaciones.

5.3.6 De la infraestructura de transmisión.

Art. 22.- Los permisionarios para la prestación de servicios de valor agregado tendrán el derecho a conexión desde y hacia sus nodos principales y secundarios y entre ellos, para el transporte de la información necesaria para la prestación de sus servicios y podrá realizarlo bajo cualquiera de las modalidades siguientes:

a. Infraestructura propia.- Para lo cual deberá especificarlo en la solicitud adjuntando el diagrama y especificaciones técnicas y conjuntamente deberá tramitar la obtención del título habilitante correspondiente necesario para su operación no pudiendo ser alquilada su capacidad o infraestructura a terceros sin un título habilitante para la prestación de servicios portadores; y,

b. Contratar servicios portadores.- Para lo cual deberá declarar en la solicitud correspondiente la empresa de servicios portadores que brindará el servicio.

En nuestro caso nos ampararemos en el literal b) de este artículo, que nos faculta contratar los servicios portadores de un tercero, así evitamos el fuerte desembolso por la adquisición de la licencia de portador.

5.3.7 De las tarifas

Las tarifas de nuestro servicio estarán dadas por las condiciones del mercado y los costos de la tecnología implementada, pero debido a que podremos dar servicios diferenciados (Ej. IPTV), la política de precios que aplicaremos será la de diferenciación.

Art. 26.- Las tarifas para los servicios de valor agregado serán libremente acordadas entre los prestadores de servicios de valor agregado y los usuarios. Sólo cuando existan distorsiones a la libre competencia en un determinado mercado el Consejo Nacional de Telecomunicaciones podrá regular las tarifas.

5.3.8 De los derechos y deberes de los usuarios

Uno de los aspectos más relevantes en el artículo 34 acerca de deberes y derechos tiene que ver con las responsabilidades que se adquiere como prestador de SVA, entre los cuales se destaca que el usuario tiene derecho a un reconocimiento económico en caso de que no reciba servicio por causas imputables al operador, este en un tema muy delicado que debe ser adecuadamente previsto y manejado para no deteriorar nuestra imagen como proveedores.

Art. 34, literal d. El usuario tiene derecho a un reconocimiento económico que corresponda al tiempo en que el servicio no ha estado disponible, cuando la causa fuese imputable al prestador del servicio de valor, agregado, que será por lo menos un equivalente al precio que el usuario hubiere pagado por ese tiempo de servicio de

acuerdo a la tarifa acordada con el prestador del servicio de valor agregado. El usuario tiene la obligación de pagar puntualmente los valores facturados por el servicio en el lugar que el operador establezca.

5.4 Reglamento para la homologación de Equipos Terminales De Telecomunicaciones.

Otro de los aspectos que debemos considerar es la homologación de los equipos que van a ser utilizados, en nuestro caso usaremos como equipos finales los ONU's que serán instalados en las premisas del usuario, y darán acceso a la red de datos. Esta homologación es un proceso realizado por la SUPTEL y tiene por objetivo prevenir daño a las redes de telecomunicaciones y evitar perturbación a los equipos de comunicaciones o su deterioro. Este proceso se realiza por medio de una revisión técnica. Una vez realizada esta verificación la SUPTEL emite un certificado de homologación.

Los requisitos para la homologación están publicados en el reglamento y son los siguientes:

Art. 12.- Requisitos.- Para homologar un equipo terminal de telecomunicaciones por cada clase, marca y modelo, el solicitante presentará a la SUPTEL, los siguientes documentos:

a) Para equipos de telecomunicaciones fabricados o ensamblados fuera del Ecuador:

- Solicitud escrita dirigida al Superintendente de Telecomunicaciones.
- Manuales técnicos.
- Características de funcionamiento.
- Un certificado o un documento de características técnicas de los equipos cuya clase, marca y modelo se quiere homologar, emitido por un organismo internacional reconocido.

b) Para equipos de telecomunicaciones fabricados o ensamblados en el Ecuador:

- Solicitud escrita dirigida al Superintendente de Telecomunicaciones.
- Manuales técnicos.
- Características de funcionamiento.
- Un certificado o un documento de características técnicas emitido por un laboratorio calificado por el CONATEL u organismo internacional de que los equipos cuya clase, marca y modelo se solicita homologar cumplen con las especificaciones de la norma técnica correspondiente.

5.5 Reglamentación Municipal

La Municipalidad de Guayaquil, encarga a la Fundación Guayaquil Siglo XXI, la administración de la regeneración urbana y el mejoramiento arquitectónico de Guayaquil esto comprende remodelación, la transformación y reconstrucción de bienes públicos como: calles, veredas parterres, fachadas, infraestructura de servicios, etc. A su vez la fundación Guayaquil Siglo XXI contrata a la Cia. “ARTIEXPORT” para la ejecución de trabajos y reordenamiento del cableado público. Nuestro proyecto tiene que ver con el Plan de Regeneración Urbana ya que indica lo siguiente:

5.5.1 Alcance del Plan de Regeneración Urbana

5.5.1.1 Aspectos Físicos

Infraestructura.- Se busca canalizar subterráneamente todas las instalaciones de los distintos servicios públicos (electricidad, teléfonos, cables, etc.) en el Área de Intervención, los que actualmente son aéreos y se encuentran dispuestos en forma desordenada y caótica. Esto le permitirá a la Muy Ilustre Municipalidad De Guayaquil, que tendría la propiedad de los ductos enterrados, dictar las reglas de uso de los mismos y poder obtener beneficios por el derecho de uso de los mismos recuperando la inversión realizada y minimizando adicionalmente el nivel actual de clandestinidad en las conexiones. Los proyectos son elaborados por cada una de las empresas de servicios existentes bajo la coordinación de un equipo de profesionales de la Fundación Malecón 2000.

ARTIEXPORT.

Es la compañía designada por la Fundación Guayaquil Siglo XXI, para la realización de los trabajos de cableados subterráneo en la zona de regeneración urbana.

Para poder realizar el cableado en la zona de regeneración urbana debemos solicitar por medio de un oficio a Artisport que desea realizar el trabajo junto con la ruta expuesta en el proyecto.

Además se coordina la inspección con un fiscalizador de ARTIEXPORT, la compañía mencionada envía el oficio a la Fundación Siglo XXI; el proceso de aprobación tarda hasta 2 días como tiempo máximo. Todo el trabajo se coordina en las oficinas de ARTIEXPORT para que puedan proceder a la facturación.

5.6 Utilización de postiería en el Área Urbana De Guayaquil

5.6.1 Antecedentes

El crecimiento de la demanda de servicios de comunicación de datos en los últimos 10 años ha sido explosivo y se estima que en los últimos 8 años la demanda ha crecido 10 veces, esta creciente demanda ha fomentado la aparición de varias empresas proveedoras de servicios de internet (ISP) y ha generado mucha presión sobre el uso de la postiería de tendido aéreo de la CATEG, esto ha generado diversas situaciones que al momento se han hecho insostenibles. Los dos principales inconvenientes que se han identificado son los siguientes:

- La cantidad de cables instalados sobre los postes genera sobrecarga sobre estos, haciendo que en muchos casos se desequilibre y se vire, esto es doblemente perjudicial por que interrumpe el servicio eléctrico de los abonados e interrumpe el servicio de comunicaciones de los abonados, causando perjuicio económico a la CATEG y a los usuarios, esto sin considerar el peligro causado

Por el viraje del poste. En las Figura 1 y 2 se muestra dos ejemplos típicos en Guayaquil, el primero a punto de a punto caerse y el otro con exceso de cables.



Figura.5.1: .Muestra un poste a punto de caerse por la cantidad de cables puestos sobre este.

Fuente: Autora

2) La forma desordenada y anti técnica en que se han instalado los cables en los postes dan una fea imagen a la ciudad, esto causa un perjuicio económico a la ciudad y la autoestima de los Guayaquileños, en vista de esto el M. I Municipio de Guayaquil prohíbe que el espacio público sea mal utilizado.

En vista de esto la CATEG está exigiendo, regularizar, estandarizar y normalizar, el tendido de conductores aéreos de fibra óptica y de cobre, con sus herrajes, equipos y elementos accesorios de la red.

5.6.2 Situación actual

Al momento se ha identificado hasta 20 cables distintos sobre los postes de la ciudad en las avenidas principales, la mayoría de ellos entrecruzados o mal puestos, la CATEG ha convocado a las portadoras de la ciudad para generar un consenso y planificar acciones para tomar correcciones.

5.6.3 Medidas correctivas propuestas por los operadores

Se han generado muchas ideas para disminuir el desorden y mejorar el formato de la ciudad, las cuales describimos a continuación:

- Los operadores deberán desenredar los cables, ordenando cada operador sus cables en un solo grupo sujetos con amarras de larga duración.
- Limitar el número de operadores que pueden tender cables por los postes, al momento del desarrollo de este proyecto la CATEG solo permitirá siete operadores se debe estandarizar los accesorios de instalación de cables.
- En los cruces de avenidas principales se utilizara la tecnología de microzanjado subterráneo para evitar el cruce aéreo diseñar lo que se ha denominado un “rack” de herrajes lo que consiste en un grupo de herrajes de un solo cuerpo con siete posiciones, uno para cada operador.

5.6.4 Plan de acción a desarrollar por parte de los operadores

- Repuesta inmediata a las eventualidades emergentes.
- Planificación de trabajos.
- Conexiones irregulares y clandestinas
- Procedimientos
- Formato de las placas o rótulos según instrucciones impartidas por la CATEG.

5.6.5 Utilización del Sistema de Información Geográfica

Al momento del desarrollo de este proyecto la CATEG está implementando un SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (GIS) en la ciudad de Guayaquil, este sistema tiene por objetivo hacer un levantamiento digitalizado y georeferenciado de todos los postes de su dominio con la finalidad de llevar un control estricto de todos los cables de electricidad, comunicaciones y cualquier tipo de accesorio utilizado para la instalación de los cables, esto impediría que empresas no autorizadas utilicen la postearía de la CATEG. La CATEG ha definido un manual de procedimientos para la admisión de información digitalizada en la base de datos del GIS, este manual de procedimientos se adjunta como anexo.



Figura 5.2: En esta foto se observa claramente el desorden una gran cantidad de cables.
Fuente: Autora

Capítulo VI

Evaluación Económica y Financiera

En este capítulo se detallarán todos los costos relacionados para la implementación de una red de acceso con Fibra Óptica para los usuarios residenciales red GEPON. También se presentarán los criterios y técnicas de evaluación para mostrar lo interesante del proyecto presentado.

Además se identificará los posibles ingresos de la red GEPON se realizará un flujo de caja del proyecto. El flujo de caja, provee información sobre los costos implícitos en cada una de las dos alternativas y permite analizar el método de financiamiento que pueda cubrir costo total del proyecto y determinar si es o no viable.

Para determinar los costos del servicio ofrecido se debe considerar que no todos los potenciales usuarios se agregaran en la fase inicial del proyecto, en este caso tomamos un valor estimado del 2% de la población de Guayaquil, y se considera que se alcanzará este porcentaje en un plazo de cinco años, también consideraremos que ofrecemos un servicio diferenciado aunque, no perderemos de vista el hecho de que enfrentamos una fuerte competencia, que a pesar de que ofrece un producto distinto, podría confundir al consumidor final al compararse por precios, esto debe contrarrestarse con una adecuada estrategia de marketing. En esta fase establecemos una referencia del capital necesario a invertir en el proyecto, además de proponer un análisis de negocios y un plan de inversión, se tratará de encontrar si la propuesta es o no rentable y conveniente de realizar.

6.1 Costos involucrados

La determinación de estos costos es importante para dar un valor aproximado del costo del servicio a ofrecer a los usuarios residenciales. En los costos iniciales se contemplan todos los equipos utilizados en los nodos, además de la adecuación del lugar y de su instalación y permisos, es por esto que hemos separado los costos de la siguiente forma:

- ⇒ Costos por nodo
- ⇒ Costos tendido de Red de acceso de Fibra
- ⇒ Costos administrativos
- ⇒ Costos Legales
- ⇒ Costos de instalación de cable de acceso a la red
- ⇒ Costos de equipo CPE (ONU)

6.1.1 Costos legales

En esta fase se determinan los costos relacionados con los permisos para la implementación de una red de acceso, que en nuestro caso se tipifica como costo del servicio de valor agregado (SVA) reglamentado por la **CONATEL**, además de los tramites y solicitudes municipales; también valores estimados por permisos de infraestructura pública, como el permiso de la **CATEG** el uso de los postes para la llevar la fibra, la justificación de estos costos se puede revisar en el capítulo de aspectos legales.

Para reducir costos nos acogeremos al artículo 22 del literal b) de la Ley especial de Telecomunicaciones del año XX, la cual indica que podemos dar el servicio de transmisión de datos amparados con una licencia de una empresa autorizada como portadora, con esto reducimos de manera importante nuestros costos, pues la contratación de servicio Portador tiene un valor muy elevado, si decidiera ser una empresa portadora tendríamos que pagar el valor de la concesión del título habilitante para servicios portadores que alcanza los \$75.000,00, solo para la ciudad de

Guayaquil, además de pagar por el SVA (Servicio del Valor Agregado).

También hay que considerar los costos en que se incurre por permisos municipales por concepto de uso de ductería subterránea y área municipal en los casos que se necesite poner nodos en zonas regeneradas.

En la tabla 6.1 veremos los costos relacionados con los trámites legales:

COSTO LEGALES				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	RENOVACIÓN
3	PERMISO SERVICIO VALOR AGREDADO	500	1500	10 Años
120	PERMISO POR USO DE POSTES	0,50	60	1 año
	TRAMITES VARIOS		300	
	TOTAL		1860	

Tabla 6.1: Costos Legales involucrados
Fuente: Autora

6.1.2 Costos del nodo

El presupuesto para cada nodo de la red se basa en utilización de los equipos necesario como splitter, **OLT** y demás accesorios para su instalación.

La instalación de la Fibra se contemplará desde el **OLT** hasta el splitter este costo lo debe asumir la empresa como parte del proyecto en su fase de inversión.

Para tratar de reducir costos por nodos empleamos un cable monomodo de un solo hilo puesto que es más económico y es ideal para nuestro tipo de nodo ya que si se utilizaría un cable de fibra monomodo de 4 o de 12 hilos de fibra representaría un costo más elevado e innecesario.

El costo de uso de postes ya está contemplado en el trámite legal ya que su instalación se realizara sobre postes ya existentes en la ruta específica para llegar al nodo.

En el siguiente cuadro se presente la cantidad de equipos que se necesitan en cada nodo, además nos da un cómputo global del costo por cada nodo y esto representa un gasto mensual.

COSTOS POR NODO TIPO EN CDLA	
EQUIPOS	COSTOS/MENSUAL
OLT	3.800
SPLITTER (DOS SPLITTER)	2.600
FO (200m)	600
INSTALACIÓN DE FIBRA	100
ALQUILER NODO	100
ADECUACIÓN ELÉCTRICA	1.000
ADECUACIÓN SITIO INSTALACIÓN	1.000
TOTAL	9.200

Tabla 6.2: Costo total del nodo por cada ciudadela
Fuente: Autora

6.1.3 Costos instalación cliente

Es uno de los rubros más importante pues nos dará un valor estimado del costo que tendrá que pagar cada cliente si solicitare nuestro servicio.

Además nos sirven para dar un valor aproximado de los costos del tendido e instalación del cable de fibra Óptica desde el splitter hasta la residencia del cliente; pues este costo lo deberá asumir el cliente así como también los conectores y accesorios que se necesitan.

El presupuesto por kilómetro hace aumentar considerablemente el precio de la instalación, por ello establecemos un costo estándar general para todos los clientes independientemente de la distancia del nodo a la residencia.

La instalación de cable de fibra se realizará sobre postes ya existentes en la ruta específica para llegar al cliente a continuación se muestra la siguiente tabla 6.3:

COSTOS INSTALACIÓN CLIENTE			
CANTIDAD	CLIENTE	COSTO	COSTO TOTAL
1	ONU	200,00	200,00
200	FIBRA ACOMETIDA (200m)	0,30	60,00
200	INSTALACIÓN FIBRA (200m)	0,12	24,00
4	UTILIZACIÓN DE POSTES	0,50	2,00
TOTAL			286,00

Tabla 6.3. Tabla Costo de instalación del cliente

Fuente: Autora

6.1.4 Costos administrativos

Son los costos que representan el personal encargado de la configuración y pruebas de los equipos de los nodos para la puesta en marcha de nuestra red además del personal necesario para el funcionamiento del proyecto como es el que administra que permite el desarrollo y el buen funcionamiento de todo el proyecto.

Dentro de los costos administrativos tenemos los costos fijos y otro grupo que está dentro de los costos de administración son los muebles de oficina, infraestructura tecnológica están separados pues aunque son costos administrativos no son fijos pues se deprecian a lo largo del tiempo. El costo del personal es un rubro fijo que se ve reflejado mensualmente.

COSTOS ADMINISTRATIVO			
CANTIDAD	COSTOS FIJOS	COSTO MENSUAL	COSTO ANUAL
1	OFICINA	1000	12.000
3	SERVICIOS(AGUA-LUZ-TELÉFONO)	500	60.00
1	GERENTE DE OPERACIONES	1200	144.00
1	GERENTE TÉCNICO	1200	144.00
6	TÉCNICOS	500	360.00
2	VENTAS	400	96.00
2	FINANCIERO	500	12.000
1	CONTADORA	500	6.000
1	COBRANZAS	300	3.600
1	MENSAJERO	250	3.000
1	RECEPCIÓN	260	3.120
TOTAL		6610	120.120

Tabla 6.4: Costos Administrativos (Oficina)

Fuente: Autora

Costos muebles de oficina

Estos costos están dentro de los administrativos a diferencia que no son costos fijos porque año a año se van depreciando.

Este es un costo inicial, ya que solo se dará durante el primer año. En el siguiente cuadro se detallan estos costos:

MUEBLES DE OFICINA			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO/UNITARIO	COSTO/TOTAL
16	ESCRITORIOS	60	960
16	SILLAS	40	640
2	ADC. OFIC.(AIRES CONDICIONADOS)	1000	2.000
	TOTAL		3.600

Tabla 6.5: Costos Muebles de Oficina
Fuente Autora

6.1.5 Costos Infraestructura Tecnológica

La infraestructura tecnológica se considera una inversión al inicio del proyecto para la oficina central en la cual se requerirán servidores para el control y monitoreo de la red, además de los equipos computadores para el personal que labora.

Esto se detalla en la tabla 6.6:

COSTOS INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO/UNITARIO	COSTO/TOTAL
10	SERVIDORES	2000	20.000
16	COMPUTADORES	400	6.400
4	IMPRESORAS	80	320
	TOTAL		26.720

Tabla 6.6: Costos infraestructura tecnológica
Fuente: Autora

6.2 Presupuesto para imprevistos

Este presupuesto es para atender cualquier imprevisto presentado en la instalación y cableado de la fibra, además de cualquier problema que pueda presentarse en la parte administrativa como la capacitación del personal, o la compra de aires acondicionado para la oficina ya que los servidores requieren estar en un lugar acondicionadamente fresco. Y está calculado en base al porcentaje que se muestra en la tabla 6.7

En la tabla 6.7 se muestra un total de costos para imprevistos durante todo un año:

PRESUPUESTOS PARA IMPREVISTOS ANUALES		
COSTOS EXTRAS EN LA INSTALACIÓN	6000	5%
COSTOS VARIOS OFICINA	1800	6%
COSTO VARIOS ADMINISTRATIVOS	4200	3%
TOTAL	12000	

Tabla 6. 7 Costos para imprevisto durante todo un año

Fuente: Autora

6.3 Costo total de la red

Teniendo en cuenta la estructura y el diseño de la red se calcula el presupuesto del proyecto en base a todos los costos desglosados para su funcionamiento y puesta en marcha de la red.

Este costo total de la red es la suma de todos los rubros que nos ayudara obtener un presupuesto referencial el cual sería el capital a invertir de \$1'148.300,00 en el proyecto, el cual puede variar por eso se establece el capital necesario para la implantación de la red de acceso con fibra en la ciudad de Guayaquil.

En la tabla 6.8 se muestra un capital estimado para el despliegue de la red GEPON en la ciudad de Guayaquil.

COSTO TOTAL DE LA RED				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO MENSUAL	COSTO TOTAL	PERÍODO
60	COSTO POR NODO CIUDADELA	9200	552.000	DUR. 5 AÑOS
	COSTOS LEGALES		1.860	INICIAL
1 AÑO	COSTOS ADMINISTRATIVOS	6610	120.120	ANUAL
	COSTOS INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA		26.720	INICIAL
	COSTOS MUEBLES DE OFICINA		3.600	INICIAL
	COSTOS IMPREVISTOS	1000	12.000	ANUAL
2160	COSTOS ONUS	200	432.000	INICIAL
	TOTAL		1'148.300	

Tabla 6.8: Presupuesto total para la implementación de la red GEPON

Fuente: Autora

6.4 Determinación de tarifa del servicio

La determinación de una estrategia es importante para el establecimiento de precios y para su demanda.

Una de las estrategia es la amortización de algunos costos y consiste en que la empresa asuma el costo de las ONU's y se lo cobre al cliente un valor de alquiler mínimo durante todo el tiempo que el usuario solicite el servicio este valor será incluido en la tarifa del servicio para amortizar así el precio de la instalación que tendrá que asumir el cliente, además de recuperar el valor invertido por las ONU durante este tiempo, el costo invertido por las ONU se podrá recuperar en un periodo de 1 año y los siguientes año esto se verá reflejado como una clara ganancia.

Otro costo contemplado en el precio del servicio es costo del nodo este valor se obtiene dividiendo el valor del nodo para el número de clientes posibles en un nodo que es 180 y ese resultado a su vez se lo divide para doce meses para prorratear el costo total del nodo.

Además se incluye los rubros de las tarifas básicas para cada servicio ofrecido como es el servicio de telefónica que incluye **200 minutos** en su tarifa básica y el de video que incluye 5 películas dentro de su tarifa básica.

TARIFA GEPON TRIPLE PLAY	
Alquiler Onus	22,00
Valor nodo	4,26
Valor telefonía	6,00
internet	6,00
costo de emisión y reparto	1,00
video	6,00
Total Tarifa	45,26
Margen de Ganancia 10%	4,393
Subtotal	49,65
IVA	5,96
Total Tarifa	55,61

Tabla 6. 9: Valor de la Tarifa Triple Play para los usuarios
Fuente: Autora

En la tabla 6.10 se muestra el valor de la tarifa para el usuario residencial y para el PYMES.

El cálculo del valor de la Tarifa para el usuario residencial se muestra en la tabla 6.9 que corresponde a una velocidad de 256 Kbps, y si el usuario requiere aumento de velocidad se cobrará un proporcional más por aumento de velocidad lo mismo ocurre con el usuario corporativo al cual se le proporciona una tarifa de 512 kbps, por el valor que se muestra en la tabla 6.10.

TARIFA DEL SERVICIO PARA CLIENTES RESIDENCIALES & PYMES		
DESCRIPCIÓN	VELOCIDAD	TARIFAS
RESIDENCIAL	256 Kbps	55,61
PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS	512 Kbps	90.30

Tabla 6.10: Costo de las tarifas para clientes residenciales y Pymes
Fuente: Autora

A partir de las tarifas establecidas se elabora un plan de financiamiento para poder llevar a cabo el proyecto.

6.5 Plan de financiamiento del proyecto

De acuerdo al presupuesto de inversión inicial se analiza alternativas de financiamiento para la puesta en marcha del proyecto se basa en un préstamo bancario con una tasa de descuento que toma como base la tasa de crédito regulada por la Superintendencia de Bancos. Para el presente proyecto tomamos una tasa de interés de 10% anual para el cálculo de la cuota mensual del préstamo.

En la tabla se muestra los cálculos financieros de Préstamo bancario a una tasa de interés del 10%, amortización de capital.

$$\text{Cuota} = \frac{\text{Capital} * \text{interés}}{100 * (1 - (1+i)^{-n})}$$

Fórmula 6.1: Cálculo de la cuota préstamo bancario

Tasa de interés Tiempo de financiamiento Número de pagos		10%		Valor Cuota Interés	\$24.397,98
		5			\$315.578,89
		60			
Np	A	I	A - I	SALDOS	
					\$ 1.148.300,00
1	\$ 24.397,98	\$ 9.569,17	\$ 14.828,81		\$ 1.133.471,19
2	\$ 24.397,98	\$ 9.445,59	\$ 14.952,39		\$ 1.118.518,80
3	\$ 24.397,98	\$ 9.320,99	\$ 15.076,99		\$ 1.103.441,81
4	\$ 24.397,98	\$ 9.195,35	\$ 15.202,63		\$ 1.088.239,17
5	\$ 24.397,98	\$ 9.068,66	\$ 15.329,32		\$ 1.072.909,85
6	\$ 24.397,98	\$ 8.940,92	\$ 15.457,07		\$ 1.057.452,78
7	\$ 24.397,98	\$ 8.812,11	\$ 15.585,87		\$ 1.041.866,91
8	\$ 24.397,98	\$ 8.682,22	\$ 15.715,76		\$ 1.026.151,15
9	\$ 24.397,98	\$ 8.551,26	\$ 15.846,72		\$ 1.010.304,43
10	\$ 24.397,98	\$ 8.419,20	\$ 15.978,78		\$ 994.325,65
11	\$ 24.397,98	\$ 8.286,05	\$ 16.111,93		\$ 978.213,72
12	\$ 24.397,98	\$ 8.151,78	\$ 16.246,20		\$ 961.967,52
13	\$ 24.397,98	\$ 8.016,40	\$ 16.381,59		\$ 945.585,93
14	\$ 24.397,98	\$ 7.879,88	\$ 16.518,10		\$ 929.067,83
15	\$ 24.397,98	\$ 7.742,23	\$ 16.655,75		\$ 912.412,08
16	\$ 24.397,98	\$ 7.603,43	\$ 16.794,55		\$ 895.617,54
17	\$ 24.397,98	\$ 7.463,48	\$ 16.934,50		\$ 878.683,04
18	\$ 24.397,98	\$ 7.322,36	\$ 17.075,62		\$ 861.607,41
19	\$ 24.397,98	\$ 7.180,06	\$ 17.217,92		\$ 844.389,49
20	\$ 24.397,98	\$ 7.036,58	\$ 17.361,40		\$ 827.028,09
21	\$ 24.397,98	\$ 6.891,90	\$ 17.506,08		\$ 809.522,01
22	\$ 24.397,98	\$ 6.746,02	\$ 17.651,96		\$ 791.870,05
23	\$ 24.397,98	\$ 6.598,92	\$ 17.799,06		\$ 774.070,98
24	\$ 24.397,98	\$ 6.450,59	\$ 17.947,39		\$ 756.123,59
25	\$ 24.397,98	\$ 6.301,03	\$ 18.096,95		\$ 738.026,64
26	\$ 24.397,98	\$ 6.150,22	\$ 18.247,76		\$ 719.778,88
27	\$ 24.397,98	\$ 5.998,16	\$ 18.399,82		\$ 701.379,06
28	\$ 24.397,98	\$ 5.844,83	\$ 18.553,16		\$ 682.825,90
29	\$ 24.397,98	\$ 5.690,22	\$ 18.707,77		\$ 664.118,13
30	\$ 24.397,98	\$ 5.534,32	\$ 18.863,66		\$ 645.254,47
31	\$ 24.397,98	\$ 5.377,12	\$ 19.020,86		\$ 626.233,61
32	\$ 24.397,98	\$ 5.218,61	\$ 19.179,37		\$ 607.054,24
33	\$ 24.397,98	\$ 5.058,79	\$ 19.339,20		\$ 587.715,05
34	\$ 24.397,98	\$ 4.897,63	\$ 19.500,36		\$ 568.214,69
35	\$ 24.397,98	\$ 4.735,12	\$ 19.662,86		\$ 548.551,83
36	\$ 24.397,98	\$ 4.571,27	\$ 19.826,72		\$ 528.725,11
37	\$ 24.397,98	\$ 4.406,04	\$ 19.991,94		\$ 508.733,18
38	\$ 24.397,98	\$ 4.239,44	\$ 20.158,54		\$ 488.574,64
39	\$ 24.397,98	\$ 4.071,46	\$ 20.326,53		\$ 468.248,11
40	\$ 24.397,98	\$ 3.902,07	\$ 20.495,91		\$ 447.752,20
41	\$ 24.397,98	\$ 3.731,27	\$ 20.666,71		\$ 427.085,48
42	\$ 24.397,98	\$ 3.559,05	\$ 20.838,94		\$ 406.246,55
43	\$ 24.397,98	\$ 3.385,39	\$ 21.012,59		\$ 385.233,95
44	\$ 24.397,98	\$ 3.210,28	\$ 21.187,70		\$ 364.046,26
45	\$ 24.397,98	\$ 3.033,72	\$ 21.364,26		\$ 342.681,99
46	\$ 24.397,98	\$ 2.855,68	\$ 21.542,30		\$ 321.139,70
47	\$ 24.397,98	\$ 2.676,16	\$ 21.721,82		\$ 299.417,88
48	\$ 24.397,98	\$ 2.495,15	\$ 21.902,83		\$ 277.515,05
49	\$ 24.397,98	\$ 2.312,63	\$ 22.085,36		\$ 255.429,69
50	\$ 24.397,98	\$ 2.128,58	\$ 22.269,40		\$ 233.160,29
51	\$ 24.397,98	\$ 1.943,00	\$ 22.454,98		\$ 210.705,31
52	\$ 24.397,98	\$ 1.755,88	\$ 22.642,10		\$ 188.063,21
53	\$ 24.397,98	\$ 1.567,19	\$ 22.830,79		\$ 165.232,42
54	\$ 24.397,98	\$ 1.376,94	\$ 23.021,04		\$ 142.211,37
55	\$ 24.397,98	\$ 1.185,09	\$ 23.212,89		\$ 118.998,49
56	\$ 24.397,98	\$ 991,65	\$ 23.406,33		\$ 95.592,16
57	\$ 24.397,98	\$ 796,60	\$ 23.601,38		\$ 71.990,78
58	\$ 24.397,98	\$ 599,92	\$ 23.798,06		\$ 48.192,72
59	\$ 24.397,98	\$ 401,61	\$ 23.996,38		\$ 24.196,35
60	\$ 24.397,98	\$ 201,64	\$ 24.196,35		\$ -0,00

6.6 Estudio de viabilidad económica.

El objetivo principal del proyecto es la viabilidad económica de la red GEPON, esto significa analizar si el proyecto propuesto es rentable económicamente.

Se ha analizado diferentes alternativas como préstamos bancarios para la realización del proyecto. Además se intentará fijar estrategias para dar una rentabilidad a la inversión.

Con una correcta fijación de precios se consigue una rentabilidad a la inversión, tomando como base el primer año consideraremos un porcentaje del 2% del mercado en la ciudad de Guayaquil que irá gradualmente agregando más clientes.

De los cálculos financieros expuestos en el anexo se obtuvo para un tiempo de 5 años de operación un VAN de USD **1'046.209,43** que nos da como resultado un TIR de **24.49%** el cual demuestra la rentabilidad del proyecto. El tiempo de retorno de la inversión se obtiene a partir del VAN, en base al flujo de caja ; el cual indica que en un período aproximado de tres años y medios, es posible recuperar la inversión y esto hace que sea rentable además se demuestra la factibilidad económica del mismo.

La evaluación económica del proyecto identifica sus ingresos y egresos, y utiliza como técnica El flujo de caja para el análisis de los costos implícitos en los diferentes escenarios presentados para elaborar el proyecto. Esto, es lo que nos permitirá seleccionar la opción adecuada en el diseño de un plan de financiamiento.

Flujo de caja

Este flujo nos muestra los ingresos generados y los costos, con la finalidad de reflejar la capacidad de pago del proyecto para hacer frente a las obligaciones financieras. En el siguiente flujo de caja se presenta la información de los costos de operación, depreciación de los activos, amortización de la inversión del capital y otros rubros

necesarios, para la elaboración del flujo, además presentamos indicadores económicos que nos ayudan a analizar la rentabilidad del proyecto.

6.6.1 Escenario uno

FLUJO DE CAJA ANUAL							
	TASA/ INTERÈS	COSTO/ PROYECTO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
INGRESOS			780771,85	2222197	3663621,7	5105046,7	6546471,6
ESGRESOS			-1379876	-2125296	-2902896	-3680495,8	-4422096
DEPRECIACIÓN			-7800	-22200	36600	-51000	-65400
IVA			-12312	-24624	-36936	-49248	-61560
VALOR NETO	10,00%	-1148300	-619215,9	50077,02	760389,96	1324302,9	1997415,9
VAN	1046209,43	ESCENARIO UNO					
TIR	24,49%						

Tabla 6.11: Flujo de caja escenario Uno
Fuente: Autora

En esta tabla presentamos un escenario optimista que se acomoda mucho a la realidad para ello tomamos como base el 2% de las viviendas de la ciudad de Guayaquil, y a su vez este porcentaje de viviendas fue contempladas según las instalaciones posibles dentro de un año. En el Flujo están los ingresos anuales que se obtuvo como resultado de multiplicar el número de posibles clientes esto es ciento ochenta usuarios mensualmente con el valor de la tarifa del servicio que es de \$55.61, También esta como parte del flujo de caja los egresos que son la suma de todos los gastos anuales definidos en el proyecto, incluido la depreciación del nodo que representa un gasto y por ultimo tenemos los indicadores VAN y TIR que son valores positivos y altos lo que demuestra un buen índice de rentabilidad del proyecto, afirmando que resulta económicamente viable llevarlo a cabo.

6.6.2 Escenario dos

FLUJO DE CAJA ANUAL							
	TASA/ INTERÉS	COSTO/ PROYEC.	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
INGRESOS			752141,73	1832248,96	2515628,30	2970591,98	3266751,33
EGRESOS			-1164067,56	-1652163,56	-1955583,56	-2149231,56	-2246855,56
DEPRECIACIÓN			-7800	-22200	36600	-51000	-65400
VALOR NETO	10%	-1058180	-419725,82	157885,40	596644,74	770360,43	954495,77
VAN	257836,22	ESCENARIO DOS					
TIR	15,08%						

Tabla 6.12: Flujo de caja escenario Pesimista
Fuente: Autora

Este escenario, ha sido realizado en base a información tomada de la empresa de Telecomunicaciones “TRANSTELCO”, el número de clientes varia, este dato fue tomado de la empresa mencionada se lo toma como un escenario realista, el total de usuarios es 4.930 que sería casi la mitad de clientes comparado con el escenario uno, para lo cual se elevó el costo de la tarifa del servicio, y disminuyo el préstamo.

Además se puede apreciar dentro del Flujo de Caja los valores negativos durante la fase del primer año y los siguientes años su flujo neto se hace positivo, , en este escenario real también demuestra rentabilidad económica en base a sus indicadores VAN Y TIR como se muestra en la tabla 6.12.

6.7 VAN

Este método utilizan flujos de fondos descontados, por lo que reconocen el valor del dinero en el tiempo al descontarlos, es decir: toman el valor presente de cada uno de los flujos de fondos futuros.

Se calcula en base al flujo de caja neto de la suma de sus ingresos menos sus egresos. Esta función proporciona el valor actualizado de los rendimientos, es decir, los ingresos Actualizados. Por lo tanto, para obtener el beneficio será necesario restarle la inversión.

El VAN corresponde a la ganancia que se obtiene después de recuperar los recursos invertidos y por encima de la tasa de descuento esto quiere decir la rentabilidad mínima exigida a la inversión la que representa la tasa del costo del capital.

La regla de decisión del VAN dice que todo proyecto de inversión deberá llevarse a cabo Cuando el VAN es positivo ($VAN > 0$) esto quiere decir que se va a mostrar cuánto más se va a ganar por sobre lo que deseaba ganar.

$$VAN = \frac{FFN_1}{(1 + TD)^1} + \frac{FFN_2}{(1 + TD)^2} + \frac{FFN_3}{(1 + TD)^3} + \frac{FFN_n}{(1 + TD)^n} - I$$

Fórmula 6. 2: Cálculo del VAN

VAN: Valor Actual Neto

I: Inversión Inicial (período base)

FFN: Flujo de fondos neto por período

TD: Taza de descuento

n: Período de vida útil del proyecto.

6.8 TIR (Tasa Interna de Rentabilidad)

El TIR o tasa interna de rentabilidad es otro de los indicadores de la rentabilidad en la inversión. Ésta mide la rentabilidad como un porcentaje y corresponde a aquella tasa de descuento, o costo de capital, que logra que el van del proyecto sea cero, o que la inversión inicial sea exactamente igual al valor actual del flujo neto de fondos. Es decir, la suma de los flujos de fondos netos descontados equivale a la inversión original, a esa tasa determinada

Es decir, si la TIR del proyecto es el es de 10%, eso significa que se obtendrá un rendimiento del 24.49% sobre la inversión realizada.

$$0 = -I + \frac{FFN_1}{(1 + TD)^1} + \frac{FFN_2}{(1 + TD)^2} + \frac{FFN_3}{(1 + TD)^3} + \frac{FFN_n}{(1 + TD)^n}$$

Fórmula 6.3: Cálculo de la TIR

6.8 Comparación de los índices de rentabilidad

COMPARACIÓN DE ESCENARIOS									
	TASA / DSCTO.	COSTO/ PROY.	FUJO 1	FLUJO 2	FLUJO 3	FLIJO 4	FLUJO 5	VAN	TIR
ESCENARIO UNO	10,00%	-1148300	-619215,9	50077,02	760389,96	1324302,9	1997415,9	\$1.046.209,43	24,49%
ESCENARIO DOS	10,00%	-1058180	-419725,8	157885,4	596644,74	770360,43	954495,77	\$257.836,22	15,08%

Tabla 6.13: Comparación de escenario optimista versus pesimista

Fuente: Autora

Capítulo VII

7. Conclusiones y recomendaciones

7.1 Conclusiones

- La implementación de la red GEPON, hará que Guayaquil cuente con una red de alta velocidad económicamente accesible para poder brindar servicios de banda ancha como: “Triple Play” interactivo, video bajo demanda, ect.
- Hay ciertas condiciones mínimas que se necesitan para poder implementar GEPON, la más importante es que la empresa de transporte garantice esquemas de calidad de servicio y soporte para IGMP.
- Nuestro proyecto es rentable bajo ciertas condiciones de participación de mercado, siendo este un mínimo del 2% de los hogares guayaquileños, y aunque el proyecto es rentable aun para el 1% de participación, no se recomienda este escenario por que los valores en que debe incurrir el cliente podrían ser prohibitivos.
- Las alianzas estratégicas con empresas de telecomunicaciones con licencia de portadora, empresas con licencia para entrega de contenidos multimedia permitirá la rentabilidad del proyecto.
- Desde el punto de vista regulatorio el proyecto es viable aunque se han creado recientemente nuevas ordenanzas municipales sobre el uso de espacio, sumado a esto las disposiciones de la CATEG en cuanto al uso de la postería, podría ser inviable la ejecución del proyecto.

- Revisando los indicadores de rentabilidad obtenidos se observa que la inversión en el escenario uno es viable económicamente a partir de los tres años y medio. Pues es el tiempo que le toma para recuperar la inversión del proyecto, los beneficios netos de la red son lo suficientemente elevados para su puesta en funcionamiento en cualquiera de sus dos escenarios. Cabe recalcar que en este proyecto no se contempla planes de marketing para ganar clientes.

7.2 Recomendaciones y observaciones

- Realizar un estudio de mercado para estimar si se alcanzaría los mínimos requerimientos en cuanto a número de potenciales clientes.
- Una estrategia de publicidad debería incluir el hecho de que nuestra red sería la única en Guayaquil que podría dar servicios de IPTV.
- Debería pensarse en aplicar este proyecto en ciudades más pequeñas donde no hay tanta competencia de otras operadoras.

Anexos

A. Ethernet

Ethernet se refiere a la tecnología de redes de computadoras de área local (LAN) utilizada universalmente, esta tecnología tiene más de 30 años. Ethernet define las características de cableado a nivel de capa física y los formatos de trama a nivel de capa de enlace de datos del modelo OSI.

Ethernet ha evolucionado para satisfacer la creciente demanda de redes LAN de alta velocidad. En el momento que aparece la fibra óptica Ethernet se adapta para sacar ventaja de un ancho de banda. Ahora el mismo protocolo que transportaba datos de 3Mbps transporta datos de hasta 10Gbps.

Un grupo formado por INTEL, DIGITAL y XEROX, fue el primero en implementar Ethernet utilizando como base el estándar internacional IEEE 802.3 que define la forma como los puesto de red envían y reciben los datos sobre un medio físico compartido que se comporta como un bus lógico independiente de su configuración física.

En el año 1982, Ethernet fue adoptada universalmente por los organismos de estandarización:

- **ECMA:** European Computer Manufacturers Association
- **IEEE** : Institute of Electrical and Electronics Engineers
- **NIST** : National Institute of Standards and Technology
- **ANSI** : American National Standards Institute
- **ISO** : International Standards Organization

Desde entonces Ethernet se ha convertido en la tecnología LAN más popular.

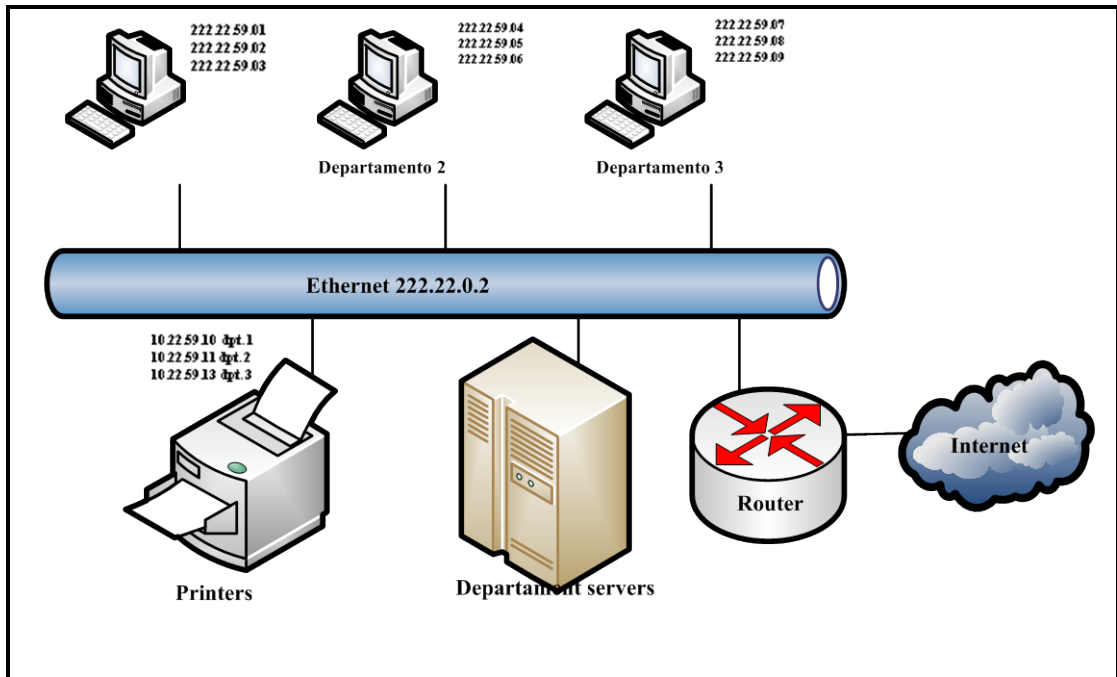


Figura A.1: Diagrama de una red LAN

Fuente: Autora

Con la llegada de Gigabit Ethernet, lo que comenzó como una tecnología LAN ahora se extienden a distancias que hacen de Ethernet un estándar de red de área metropolitana MAN y de área amplia WAN.

Características que posee:

Posee simplicidad para implementar, instalar, manejar y entender.

Muy buena relación entre costos y velocidad.

Flexibilidad en cuanto a topología que se pueden utilizar.

Garantiza la funcionalidad entre productos de distintos fabricantes.

A. 1 Tecnologías Ethernet

Tecnología	Velocidad de transmisión	Tipo de cable	Alcance
10Base2	10 Mbps	Coaxial	185 m
10BaseF	10 Mbps	Fibra óptica	2000 m
100BaseTX	100Mbps	Par Trenzado (categoría 5UTP)	100 m
100BaseFX	100Mbps	Fibra óptica	2000 m
1000BaseSX	1000Mbps	Fibra óptica (multimodo)	550 m
1000BaseLX	1000Mbps	Fibra óptica (monomodo)	5000 m

Tabla A.1 Tecnologías Ethernet
Fuente: La autora

Ethernet opera en dos capas del modelo OSI en la mitad de la capa inferior de enlace de datos conocida como MAC y en la capa física.

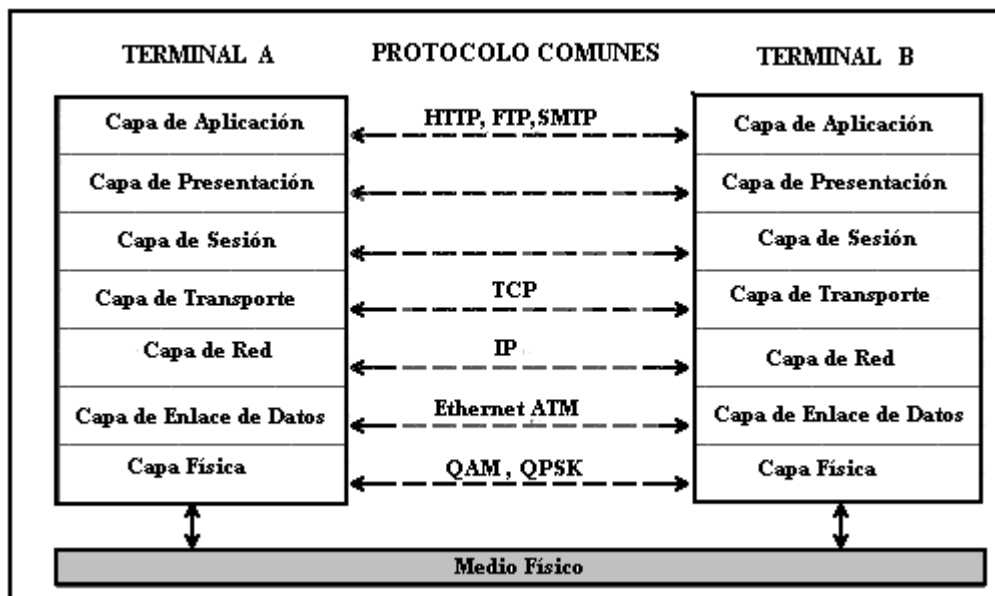


Figura A.2: Modelo OSI de comunicaciones.
Fuente: Autora

Ethernet se da en las dos primeras capas del modelo OSI (Open Systems Interconnection). Estas son la capa física (el cableado y las interfaces físicas), y la de enlace, que proporciona direccionamiento local; detección de errores, y controla el acceso a la capa física.

A.2 El principio de transmisión

Todos los equipos de una red Ethernet están conectados a la misma línea de transmisión y la comunicación se lleva a cabo por medio de la utilización un protocolo denominado *CSMA/CD* (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detect* que significa que es un protocolo de acceso múltiple que monitorea la portadora: *detección de portadora* y *detección de colisiones*).

Con este protocolo cualquier equipo está autorizado a transmitir a través de la línea en cualquier momento y sin ninguna prioridad entre ellos. Esta comunicación se realiza de manera simple:

- Cada equipo verifica que no haya ninguna comunicación en la línea antes de transmitir. Si dos equipos transmiten simultáneamente, entonces se produce una colisión (o sea, varias tramas de datos se ubican en la línea al mismo tiempo).
- Los dos equipos interrumpen su comunicación y esperan un período de tiempo aleatorio, luego una vez que el primero ha excedido el período de tiempo, puede volver a transmitir.

El tiempo de espera varía según la frecuencia de las colisiones:

12. Luego de la primera colisión, un equipo espera una unidad de tiempo.
13. Luego de la segunda colisión, un equipo espera dos unidades de tiempo.
14. Luego de la tercera colisión, un equipo espera cuatro unidades de tiempo.
15. Por supuesto, con una cantidad menor de tiempo aleatorio adicional.

A.3 Capa MAC.

Capa de control de acceso al medio, trata los componentes físicos que se utilizaran para comunicar la información. MAC se refiere a los protocolos que determinan cual de los computadores de un entorno de medios compartidos puede transmitir los datos.

Hay dos categorías amplias de Control de acceso al medio: determinística (por turnos) y la no determinística (el que primero llega, primero se sirve).

A.4 MAC y detección de colisiones

El método de acceso CSMA/CD que se usa en Ethernet ejecuta tres funciones:

- Transmitir y recibir paquetes de datos.
- Decodificar paquetes de datos y verificar que las direcciones sean válidas antes de transferirlos a las capas superiores del modelo OSI.
- Detectar errores dentro de los paquetes de datos o en la red.

En el método de acceso CSMA/CD, se basa en que cuando un equipo **DTE** ("Data Terminal Equipment") conectado a una LAN desea transmitir, se mantiene en el modo "escuchar antes de transmitir" Esto significa que cuando un nodo desea enviar datos, primero debe determinar si los medios de red están ocupados, hasta que ningún equipo está transmitiendo (es la parte **CS** "Carrier Sense" del protocolo), una vez que la red está en silencio, el equipo envía el primer paquete de información los dispositivos de red que tienen datos para transmitir.

CD ("Collision Detection"), que se encarga de verificar que los paquetes han llegado a su destino sin colisionar. En caso de colisión, los DTEs la detectan y suspenden la transmisión; cada DTE espera tiempo determinado al azar, antes de reiniciar la transmisión.

A.5 Estructura de la trama Ethernet IEEE 802.3

Preámbulo	SOF	Destino	Origen	Tipo	Datos	Relleno	FCS
7 bytes	1 byte	6 bytes	6 bytes	2 bytes	0 a 1500 bytes	0 a 46 bytes	4 bytes

Tabla A.2: Trama Ethernet

Fuente: Autora

A.5.1 Preámbulo

El Preámbulo es un patrón alternado de unos y ceros que se utiliza para la sincronización de los tiempos y estabilizador del medio físico antes de iniciar la transmisión de datos.

A.5.2 SOF (Start of Frame) Inicio de Trama

Un Delimitador de Inicio de Trama es un campo de un octeto que marca el final de la información de temporización y contiene la secuencia de bits 10101011.

Aunque se detecte una colisión durante la emisión del preámbulo o del SOF, el emisor debe continuar enviando todos los bits de ambos hasta el fin del SOF.

A.5.3 Dirección de destino

El campo de dirección destino contiene la dirección destino MAC. La dirección destino puede ser unicast, multicast o de broadcast. Cada estación examina este campo para determinar si debe aceptar el paquete.

A.5.4 Dirección de origen

El campo de dirección de origen contiene la dirección MAC de origen. La dirección origen generalmente es la dirección unicast del nodo de transmisión de Ethernet. La estación que deba aceptar el paquete conoce por este campo la dirección de la estación origen con la cual intercambiará datos.

A.5.5 Tipo

Campo de 2 bytes (16 bits) que identifica protocolo de red del de alto nivel asociado con el paquete o, en su defecto, la longitud del campo de datos. Si el valor es menor a 1536 decimal, entonces el valor indica la longitud partir de 1982, Ethernet fue gradualmente adoptada por la mayoría de los organismos de estandarización:

- ⇒ **ECMA** European Computer Manufacturers Association
- ⇒ **IEEE** Institute of Electrical and Electronics Engineers
- ⇒ **NIST** National Institute of Standards and Technology
- ⇒ **ANSI** American National Standards Institute
- ⇒ **ISO** International Standards Organization

Desde entonces Ethernet se ha convertido en la tecnología LAN más popular

d. La interpretación de la longitud se utiliza cuando la Capa LLC proporciona la identificación del protocolo.

A.5.6 Datos

La unidad máxima de transmisión (MTU) para Ethernet es de 1500 octetos, de modo que los datos no deben superar dicho tamaño.

A.5.7 Rellenos

Se inserta un relleno no especificado inmediatamente después de los datos del usuario cuando no hay suficientes datos de usuario para que la trama cumpla con la longitud mínima especificada para que no se presenten problemas de detección de colisiones cuando la trama es muy corta.

A.5.8 FCS (Frame Check Sequence - Secuencia de Verificación de Trama)

Contiene un valor de verificación CRC ([Control de redundancia cíclica](#)). El emisor calcula el CRC de toda la trama, desde el campo destino al campo CRC suponiendo que vale 0. El receptor lo recalcula, si el valor calculado es 0 la trama es válida.

B. Multicast IP

Se conoce como multicast al envío de paquetes a múltiples destinos en una red, se diferencia de broadcast por que es posible enviar a grupos seleccionados dentro de una red.

La necesidad de protocolos que soporten multicasting se ha visto incrementada con el advenimiento de una gama de aplicaciones relacionadas con la emisión de audio y video entre las más comunes, radiodifusión, programas de TV, videos, conciertos por Internet. El éxito de este tipo de aplicaciones ha dado origen a una nueva generación de aplicaciones multicast referidas como “muchos a muchos” y “muchos a pocos” como por ejemplo las aplicaciones de juegos en línea y video conferencias.

B.1 Limitaciones de los métodos unicast y multicast

Las limitaciones que impiden el uso de protocolos de unicast en el envío de paquetes desde una fuente hacia varios destinos tiene que ver con la eficiencia en el uso del ancho de banda de la red, para explicar esto veamos la red mostrada en la Figura B1 en la cual un servidor de video debe enviar un mismo video a varios usuarios registrados, como puede verse si usamos unicast deberíamos enviar el video a cada cliente por separado, para esto necesitaríamos muchos recursos de ancho de banda en la red, evidentemente esto sería inmanejable si el número de clientes suscritos al servicio aumenta. Por otro lado si usamos broadcast, deberíamos enviar una copia del video a todos los usuarios de la red, lo que haría los dispositivos que no solicitaron esa información desperdicien sus recursos procesando inútilmente estos paquetes.

B.2 Como usar multicast para resolver el problema

- 1) Se debe separar un rango de direcciones solo para uso de multicast. Se necesita instalar en el servidor una aplicación multicast
- 2) Las direcciones de multicast solo deben usarse como direcciones IP de destino.
- 3) Se debe instalar una aplicación multicast en los clientes que van a recibir el

servicio multicast. La aplicación debe tener la misma dirección IP de multicast que el servidor, a este proceso se conoce como *unirse a un grupo*.

- 4) Los hosts de la LAN deben tener un método para calcular su dirección de capa 2 en base a su dirección de multicast.

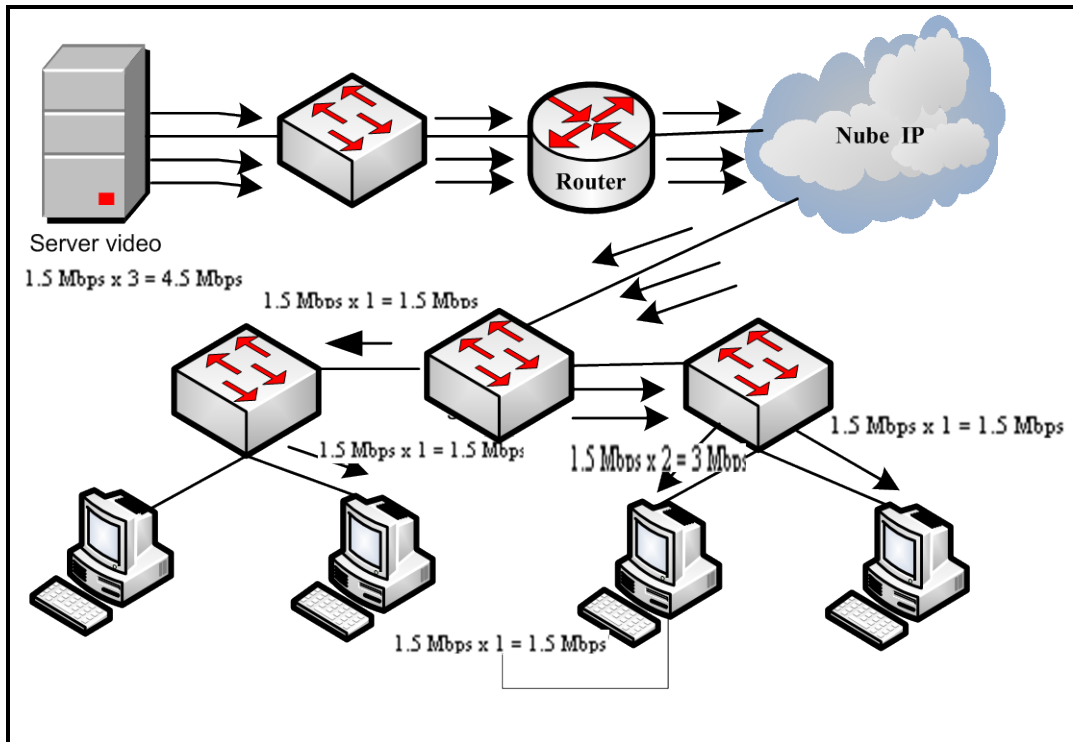


Figura B.1: Tráfico por triplicado desde el servidor de video hacia tres clientes

Fuente: Autora

- 5) Debe haber un mecanismo por el cual un cliente pueda indicar de manera dinámica al router que desea recibir tráfico multicast. Para esto se diseñó el protocolo IGMP (Internet Group Management Protocol), por otro lado IGMP snooping es otro protocolo que se usa.

Por lo indicado anteriormente, la única manera de hacer escalable la suscripción de miles de usuarios a un servicio de video por ejemplo, es hacer que los paquetes emitidos por el servidor de video sean replicados o copiados a cada suscriptor, de esta manera hacemos uso eficiente del ancho de banda emitido por el servidor de video y reducimos el tráfico en el backbone de la red, este método utiliza un protocolo de multicast y se muestra en la Figura B.1.

B.3 Direcciones IP multicast

A nivel internacional, la IANA es el organismo encargado de la asignación de direcciones IP, ellos han asignado un grupo de direcciones IP conocida como clase D exclusivamente dedicada a las aplicaciones multicast, este grupo de direcciones va desde 224.0.0.0 hasta 239.255.255.255. Dentro de este grupo de direcciones la IANA ha hecho la siguiente asignación:

- Grupos multicast permanentes: 224.0.0.0 – 224.0.1.255
- Direcciones usadas con Multicast de Fuente Especifica (SSM): 232.0.0.0 – 232.255.255.255
- Direcciones GLOP: 233.0.0.0 – 233.255.255.255
- Direcciones privadas de multicast: 239.0.0.0 – 239.255.255.255

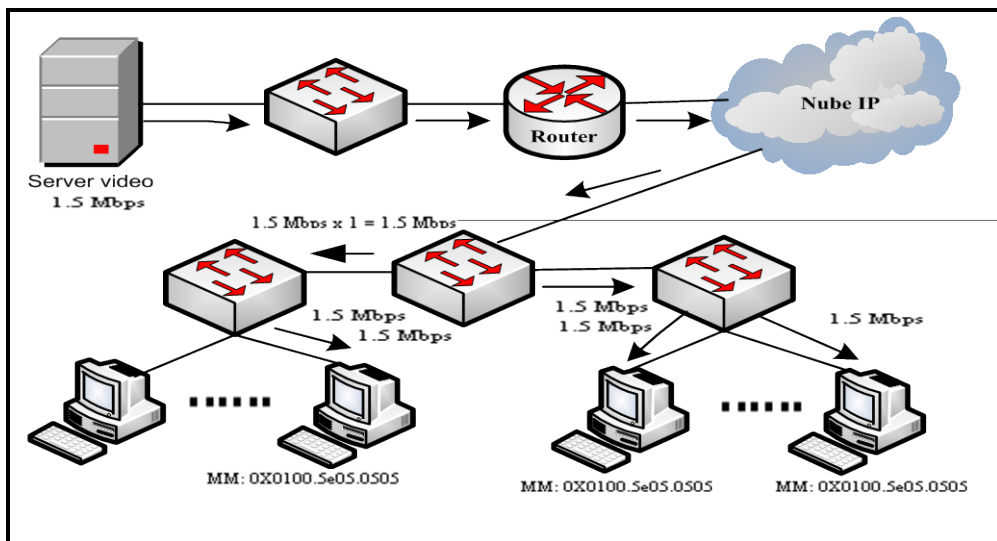


Figura B.2: El tráfico enviado por el servidor de video se envía 1 sola vez y se replica en los ruteadores.

Fuente: Autora

B.4 Administración de tráfico multicast con IGMP

Considérese la Figura B2, supongamos que el ruteador R2 ha empezado a recibir tráfico multicast desde el servidor. R2 debe hacer una decisión acerca de reenviar este tráfico por los puertos ethernet. R2 debe conocer las respuestas a las siguientes preguntas:

- Hay algún host conectado a alguno de los enlaces Ethernet que tenga interés

en recibir el tráfico multicast.

- Si no hay ningún host interesado en recibir el tráfico multicast, por que debería reenviarlo por las otras interfaces y desperdiciar ancho de banda.
- Si algún host tiene interés en recibir el tráfico multicast, donde está este host ubicado.

De lo anterior es evidente que se necesita un mecanismo que permita comunicación entre el router o el switch y los clientes, para esto fue diseñado el protocolo IGMP.

B.4.1 Unirse a un Grupo

Antes que un host pueda recibir tráfico multicast, debe instalarse una aplicación que soporte multicast, a esto se conoce como unirse a un grupo multicast, luego de esto, el software calcula la dirección MAC multicast, luego de esto la interfaz de red empieza a escuchar el tráfico dirigido a esa dirección. Antes de que esto suceda, el usuario necesita saber que grupos multicast están disponibles y como unirse a ellos, normalmente esto se puede hacer preconfigurando en la aplicación cliente la dirección multicast, cuando el cliente ya no necesite seguir conectado al grupo simplemente cerrara la aplicación.

El conocer a qué grupo multicast debe unirse un cliente no es una tarea fácil, especialmente si hay una gran cantidad de canales o grupos disponibles, una opción es publicar cual dirección está asociada con que evento, para esto se usan los protocolos SDP y SAP.

B.5 IGMP (Internet Group Management Protocol)

IGMP ha evolucionado desde un protocolo más simple conocido como Host Membership Protocol y ha pasado por varias revisiones hasta alcanzar actualmente la versión IGMPv3.

Los objetivos más importantes de IGMP son:

- Informar a un router multicast que un host desea recibir tráfico multicast para un grupo específico.
- Informar a los routers locales de multicast que un host desea abandonar un grupo multicast, es decir que ya no está interesado en seguir recibiendo tráfico multicast.

Una de las características más importantes de la nueva versión de IGMP es que introduce un mecanismo de seguridad conocida como multicast de fuente específica (SSM), esta característica ausente en las versiones anteriores permite especificar a una aplicación multicast desde que dirección IP fuente está permitido recibir tráfico. En el gráfico B3 se muestra como esta característica de seguridad es fundamental para impedir que tráfico no autorizado pueda ser recibido.

C. IPTV

Los usuarios de telecomunicaciones, en sus hogares, demandan de acceso a los servicios de comunicaciones y entretenimiento, desde cualquier parte y con cualquier dispositivo; los avances en tecnología de redes, han hecho posible para proveedores de servicio de banda ancha ofrecer nuevos servicios.

La mayoría de estaciones de TV locales, envía su señal por los medios tradicionales de fibra, cable y satélite. El costo detalles medios de transmisión limita muchas veces las ambiciones de pequeñas estaciones de TV locales de aumentar su competitividad compartiendo programación y enlazándose con otras estaciones alrededor del país y el mundo, todos los usuarios de esta tecnología podríamos no solo decidir que queremos ver en TV, si no también cuando o como lo vamos a ver, tendríamos la opción de chatear por nuestro televisor e incluso de atender una llamada de un amigo, tener nuestro propio canal para publicar nuestros contenidos y decidir qué programas y canales pueden ver nuestros niños, y algo muy importante seríamos los dueños de nuestro control remoto.



Figura C.1: Menú interactivo de un proveedor de IPTV
Fuente: Autora

C.1 ¿Qué es IPTV?

Internet Protocol Televisión (IPTV) se ha convertido en la denominación más común para los sistemas de distribución por suscripción de señales de televisión y/o video usando conexiones de banda ancha sobre el protocolo IP.

Adicionalmente, IPTV ha revolucionado la “inteligencia” de las redes IP por cuanto a unificado en ellas aplicaciones del video con la voz y los datos, con el propósito de brindar a los usuarios experiencias personalizadas e interactivas de televisión. Esta tecnología transformará en un futuro próximo la televisión actual, aunque para ello son necesarias unas redes mucho más rápidas que las actuales, para poder garantizar la calidad en el servicio.

Los sistemas de Video on Demand (VoD) también son contenido “STREAM”, esta tecnología permite cargar contenidos multimedia de Internet como la música y los videos sin necesidad de esperar a que éstos se descarguen completamente al disco duro. Esto consiste en descargar cierta cantidad de información para permitir su iniciación, y mientras nosotros visualizamos ese medio, este sigue descargándose. En otras palabras permite ver y oír en tiempo real audio y video.

IPTV a diferencia de la situación actual, el proveedor no emitirá sus contenidos esperando que el espectador se conecte, sino que los contenidos llegarán solo cuando el cliente los solicite. La clave está en la personalización del contenido para cada cliente de manera individual. Esto permite el desarrollo del Pay per View o pago por evento o el video bajo demanda. El usuario dispondrá de un aparato receptor conectado a su ordenador o a su televisión y a través de una guía podrá seleccionar los contenidos que desea ver o descargar para almacenar en el receptor y de esta manera poder visualizarlos tantas veces como desee.

La programación que las empresas ofrecerán estará basada tanto en los canales tradicionales, como en canales más específicos sobre un determinado tema, para que el cliente seleccione los de su gusto. Además se emitirán eventos deportivos o películas de estreno bajo pago por visión, es decir abonando una cantidad adicional a la tarifa del servicio para poder verlas. Se trata de comprar los contenidos que se deseen ver para confeccionar una televisión a la carta. La IPTV gracias a sus características permitirá almacenar los contenidos para verlos las veces que se desee, pero además permitirá realizar pausas, avanzar, retroceder... etc. como si de una cinta de video o DVD se tratase.



Figura C.2: Televisión bajo demanda
Fuente: Autora

C.2 Aplicaciones de IPTV

- Administración inteligente de la programación. A través del Set Top Box 9, que se conecta a la red de banda ancha para decodificar la señal de televisión, los usuarios podrán programar sus propios canales y acceder a servicios de video por demanda, lo que les permitiría descargar sus películas favoritas a horas determinadas, bajar los eventos deportivos que no hayan podido ver y programar ciclos de programación.

H.261

- Publicidad personalizada. Los anunciantes de un programa pueden crear enlaces sobre los objetos que aparecen en determinado programa para que el usuario pueda acceder a la información.
 - Videoteléfono. La integración de voz y televisión permitirá a las personas instalar una cámara sobre su televisor para comunicarse con otros usuarios mediante la red de banda ancha.
 - Correo electrónico. Los usuarios puede consultar su correo electrónico y enviar mensajes a otras personas desde el televisor, sin necesidad de usar el computador.
- Entretenimiento. Gracias a que la señal de televisión se transmite en protocolo IP, es posible crear aplicaciones de juegos que permitan a los usuarios entretenerse compitiendo con otros jugadores desde sus respectivos televisores.
4. Servicio de guía de programación. Acceso inmediato a toda la programación disponible en el servicio.
16. Videoconferencia entre dos o más usuarios. Esto permitiría desarrollar aplicaciones relacionadas con la videoconferencia, como la educación en línea, que haría que varios alumnos se comuniquen con su profesor a través del televisor.
14. Canales ilimitados de televisión digital y música con calidad de CD. Gracias al uso de formato con alta capacidad de compresión, es posible transmitir y recibir múltiples canales digitales.

C.3 Adquisición de contenido

El contenido se puede obtener a través de internet de algún proveedor de contenidos o de un distribuidor de señales de televisión. Se utilizan unos dispositivos llamados decodificadores para digitalizar y comprimir el video analógico obtenido. Este dispositivo llamado codec, habilita la compresión de video digital habitualmente sin pérdidas. La elección del codec tiene mucha importancia, porque determina la calidad del video final, la tasa de bits que se enviarán, la robustez ante las pérdidas de datos y errores, el retraso por transmisión, etc.

C.4 Requerimientos

Para que la IPTV televisión IP pueda desarrollarse de una manera completa es necesario aumentar la velocidad de las conexiones actuales. Podemos diferenciar dos tipos de canal: de definición estándar SDTV o de alta definición HDTV. Para un canal del primer tipo sería necesario tener una conexión de 1.5 Mbps y para un canal del segundo tipo 8 Mbps. Si tenemos varios canales distintos en forma simultánea (por tener varios receptores de televisión por ejemplo) necesitaremos más ancho de banda. A este ancho de banda hay que sumar el necesario para la conexión a internet. Estamos hablando de 4.5 Mbps para tres canales de SDTV u 11 Mbps para un canal HDTV y dos SDTV. Estos cálculos son usando Mpeg-4 para la compresión/codificación del video.

Aparte de este ancho de banda, La IPTV necesita unos valores técnicos para poder verse sin problemas, los valores son los siguientes:

- Ancho de banda (dependiendo del número de decodificadores, y si tiene internet debe ser más grande el ancho de banda, los más comunes son: 4 Mbps, 7 Mbps u 8 Mbps).
- Señal a ruido: mayor de 13db para garantizar la estabilidad del servicio
- Atenuación: menor de 40db, ya que si es demasiado alta, el servicio puede tener caídas constantes.

C.5 Formatos de video empleados

Los **formatos** empleados por IPTV más usualmente son:

- H.261: Se utilizó para videoconferencia y video telefonía y sirve como base para otros.
- [MPEG-1](#): Logra calidad similar a VHS y además es compatible con todos los ordenadores y casi todos los DVD.
- [MPEG-2](#): Es el usado en los DVD y permite imagen a pantalla completa con buena calidad.
- [MPEG-4](#) parte 2: Calidad mejorada respecto a MPEG-2
- MPEG-4 parte 10: También llamado H264. Es el más usado actualmente por una gran variedad de aplicaciones.
- [WMV](#): Se utiliza tanto para video de poca calidad a través de internet con conexiones lentas, como para video de alta definición. Mientras que MPEG-4 está respaldado por JVT* el formato WMV es un formato de compresión de video propietario de Microsoft.

C.6 Componentes de un sistema IPTV

Set Top Box

(set-top box, STB, caja digital, caja o unidad de adaptación multimedios, receptor multimedia digital). Describe un dispositivo que se conecta a un televisor y a alguna señal externa, y que convierte la señal en contenido que es mostrado en pantalla. Permite, por ejemplo, navegar la web utilizando el televisor como monitor.

La señal externa puede ser un cable Ethernet, una antena satelital, un cable coaxial, una línea telefónica (incluso conexiones DSL), una antena UHF O VHF, etc. El contenido puede ser video, audio, páginas de internet, juegos interactivos, etc.

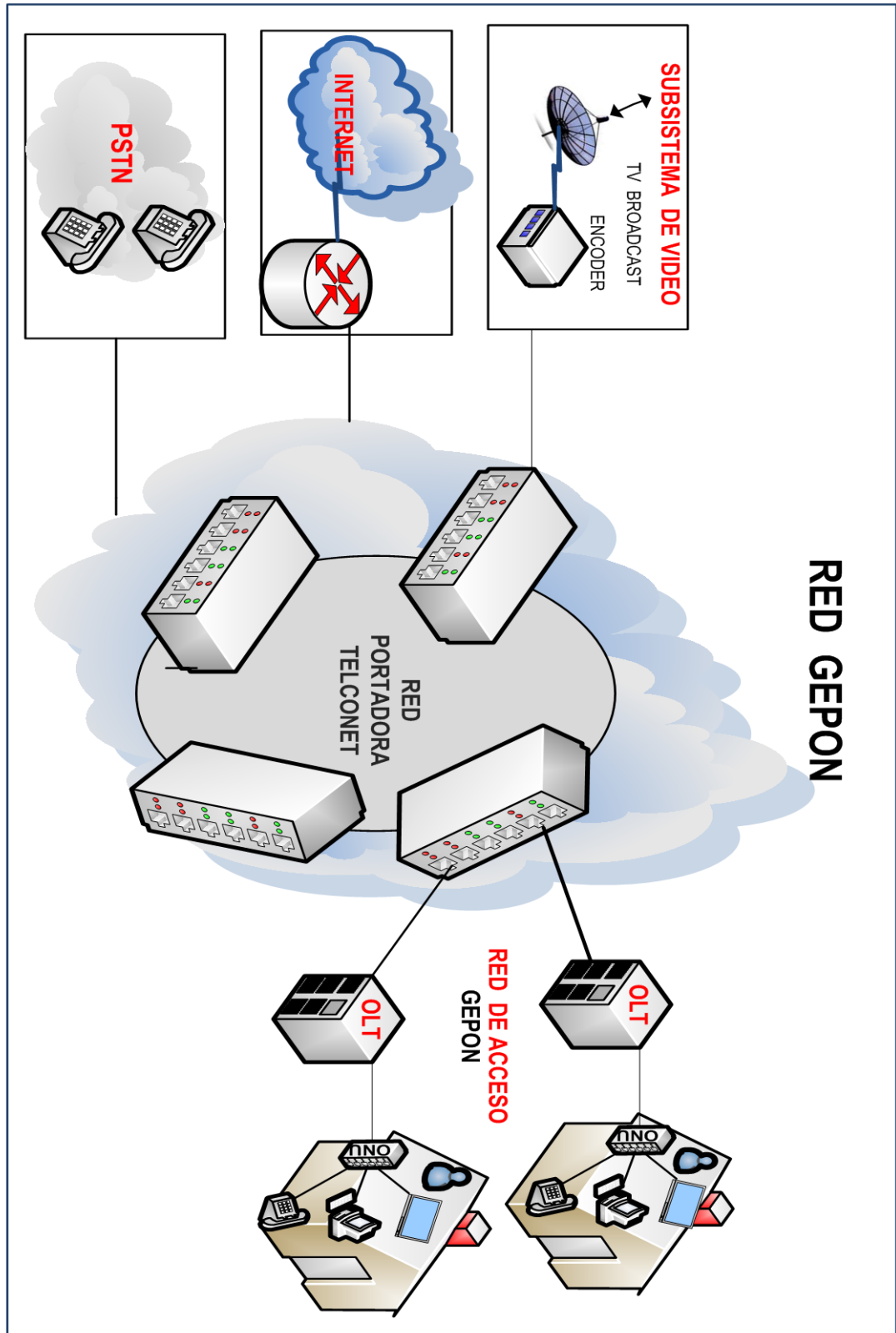


Figura C.3:Red GEPON Componentes de un sistema IPTV
Fuente: La Autora

D. Estimación de tráfico por zonas en la ciudad de Guayaquil:

En la siguiente sección presentamos los datos que el ISP Trans-Telco tiene en Guayaquil dividida por zonas de cobertura

Nodo (22) Bolívar.- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona central de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 140 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

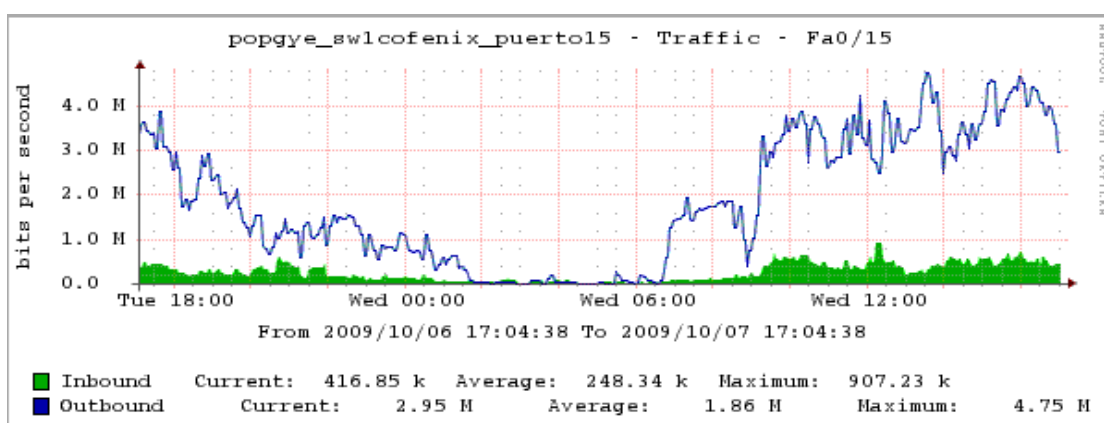


Figura D1: Tráfico de internet red Bolívar
Fuente:Transtelco

Nodo (56) Bolivariana.- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona Noreste de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 150 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo s. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

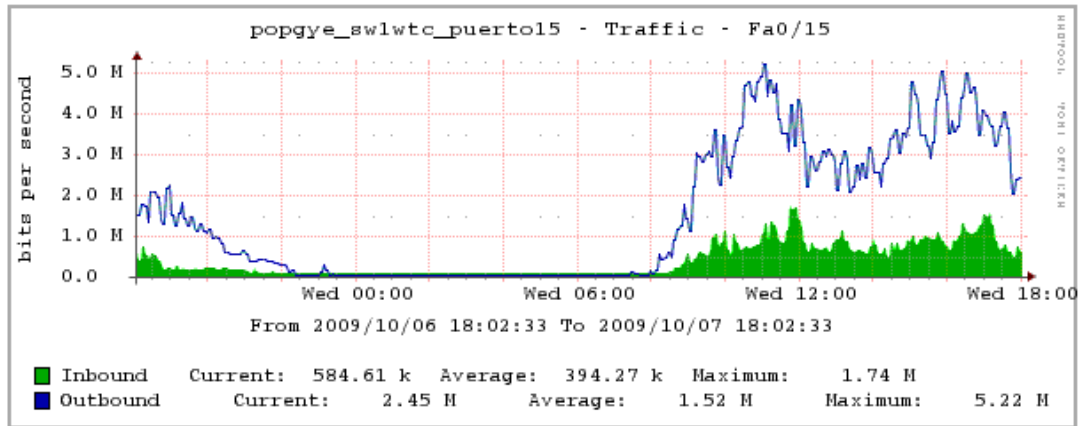


Figura D2: Tráfico de internet red Bolivariana
Fuente:Transtelco

Nodo (35) Ceibos Norte.- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona Noroeste de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 40 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo .A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

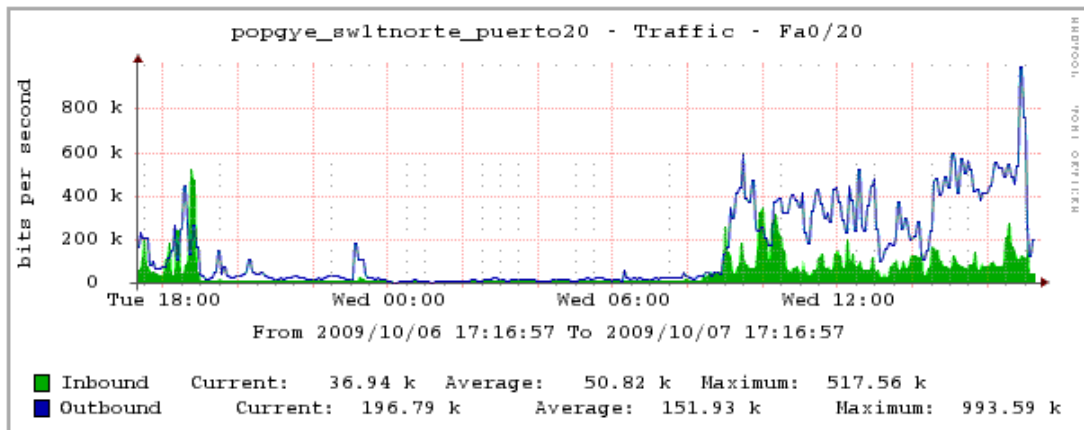


Figura D3: Tráfico de internet red Ceibos Norte
Fuente:Transtelco

Nodo (60) Entreríos.- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona de Samborondón, el número de clientes del ISP aquí es 30 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

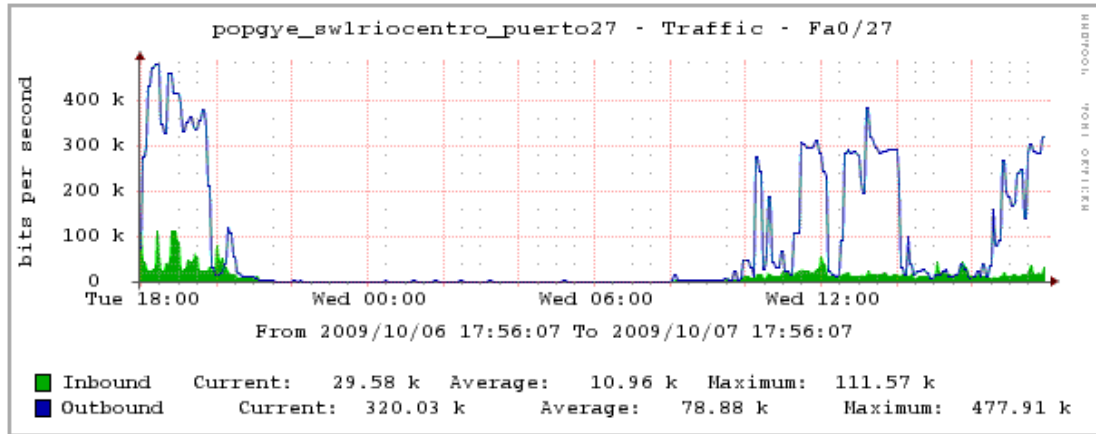


Figura D4: Tráfico de internet red Entreríos
Fuente:Transtelco

Nodo (33) Kennedy Este.- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona Noroeste de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 160 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

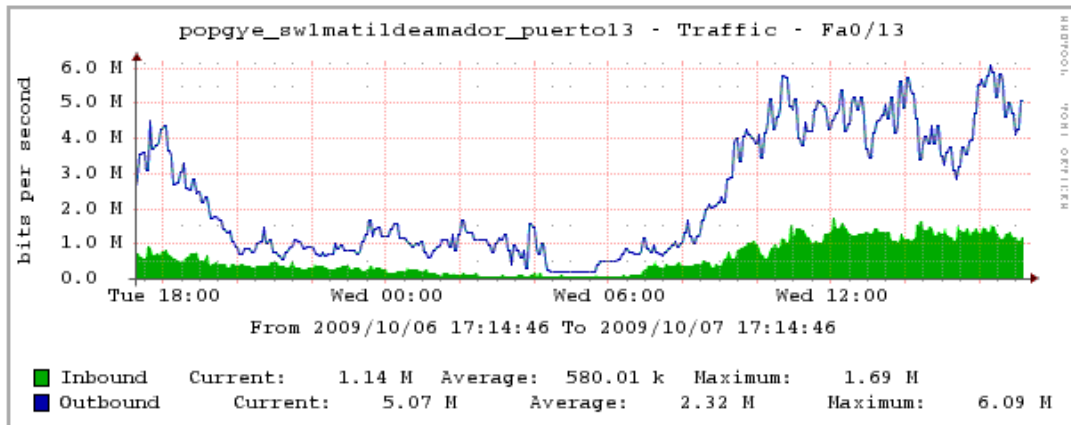


Figura D5: Tráfico de internet red Kennedy Eeste
Fuente:Transtelco

Nodo (34) Kennedy Oeste.- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona Noroeste de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 140 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

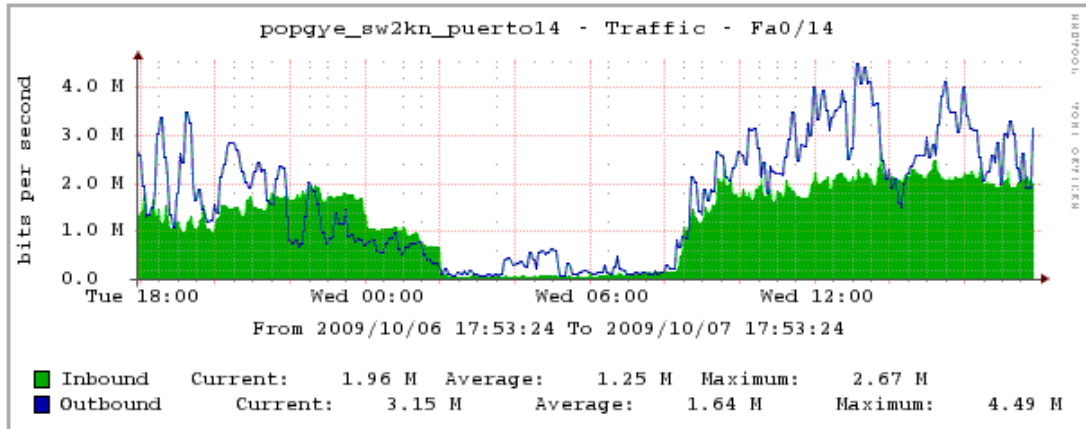


Figura D6: Tráfico de internet red Kennedy Oeste
Fuente:Transtelco

Nodo (43) La Fae.- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona Noreste de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 65 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

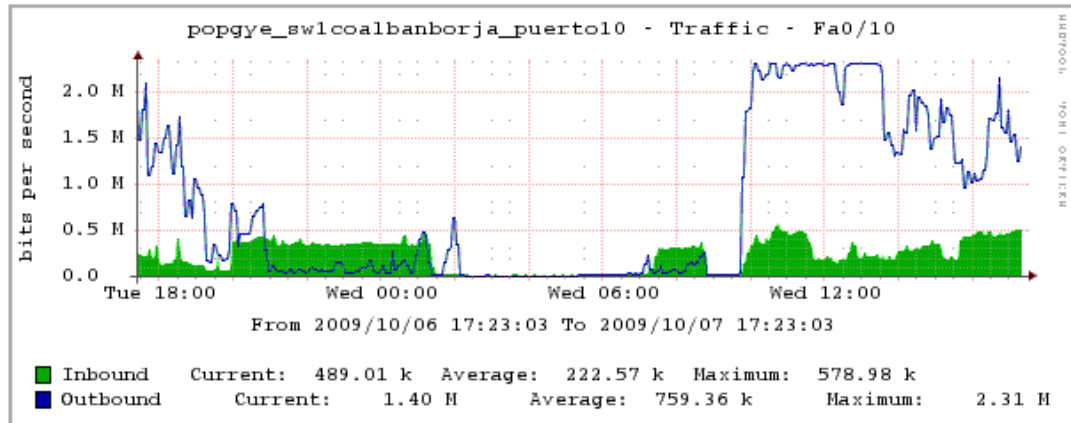


Figura D7: Tráfico de internet red La FAE
Fuente:Transtelco

Nodo (1) La Floresta.- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona sur de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 20 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

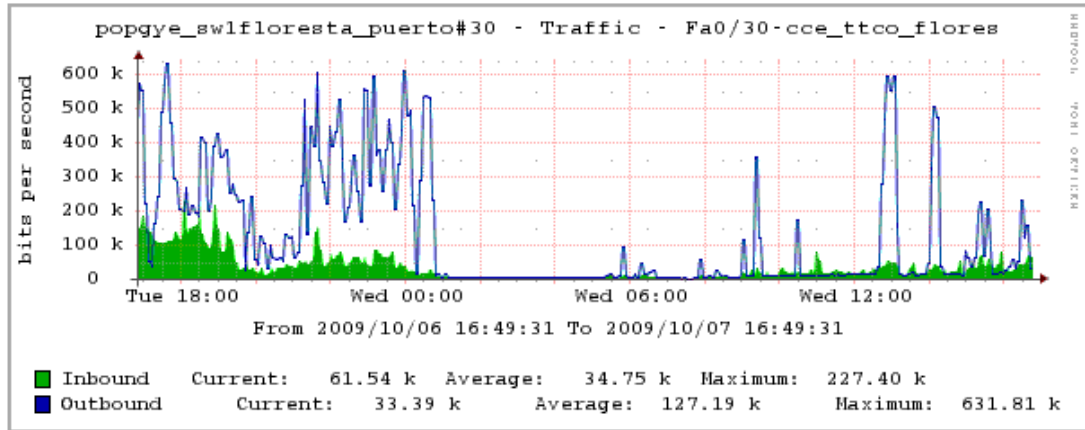


Figura D8: Tráfico de internet red La Floresta
Fuente:Transtelco

Nodo (57) La Garzota.- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona noreste de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 50 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

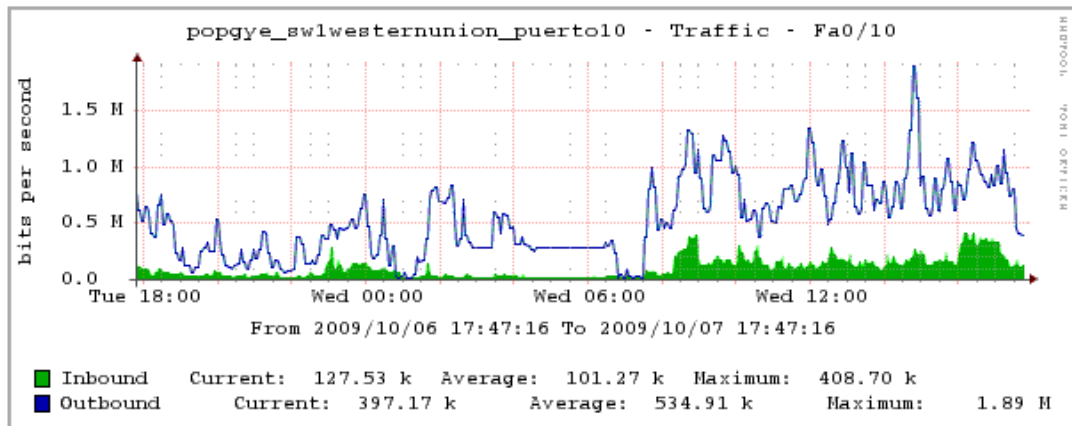


Figura D9: Tráfico de internet red La Garzota
Fuente:Transtelco

Nodo (3) La Saiba.- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona sur de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 50 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

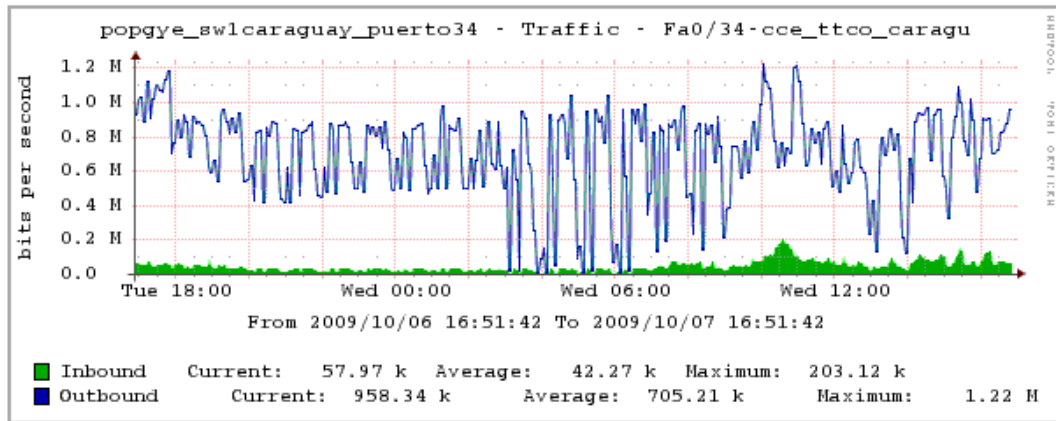


Figura D10: Tráfico de internet red La Saiba
Fuente:Transtelco

Nodo (36) Los Olivos.- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona Noroeste de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 100 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

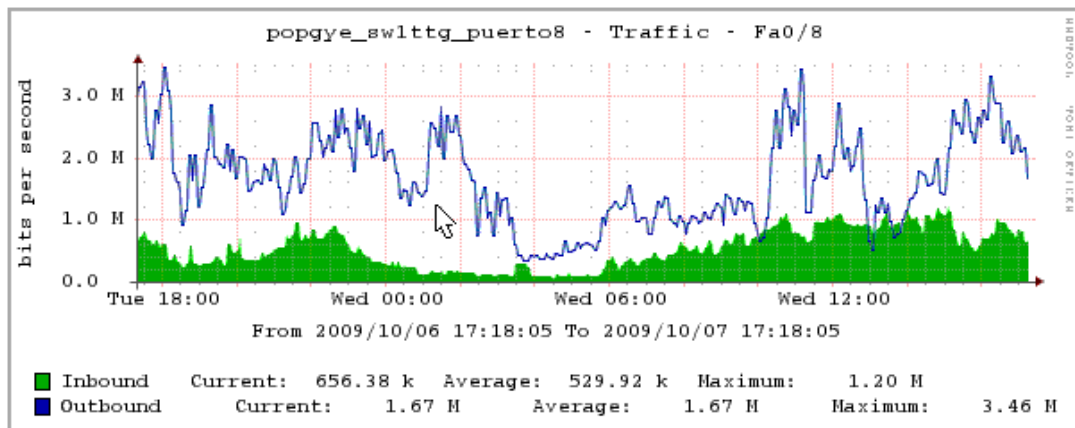


Figura D11: Tráfico de internet red Los Olivos
Fuente:Transtelco

Nodo (41) Miraflores.- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona Noroeste de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 115 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

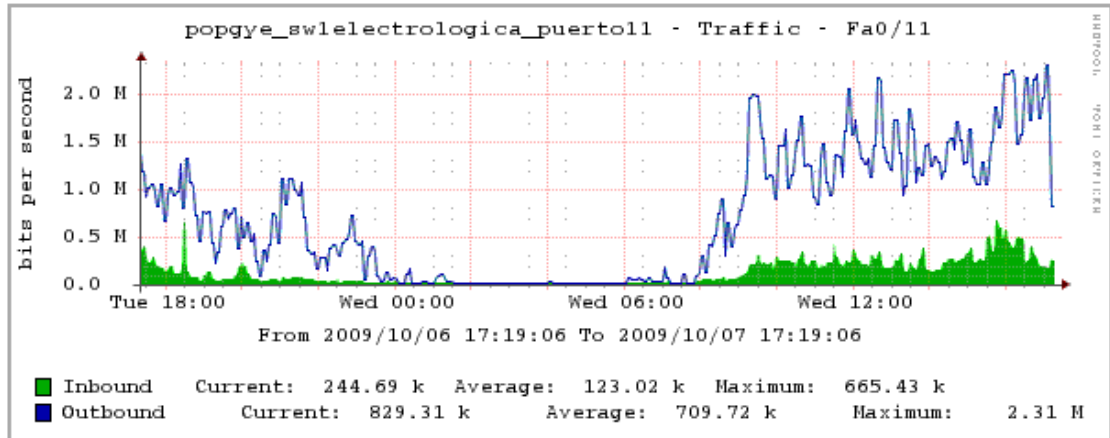


Figura D12: Tráfico de internet red Miraflores
Fuente:Transtelco

Nodo (23) Olmedo.- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona central de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 160 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

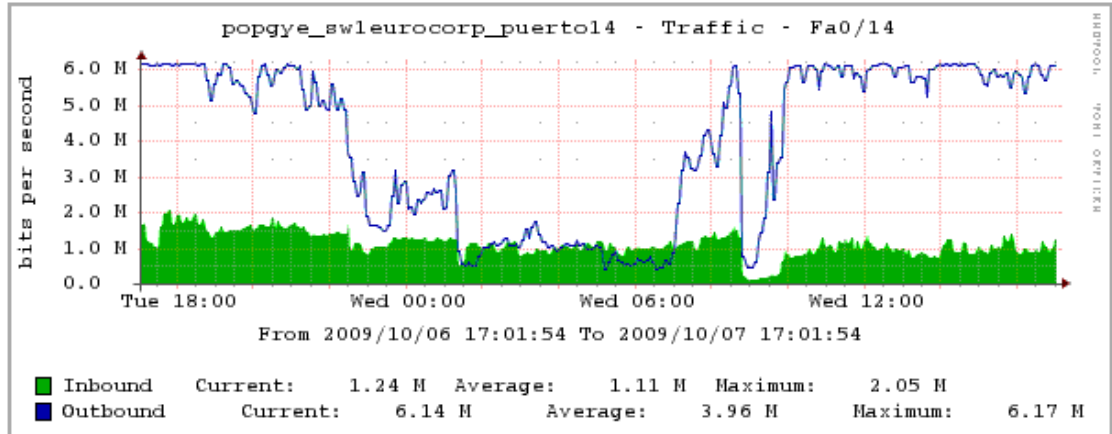


Figura D13: Tráfico de internet red Olmedo
Fuente:Transtelco

Nodo (39) Puerto Azul.- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona Noroeste de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 70 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

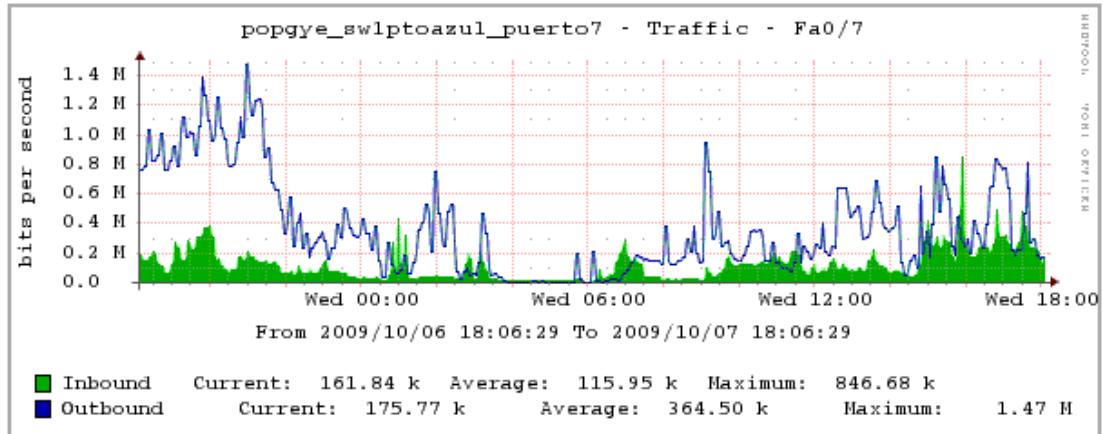


Figura D14: Tráfico de internet red Puerto Azul
Fuente:Transtelco

Nodo (26) Roca.- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona central de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 80 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

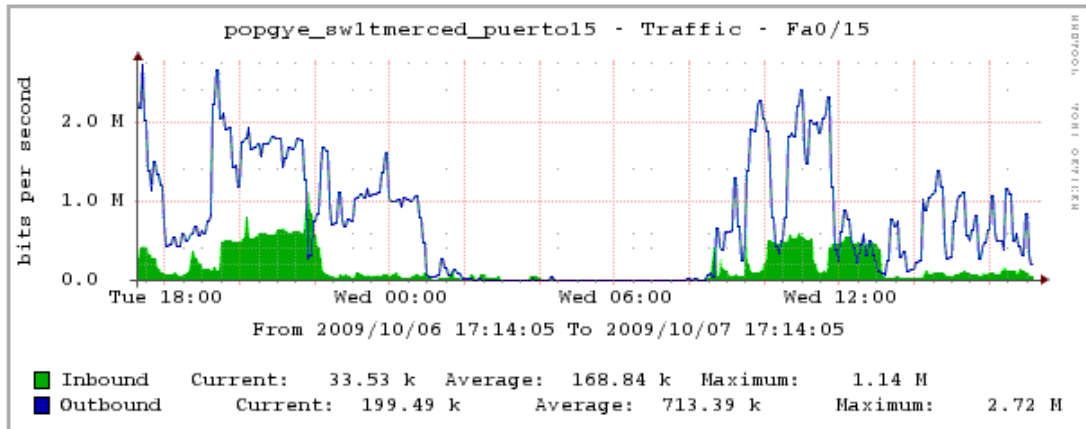


Figura D15: Tráfico de internet red Roca
Fuente:Transtelco

Nodo (44) Saucés.- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona Noreste de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 55 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

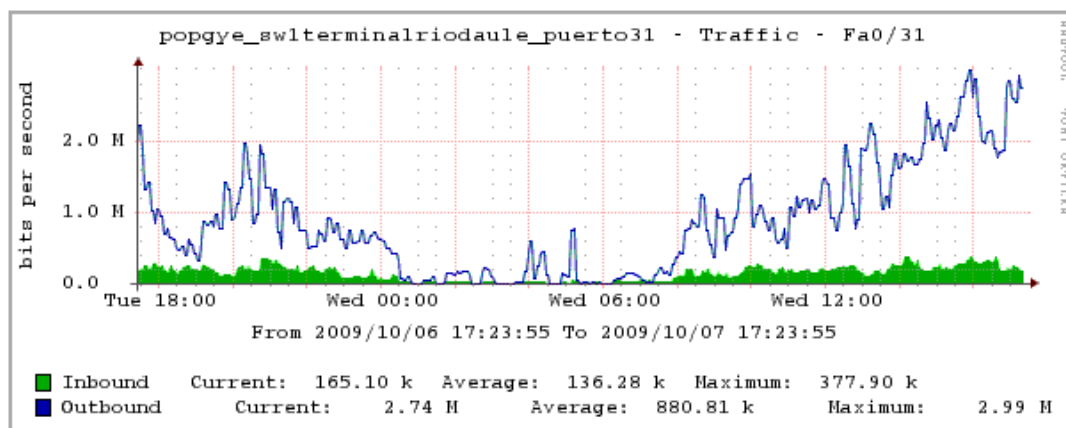


Figura D16: Tráfico de internet red Saucés
Fuente:Transtelco

Nodo (48) Alborada.- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona Noreste de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 60 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

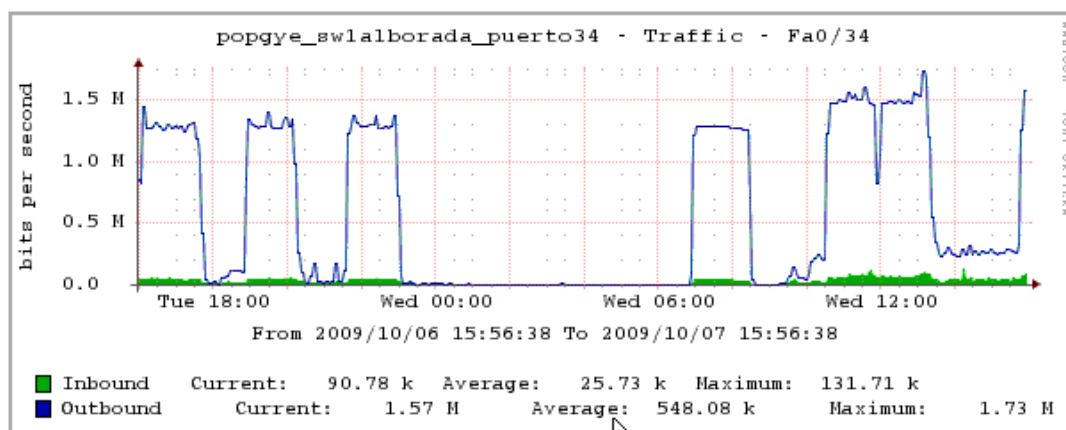


Figura D17: Tráfico de internet red Alborada
Fuente:Transtelco

Nodo (9) Centenario.- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona Sur de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 20 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

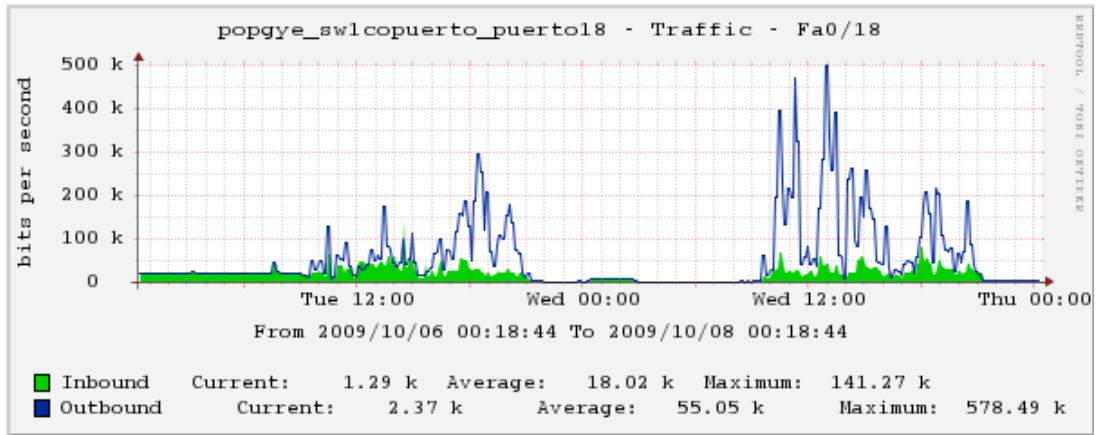


Figura D18: Tráfico de internet red Centenario
Fuente:Transtelco

Nodo (7) Cdla. Nueve de Octubre.- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona sur de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 30 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

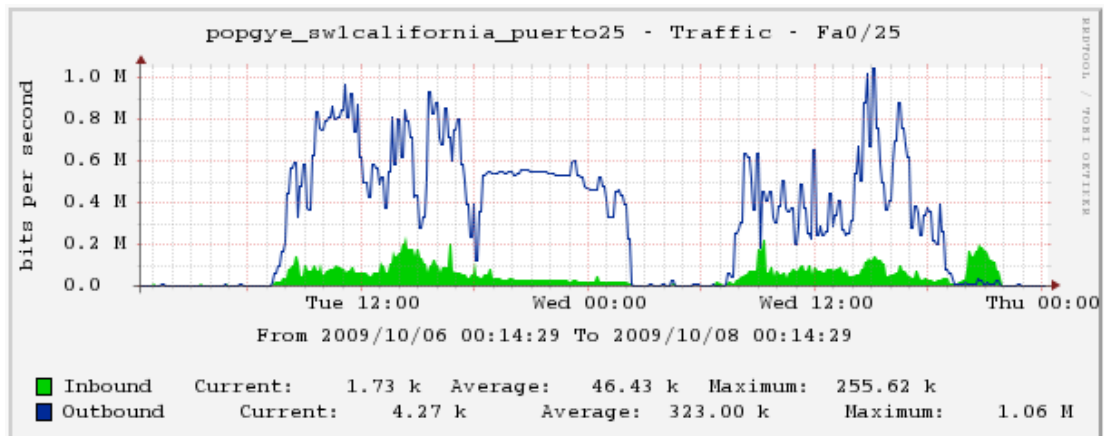


Figura D19: Tráfico de internet red Nueve de Octubre
Fuente:Transtelco

Nodo (11) Huancavilca.- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona sur de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 100 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

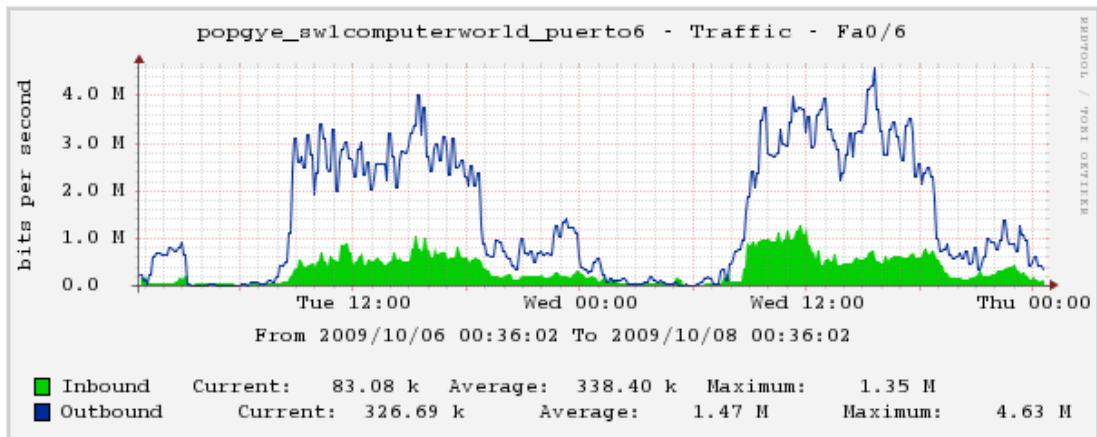


Figura D20: Tráfico de internet red Huancavilca
Fuente:Transtelco

Nodo (4) La Pradera.- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona sur de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 20 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

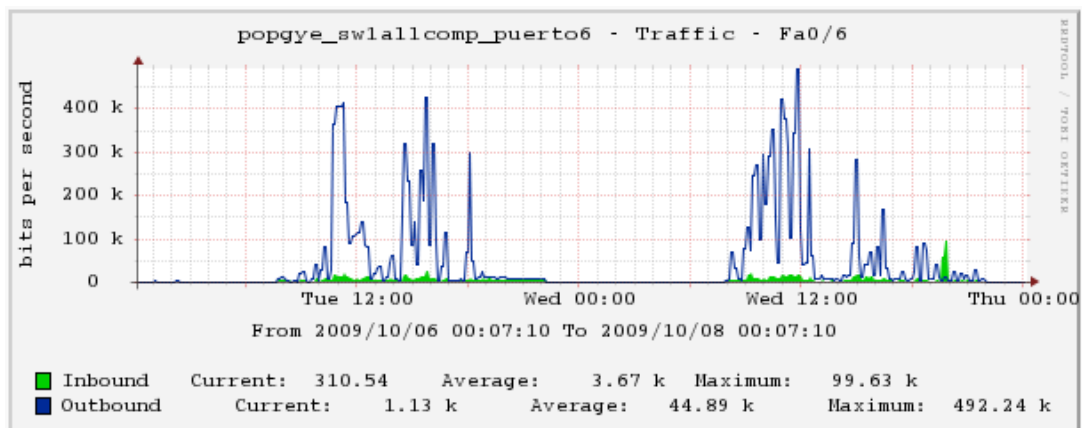


Figura D21: Tráfico de internet red La Pradera
Fuente:Transtelco

Nodo (10) Las Américas.- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona sur de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 55 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

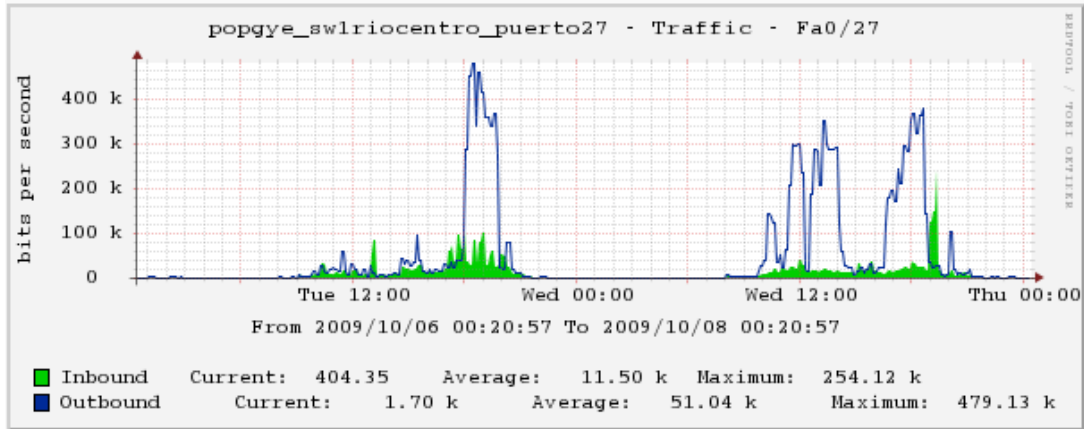


Figura D22: Tráfico de internet red Las Américas
Fuente:Transtelco

Nodo (13) Las Terrazas.- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona sur de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 20 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

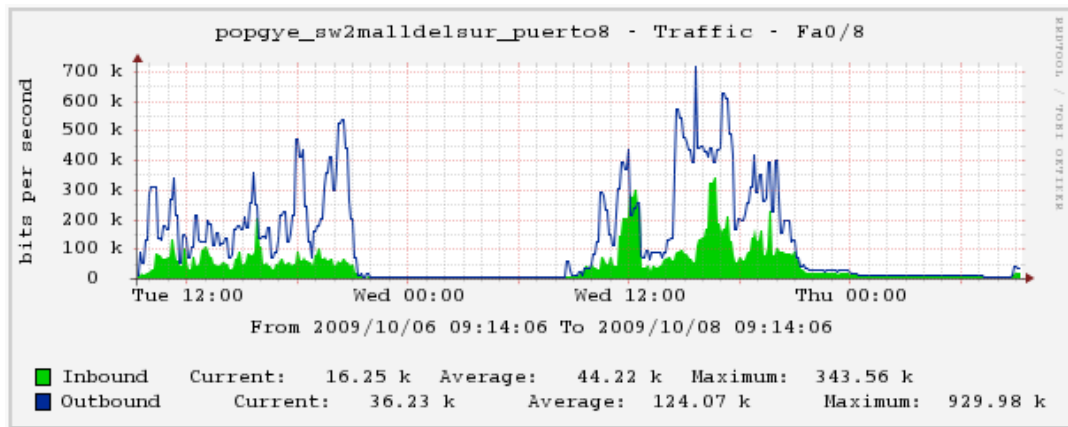


Figura D23: Tráfico de internet red Las Terrazas
Fuente:Transtelco

Nodo (2) Los Almendros.- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona sur de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 40 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

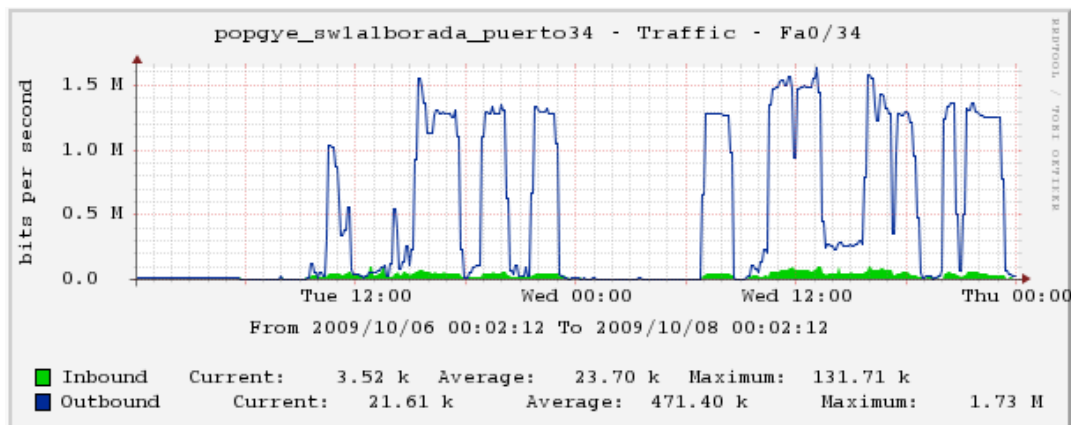


Figura D24: Tráfico de internet red Los Almendros
Fuente:Transtelco

Nodo (14) Los Esteros.- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona suroeste de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 60 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

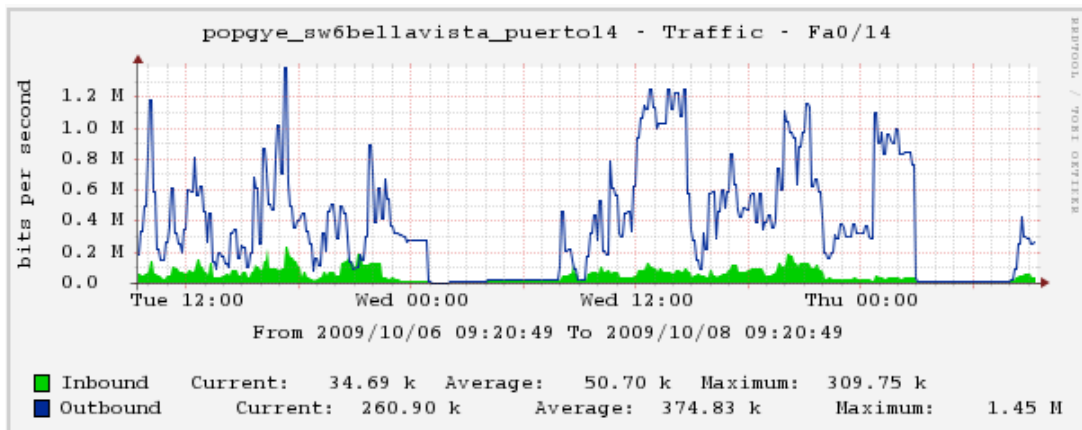


Figura D25: Tráfico de internet red Los Esteros
Fuente:Transtelco

Nodo (15) Los Esteros (2).- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona suroeste de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 40 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

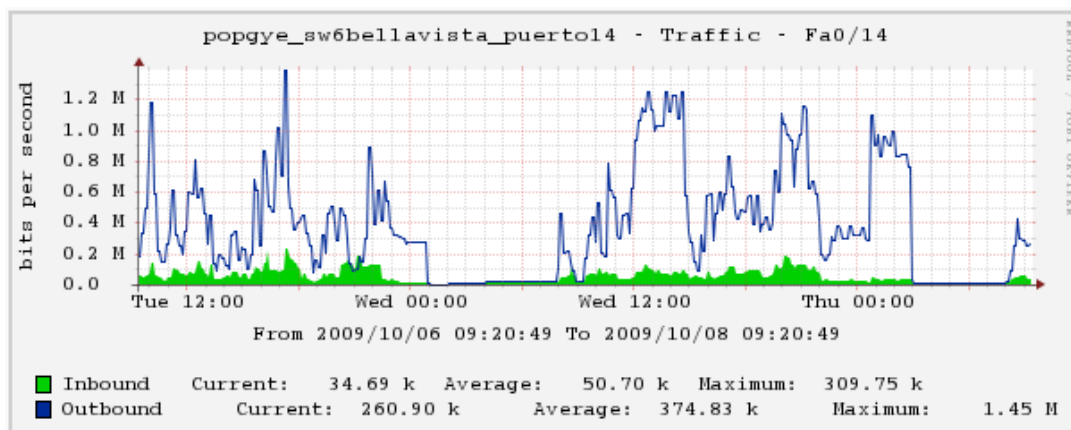


Figura D26: Tráfico de internet red Los Esteros 2
Fuente:Transtelco

Nodo (6) Pradera 2.- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona sur de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 20 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

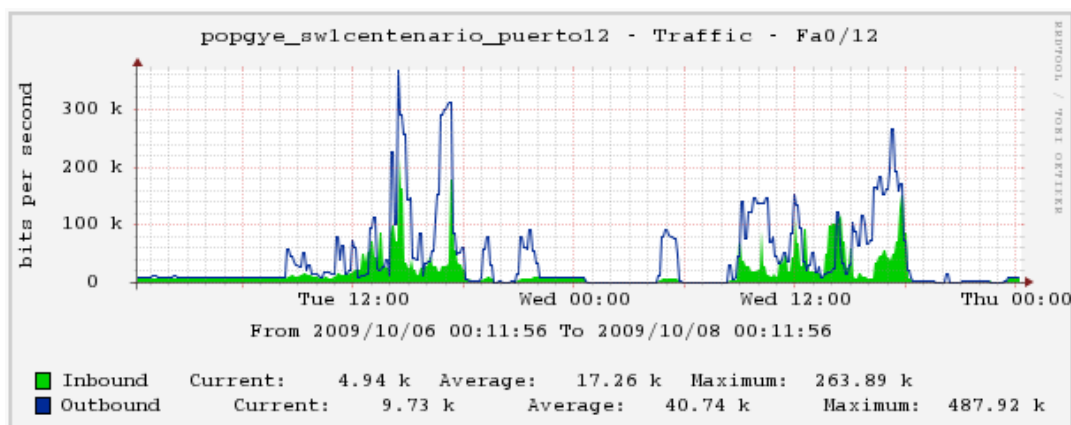


Figura D27: Tráfico de internet red Pradera 2
Fuente:Transtelco

Nodo (5) Sopena.- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona sur de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 30 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

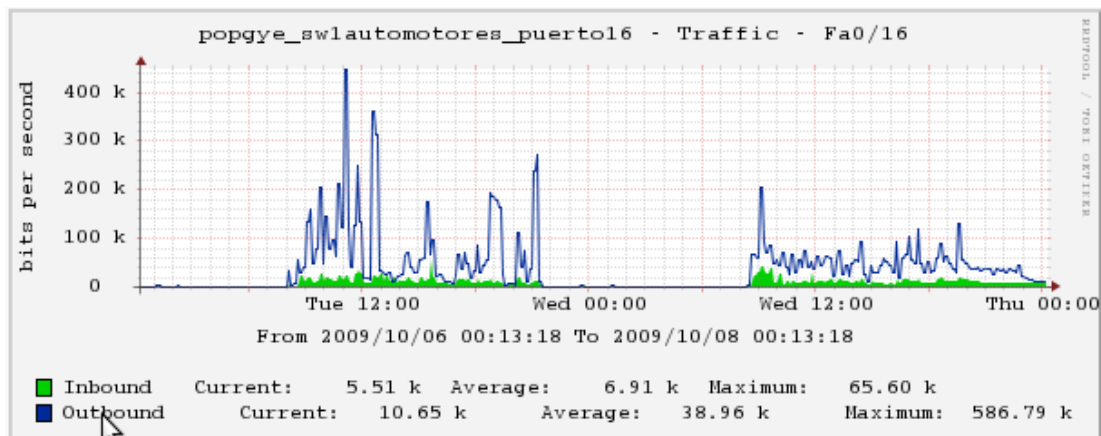


Figura D28: Tráfico de internet red Sopena
Fuente:Transtelco

Nodo (8) Ximena.- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona sur de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 40 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

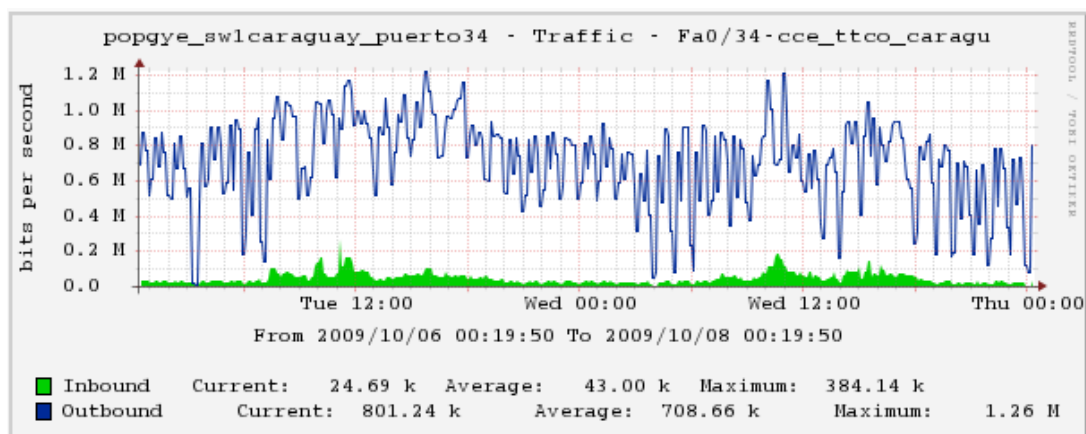


Figura D29: Tráfico de internet red Ximena
Fuente:Transtelco

Nodo (20) Cdla. 25 de julio.- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona suroeste de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 60 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

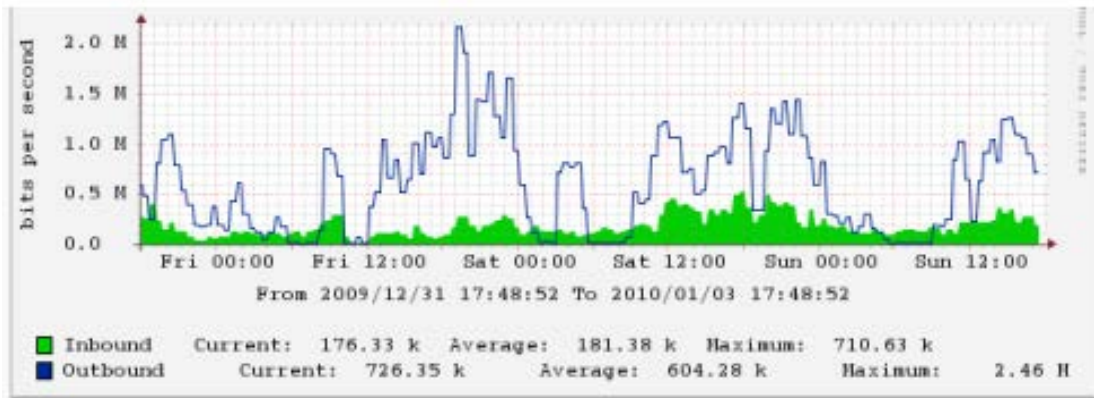


Figura D30: Tráfico de internet red 25 de Julio
Fuente:Transtelco

Nodo (53) Acuarela- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona noreste de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 250 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo estimamos que debido a la densidad de clientes vamos a necesitar poner un splitter adicional.

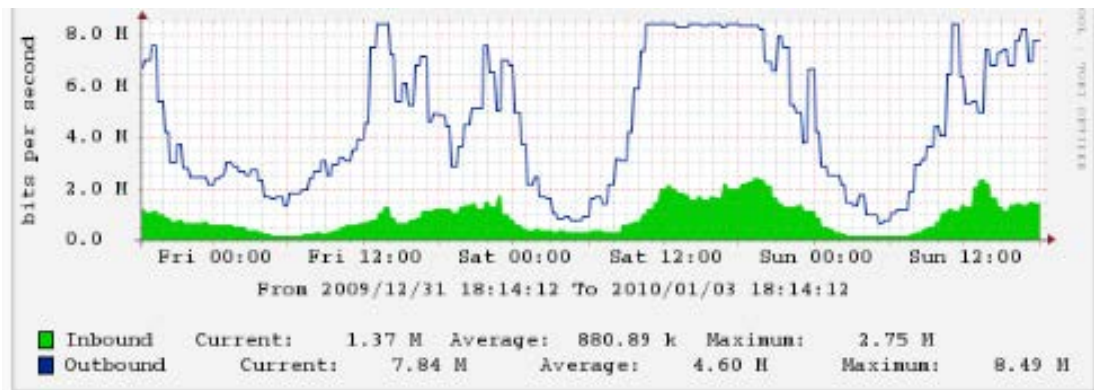


Figura D31: Tráfico de internet red Acuarela
Fuente:Transtelco

Nodo (54) Cdla. Del maestro- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona noreste de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 100 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

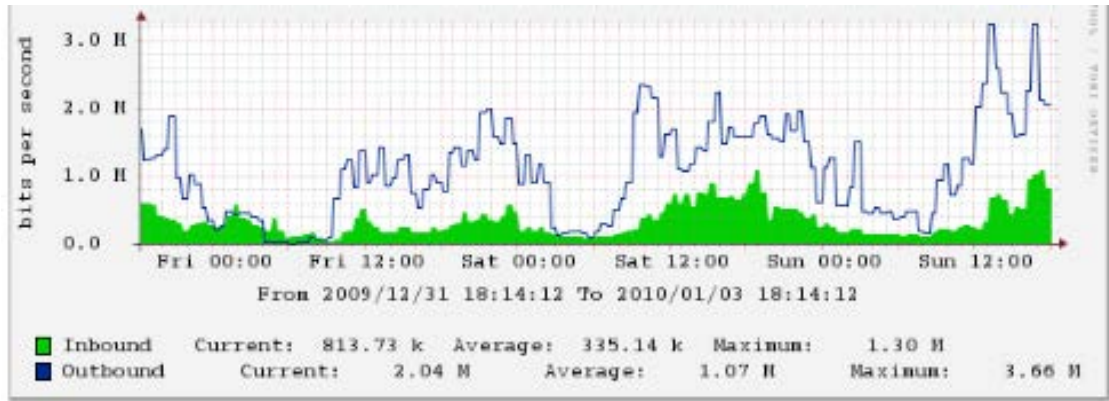


Figura D32: Tráfico de internet red Cdl. Del Maestro
Fuente:Transtelco

Nodo (32) Alborada Oeste- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona noreste de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 50 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

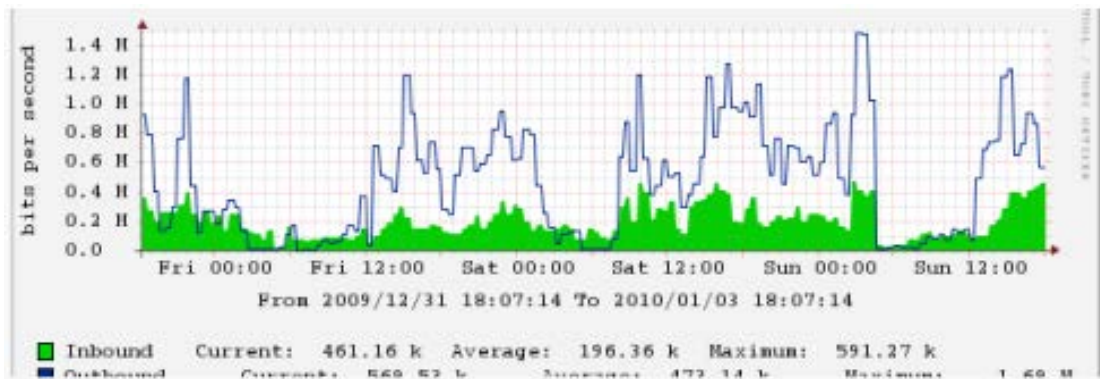


Figura D33: Tráfico de internet red Alborada Oeste
Fuente:Transtelco

Nodo (47) Alborada IV- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona noreste de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 40 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

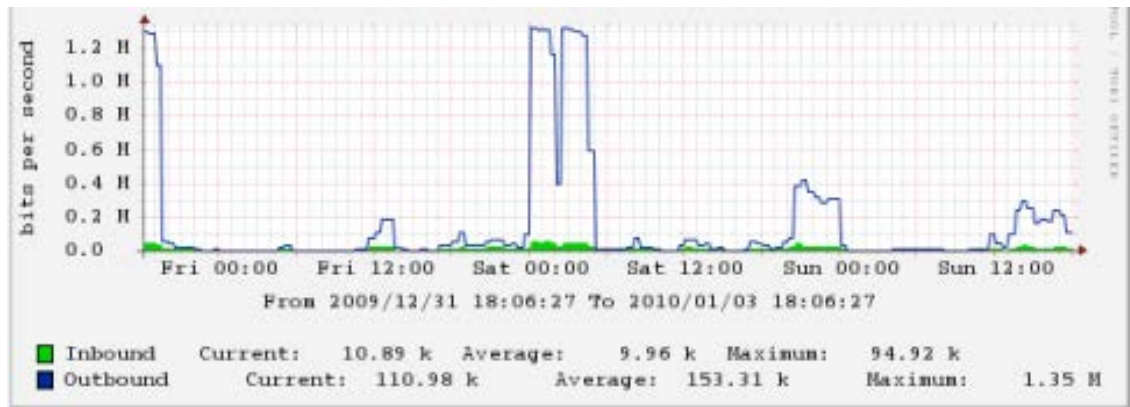


Figura D34: Tráfico de internet red Alborada IV
Fuente:Transtelco

Nodo (49) Alborada X- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona noreste de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 130 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

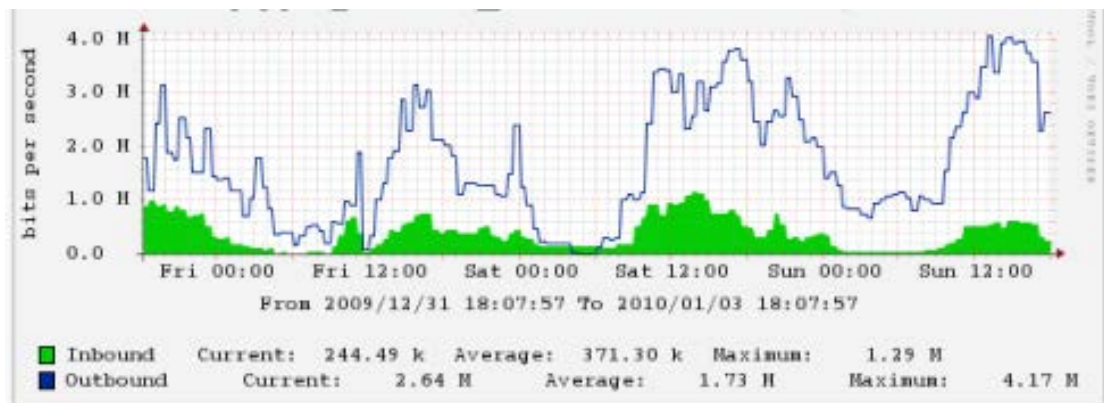


Figura D35: Tráfico de internet red Alborada X
Fuente:Transtelco

Nodo (50) Atarazana- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona noreste de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 40 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

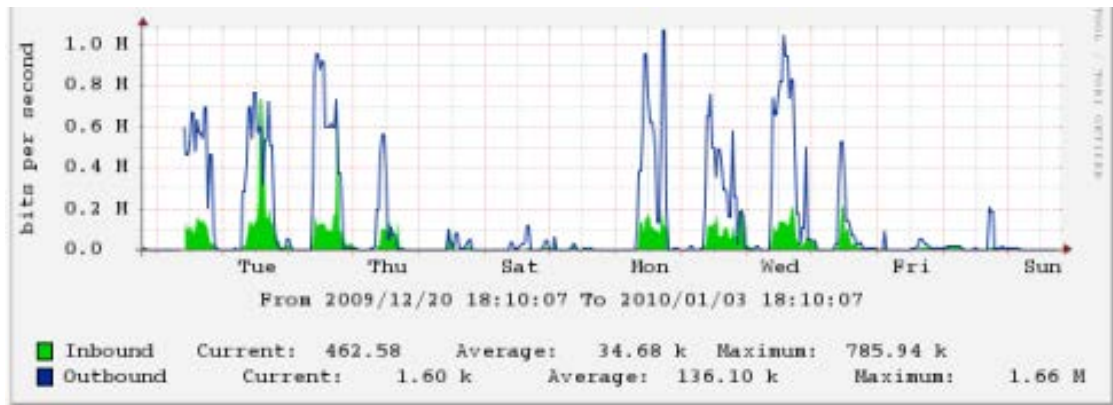


Figura D36: Tráfico de internet red Atarazana
Fuente:Transtelco

Nodo (27) Ayacucho- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona centro de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 170 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

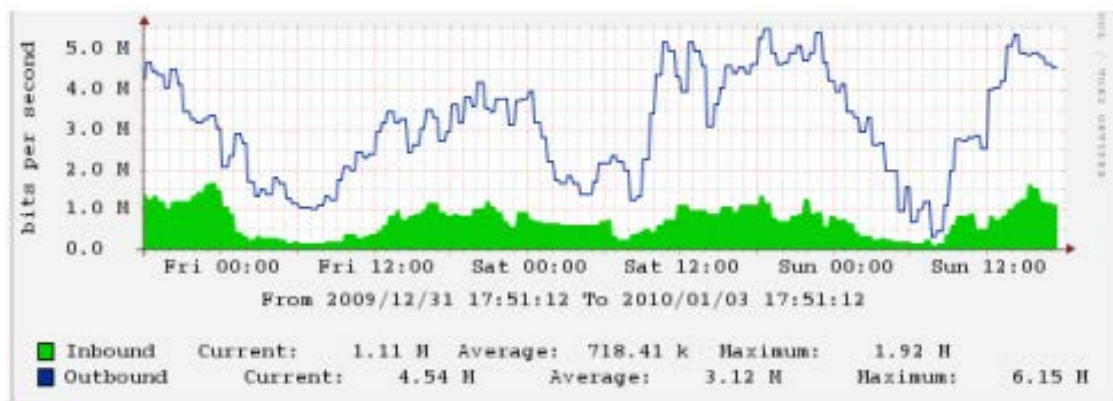


Figura D37: Tráfico de internet red Ayacucho
Fuente:Transtelco

Nodo (24) Centro- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona centro de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 130 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

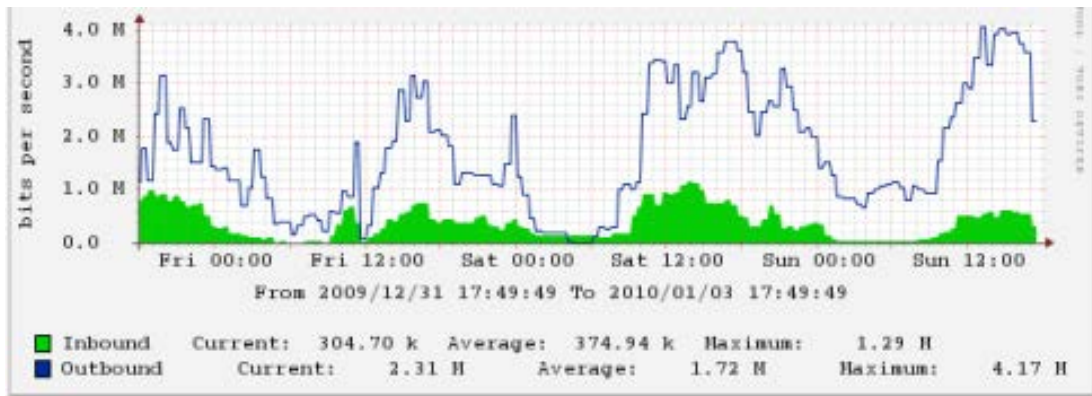


Figura D38: Tráfico de internet red Centro
Fuente:Transtelco

Nodo (19) Coviem- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona suroeste de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 30 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

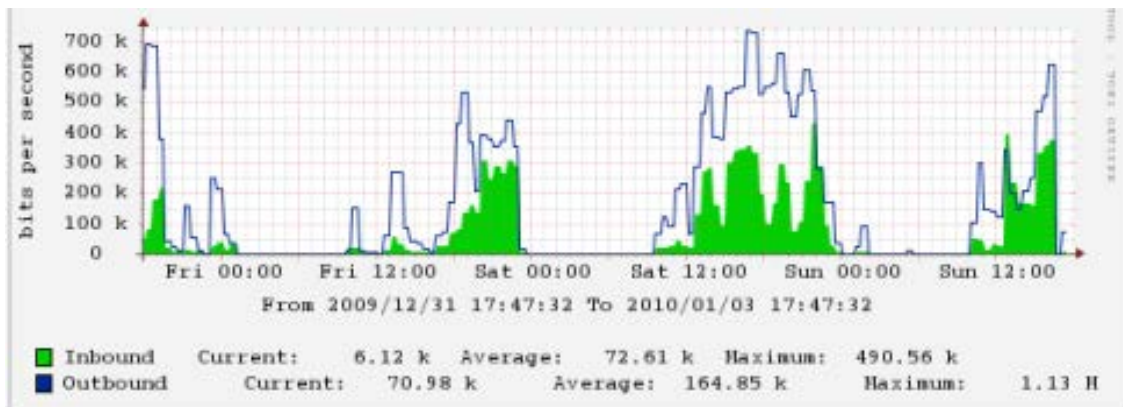


Figura D39: Tráfico de internet red Coviem
Fuente:Transtelco

Nodo (58) La Garzota III- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona noreste de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 40 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

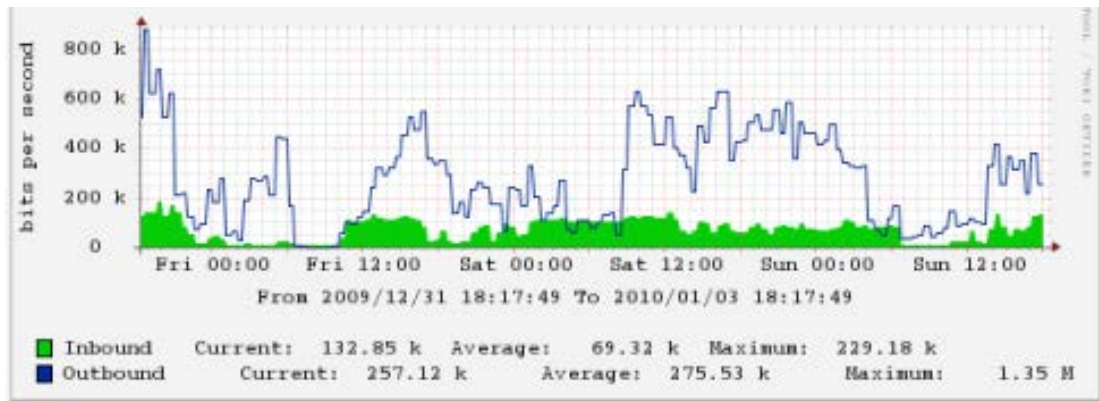


Figura D40: Tráfico de internet red La Garzota III
Fuente:Transtelco

Nodo (17) Girasoles- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona noroeste de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 90 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

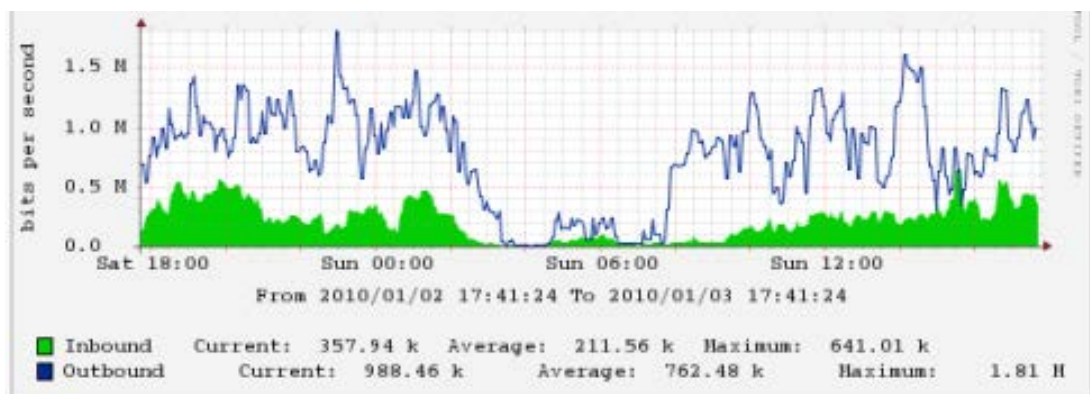


Figura D41: Tráfico de internet red Girasoles
Fuente:Transtelco

Nodo (18) Guangala- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona suroeste de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 85 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

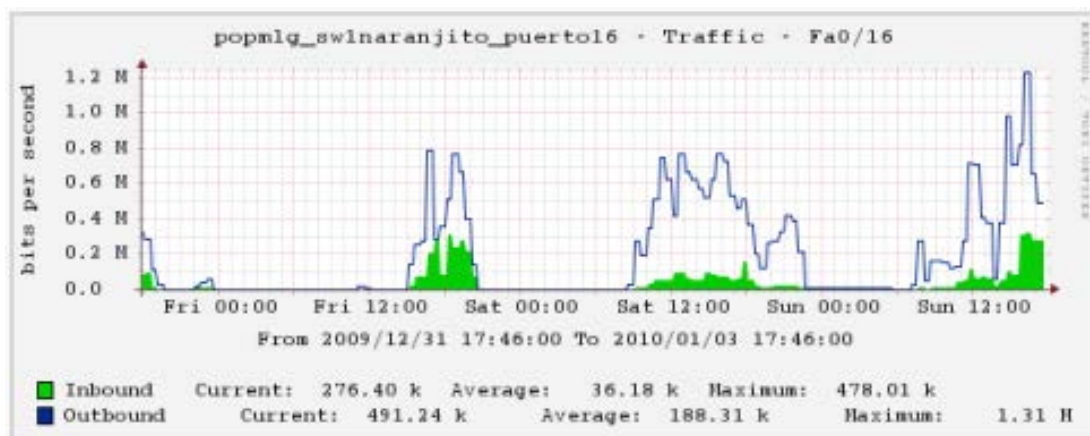


Figura D42: Tráfico de internet red Guangala
Fuente:Transtelco

Nodo (42) Guayacanes- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona noreste de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 130 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

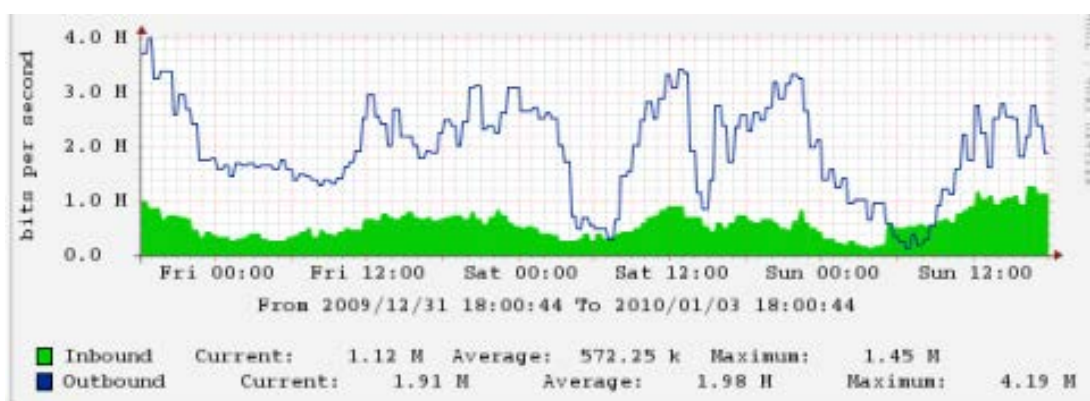


Figura D43: Tráfico de internet red Guayacanes
Fuente:Transtelco

Nodo (28) La Bahía- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona centro de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 20 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

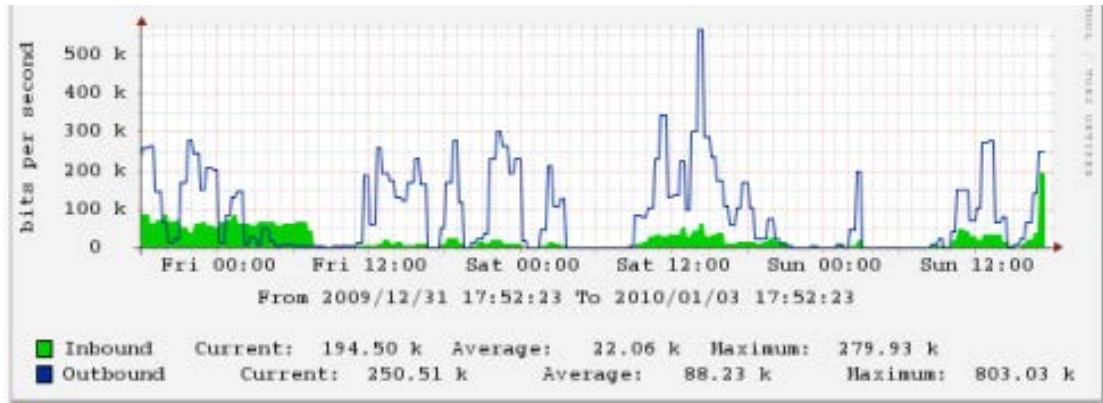


Figura D44: Tráfico de internet red La Bahía
Fuente:Transtelco

Nodo (29) Las Peñas- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona centro de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 80 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

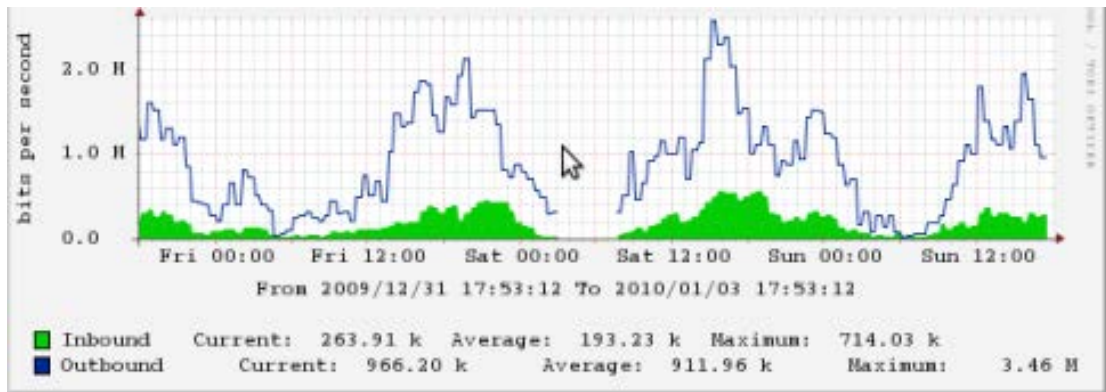


Figura D45: Tráfico de internet red Las Peñas
Fuente:Transtelco

Nodo (12) Las Tejas- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona sur de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 190 con un pequeño nodo de 500m de diámetro debido a la concentración de clientes en la zona podríamos necesitar hacer una extensión con un splitter adicional.

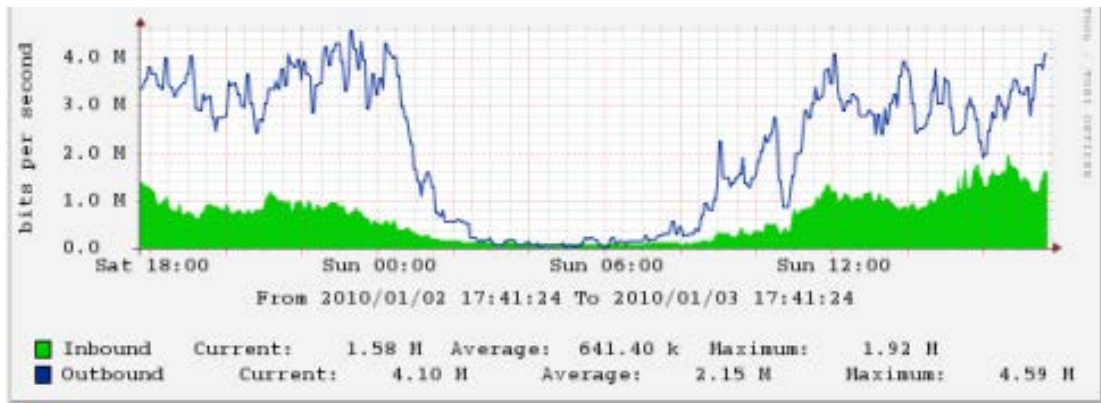


Figura D46: Tráfico de internet red Las Tejas
Fuente:Transtelco

Nodo (16) Ferroviaria- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona suroeste de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 130 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

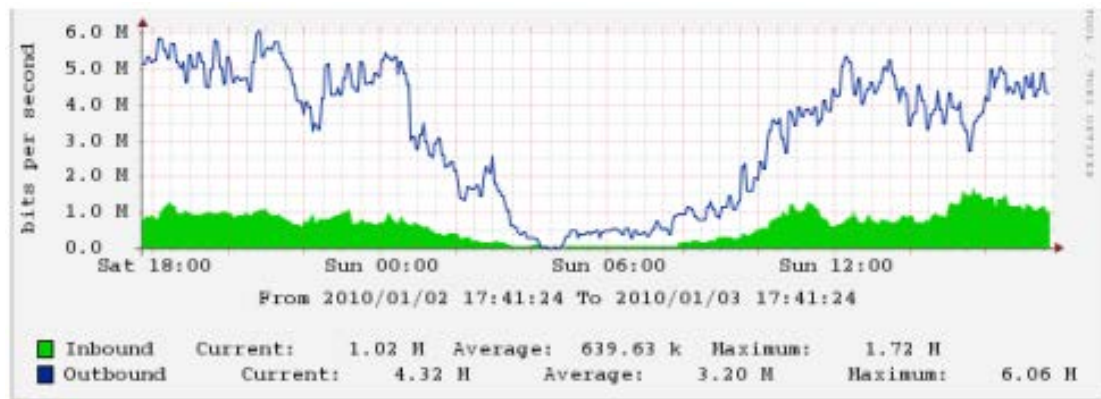


Figura D47: Tráfico de internet red Ferroviaria
Fuente:Transtelco

Nodo (55) Los Álamos- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona noreste de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 70 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

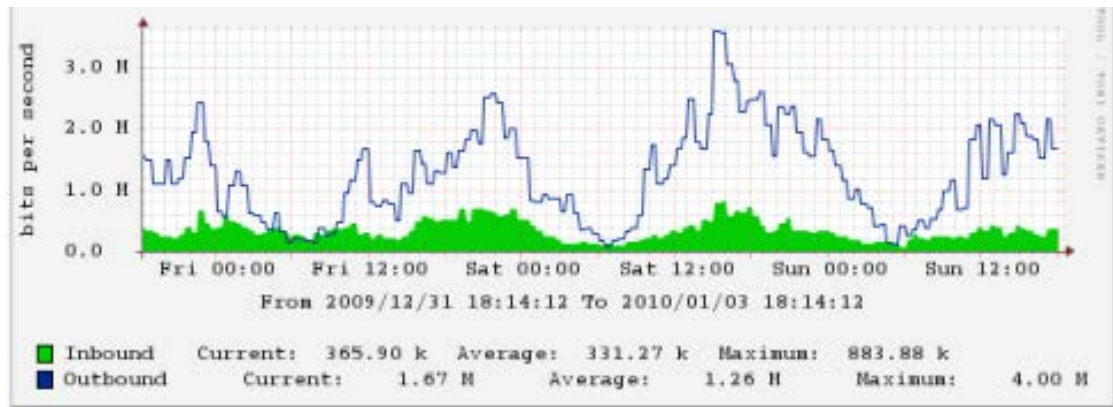


Figura D48: Tráfico de internet red Los Álamos
Fuente:Transtelco

Nodo (37) Paraíso- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona noroeste de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 20 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

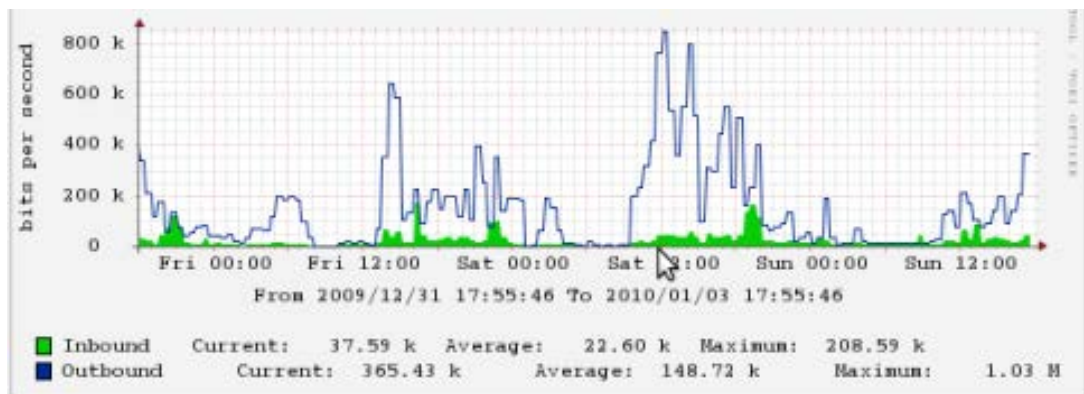


Figura D49: Tráfico de internet red Paraíso
Fuente:Transtelco

Nodo (30) Pedro Carbo- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona centro de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 150 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

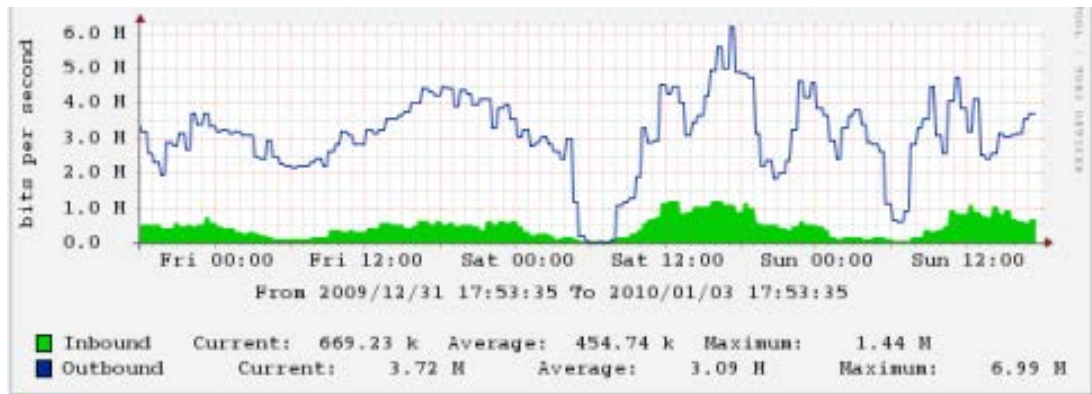


Figura D50: Tráfico de internet red Pedro Carbo
Fuente:Transtelco

Nodo Puerto Azul (40)- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona noroeste de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 70 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

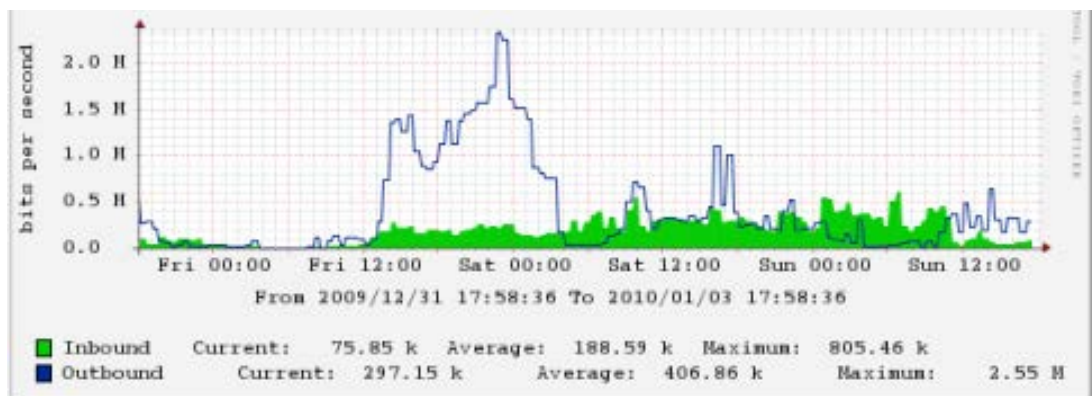


Figura D51: Tráfico de internet red Puerto Azul
Fuente:Transtelco

Nodo(59) La Puntilla- Esta zona está ubicada en la zona Samborondón, el número de clientes del ISP aquí es 190 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

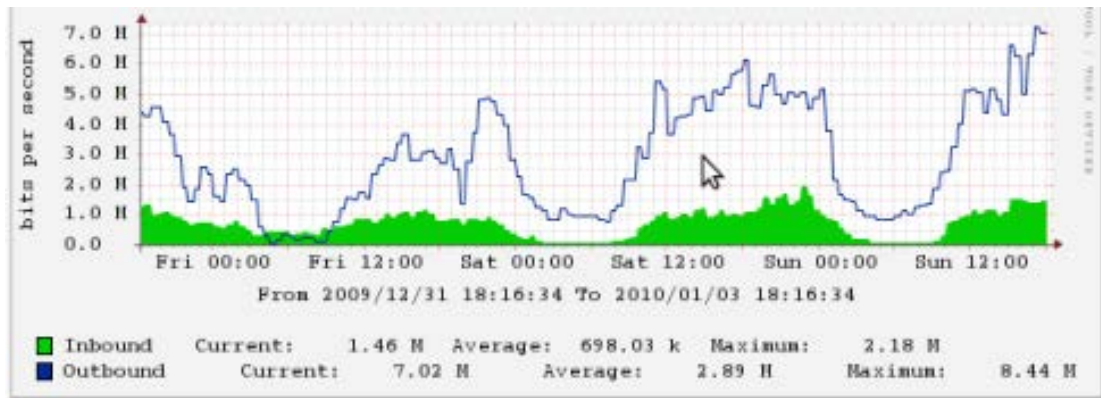


Figura D52: Tráfico de internet red La Puntilla

Fuente:Transtelco

Nodo (25) Rocafuerte- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona centro de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 100 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

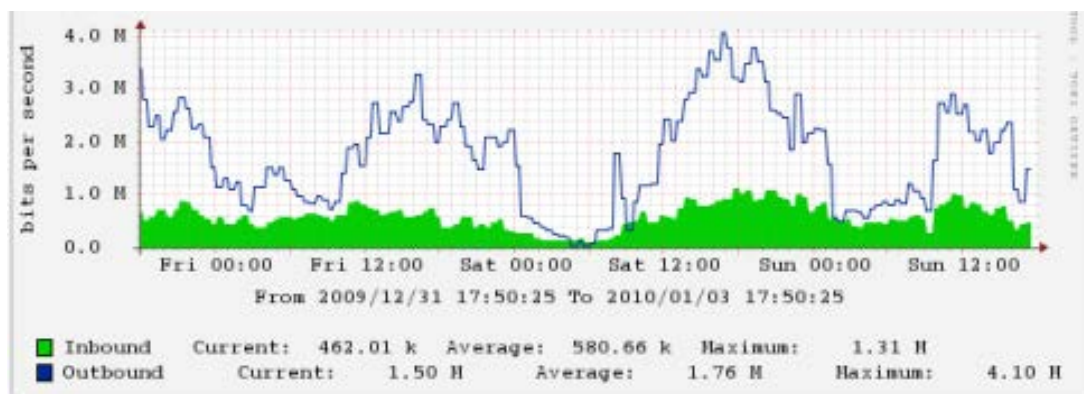


Figura D53: Tráfico de internet red Rocafuerte

Fuente:Transtelco

Nodo (51) Samanes- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona noreste de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 60 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

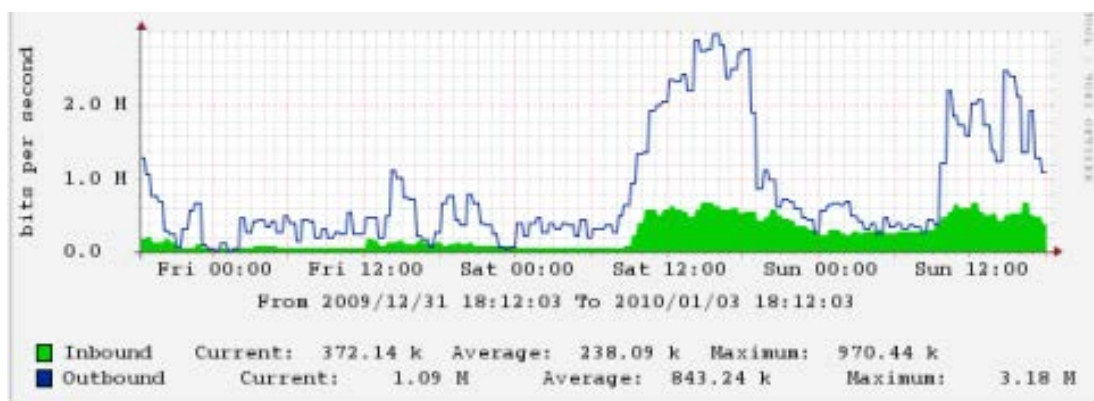


Figura D54: Tráfico de internet red Samanes
Fuente:Transtelco

Nodo (52) Samanes II- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona noreste de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 10 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

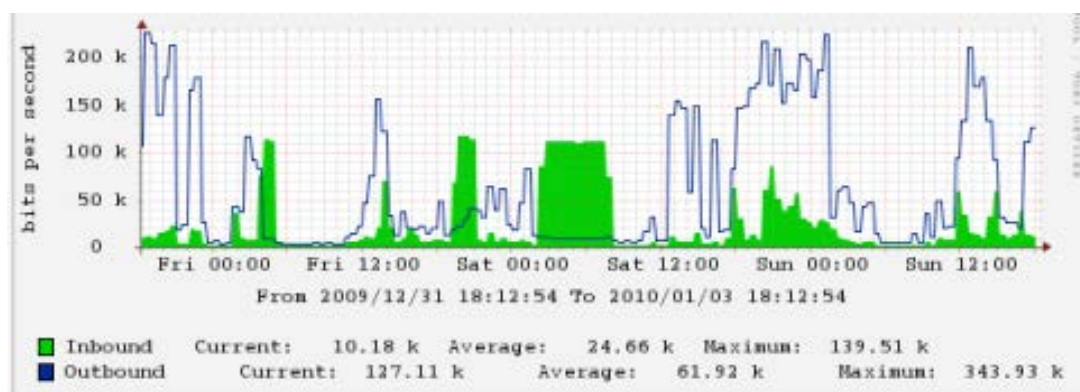


Figura D55: Tráfico de internet red Samanes II
Fuente:Transtelco

Nodo (45) Saucos II- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona noreste de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 60 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

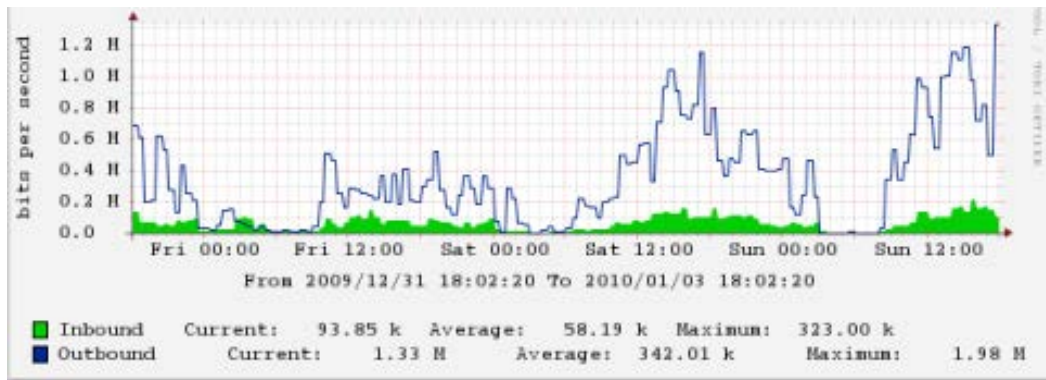


Figura D56: Tráfico de internet red Saucés II
Fuente:Transtelco

Nodo (46) Saucés VII- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona noreste de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 100 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

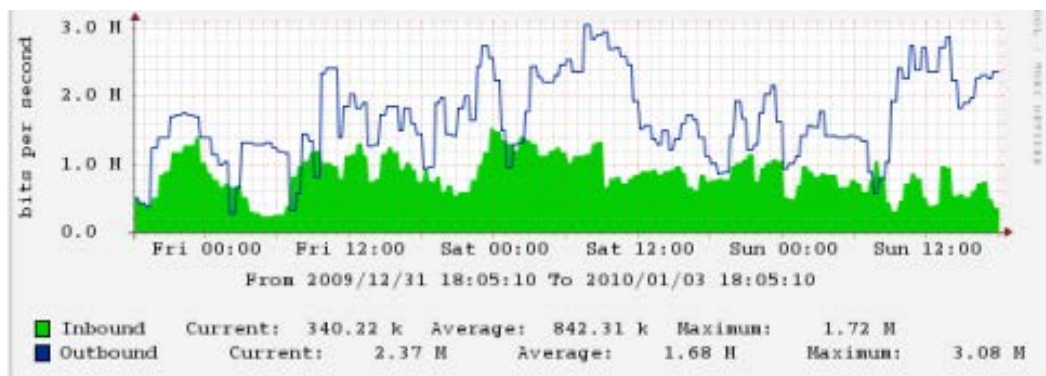


Figura D57: Tráfico de internet red Saucés VII
Fuente:Transtelco

Nodo (21) Sucre- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona centro de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 50 con un pequeño nodo de 500m de diámetro estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

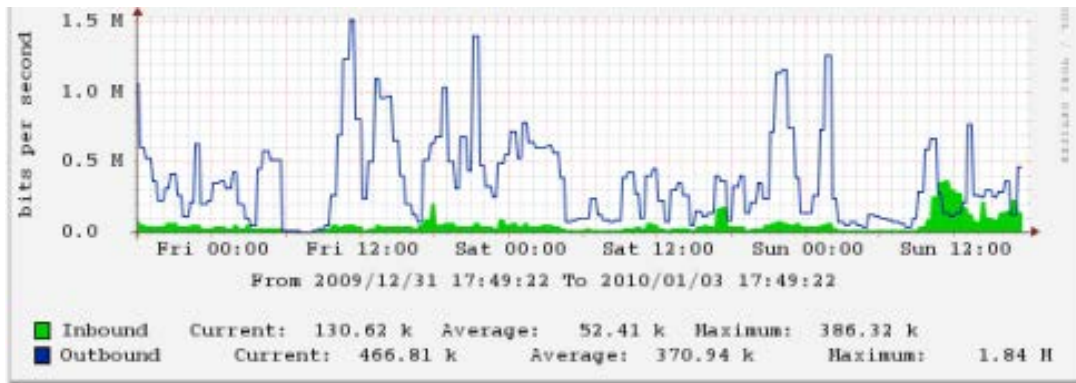


Figura D58: Tráfico de internet red Sucre
Fuente:Transtelco

Nodo (31) Urdaneta- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona centro de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 65 con un pequeño nodo de 500m de diámetro, estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

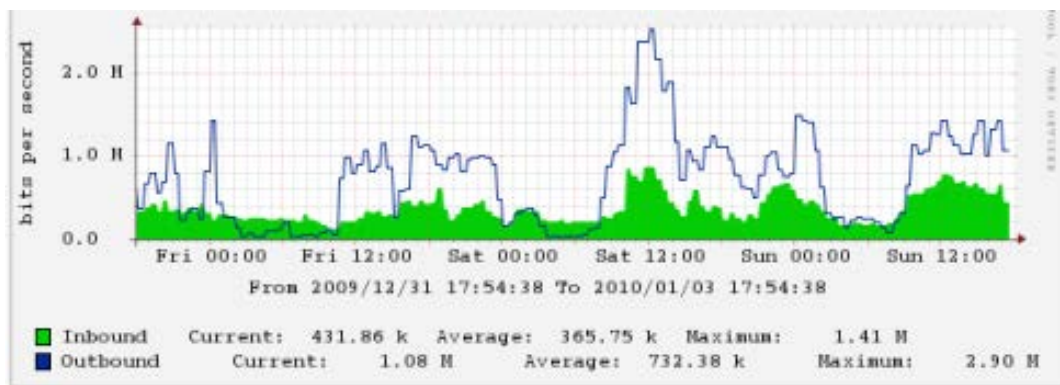


Figura D59: Tráfico de internet red Urdaneta
Fuente:Transtelco

Nodo (38) Urdenor- Esta zona de Guayaquil está ubicada en la zona noroeste de la ciudad, el número de clientes del ISP aquí es 50 con un pequeño nodo de 500m de diámetro estimamos que podríamos realizar una adecuada promoción de venta para incrementar clientes en el nodo. A continuación se muestra un gráfico del patrón de tráfico de esta zona.

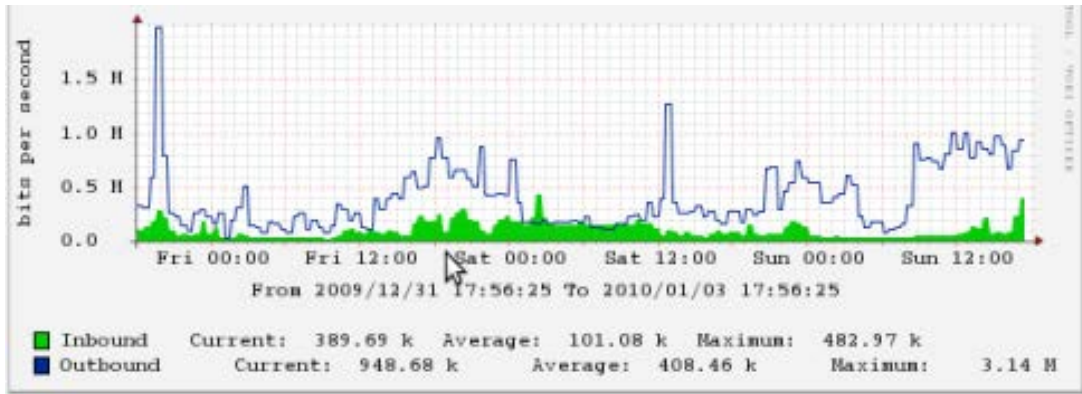


Figura D60: Tráfico de internet red Urdenor
Fuente:Transtelco

E. Cotización equipos



Quote #: DQE-03242009-03

Date: March 24th 2009

Proposal Expiration Date: April 15th 2009

Prepared For: Telco net S.A.

Contact: Martin Correa

Address: Kennedy Norte Mz 109 S N. 21, Guayaquil, Ecuador

Phone: 5934-2630335

Email: mcorrea@trans-telco.com Dear Valued Customer; Thank you for the opportunity to participate in this business. Per your request, we are submitting our official proposal.

Section 1: Broadband Equipment Total quantity of units to be sold to Telconet within the scope of this proposal:

Qty	Model	Description	Unit Price	Extended Price
1	S102	2 Port 1000BasePX GEAPON OLT with: 2 ports SFP 1000BaseFX uplink <i>requires additional 1000BasePX SFP adapter and 1000BaseFX SFP adapter; requires temperature hardened type SFP adapters for outdoor deployment</i>	\$3.800,00	\$3.800,00
1	S1-CH	1RU, 3 slots S1 chassis	\$88.00	\$88.00
1	S1-PPD040	DC power supply unit for S1, -48VDC to 3.3VDC/13A	\$295.00	\$295.00
2	SFP-1000PX-10K-R	1000Base-PX10-D SFP adapter, Receptacle type, 10Km (For GEAPON, 1.25G Burst Bidi, 1490 Tx/ 1310 Rx)	\$575.00	\$1,150.00
2	SFPG-LX	Gigabit SFP Adapter LX, LC Type, Single mode; Distance-550m(62.5um & 50um MMF)/10Km(9um SMF)	\$99.00	\$198.00
2	PLC132-FOC	Optical EPON splitter; up to 32 split; Fiber Optical Closure type for outdoor; Without connector;	\$2.600	\$5.200,00
64	CC3940W-ES	Indoor Gateway with: WLAN, 4 ports RJ45 10/100BaseTX, 10km GEAPON uplink	\$200.00	\$12.800,00

Tabla E.1: Cotización de equipos

Fuente:

Section 2: Product Delivery

Shipment 1 of 1:

Date of Delivery: Within 30 days after receipt of wire transfer for entire purchase price

Term of Delivery: FCA Pleasanton, CA, USA

Section 3: Price and Payment

Terms: FCA Pleasanton, CA, USA

Payment : 100% of total price to be paid, via wire transfer, prior to shipment

Should you have any questions regarding this proposal, please contact:

Jeremiah Ross

Senior Operations Manager

Voice: +1-925-218-7383

Email: jross@dqusa.com

Thank You for the opportunity and we look forward to hearing from you.

E.2 Especificaciones técnicas de los equipos y materiales ópticos utilizados

Características del OLT

- ⇒ Diseñado para soportar altas temperaturas: Temperature hardened Dual port GEAPON OLT .
- ⇒ Dos puertos de red Gigabit Ethernet o GWDM-PON
- ⇒ Dos puertos GEAPON para suscriptores
- ⇒ Distancias de uplink soportadas de hasta 100km with commercial single core GbE SFP optical module
- ⇒ Administración In-band
- ⇒ Tamaño compacto
 - Fits into 19" 1RU with power and splitter/WDM media converter
 - 210(W) x 150(D) x 41.3(H) mm
 - Full front access
 - Temperature hardened with operating -40°C ~ +65°C
 - Power : AC/DC/HFC feed DC
- ⇒ Soporte de características de capa 2
 - VLAN processing including 802.1Q and Q-in-Q
 - Support quick network recovery with RSTP.
- ⇒ Superior performance of GEAPON
 - Soporta múltiples Logical Link Identifier
 - Hardware based high speed Dynamic Bandwidth Allocation
- ⇒ Soporta QoS management and multicast
 - Support multi-field classification for filtering
 - Support congestion control for Strict Priority (SP) or Weighted Round Robin (WRR)
 - Provide IGMP snooping and quick channel conversion
- ⇒ Actualización remota, provisioning and management capabilities through TFTP, FTP, CLI, altas SNMP, RMON, Telnet or ViewlinX™ EMS

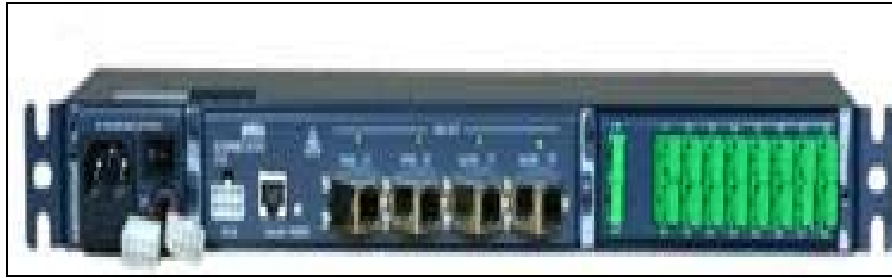


Figura E.1: Equipo OLT
Fuente: <http://www.corecess.com>

Características del ONT

- IEEE 802.3ah compliant GEAPON ONT
 - Ancho de banda simétrica de 1.25Gbps
 - Supports 20Km range (valid for -20K product)
 - Supports 32/64 splits
- High performance on QoS and multicast
 - Supports Layer 2 bridging and VLAN
 - Supports multi-field classification & multiple queue
 - IGMP snooping
 - Supports multiple Logical Link Identifier(LLID)
 - Hardware based high speed Dynamic Bandwidth Allocation



Figura E.2: Equipo ONT
Fuente: <http://www.corecess.com>

Splitter.-

Especificaciones técnicas:

Potencia: 300mW

Interfaces: SC/APC

Soporte estándar:

Operating wavelength (nm)		1260-1650				
Insertion loss (dB)	Max.	7.4	10.7	13.7	16.9	21.0
Loss uniformity (dB)	Max.	0.6	0.8	1.2	1.7	2.5
Return loss (dB)	Min.	50	50	50	50	50
PDL	Max.	0.2	0.30	0.30	0.30	0.40
Wavelength dependent loss (dB)	Max.	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3
Temperature stability (-40~85°C) (dB)		0.3	0.3	0.4	0.4	0.4
Dimensions(mm)	Long	40.0	40.0	40.0	50.0	60.0
	Width	4.0	4.0	4.0	7.0	12.0
	High	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Operating temperature (°C)		-40 to 85				
Storage temperature (°C)		-40 to 85				
Optical fiber type		SMF-28e Or customer specified				
Optical fiber length (m)		1.2 (±0.1) or customer specified				



Figura E.3: Equipo Splitter
Fuente: <http://www.corecess.com>

F. Bibliografía

D.1 Direcciones Electrónicas

- ⇒ <http://www.senatel.gov.ec>
- ⇒ <http://www.conatel.gov.ec>
- ⇒ <http://www.supertel.com.ec>
- ⇒ <http://www.esm.com>
- ⇒ <http://www.ethernetinthefirstmile.com>
- ⇒ http://www.ieee802.org/3/efm/public/may01/pesavento_1_0501.pdf.
- ⇒ http://www.ieee802.org/3/efm/public/comments/d3_1/pdfs/choi_p2mp_1_0304.pdf.

D.2 Libros

- ⇒ EPON(Ethernet Passive Optical Network), Glen Kramer, 2004
- ⇒ Principios de Administración Financiera, Lawrence J. Gitman, 10 primera edición, Editorial Pearson Educación de México, 2007.
- ⇒ Sistemas y redes Ópticas de comunicaciones, José Martín Pereda, editorial Pearson Educación, 2004.
- ⇒ Ethernet in the first mile, Wael Diadiab, editorial IEEE,2006