

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN

DISEÑO DE UNA RED CON FIBRA ÓPTICA PARA MIGRAR LAS ÚLTIMAS MILLAS INALÁMBRICAS DE LA EMPRESA EQUYSUM EN LA CIUDAD DE OTAVALO

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN

BYRON JOSÉ SANIPATÍN COLLAGUAZO

DIRECTOR: ING. JAIME MICHILENA

IBARRA - 2014



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD
TÉCNICA DEL NORTE**

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional determina la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

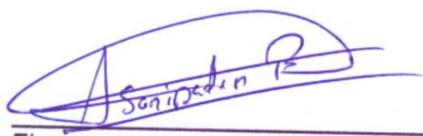
Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

| DATOS DEL CONTACTO | |
|---------------------------|-----------------------------------|
| Cédula de Identidad | 100266172-4 |
| Apellidos y Nombres | Sanipatín Collaguazo Byron José |
| Dirección | San Antonio, Calle Hermano Miguel |
| Email | byrons_88@hotmail.com |
| Teléfono Fijo | 062550440 |
| Teléfono Móvil | 0980411766 |

| DATOS DE LA OBRA | |
|-----------------------------|--|
| Título | DISEÑO DE UNA RED CON FIBRA ÓPTICA PARA MIGRAR LAS ÚLTIMAS MILLAS INALÁMBRICAS DE LA EMPRESA EQUYSUM EN LA CIUDAD DE OTAVALO |
| Autor | Byron Sanipatín |
| Fecha | 15 de Febrero de 2014 |
| Programa | Pregrado |
| Título por el que se aspira | Ingeniero en Electrónica y Redes de Comunicación |
| Director | Ing. Jaime Michilena |

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Byron José Sanipatín Collaguazo, con cédula de identidad Nro. 100266172-4, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad de material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la ley de Educación Superior Artículo 144.



Firma

Nombre: Byron José Sanipatín Collaguazo
Cédula: 100266172-4

Ibarra a los 15 días del mes de Febrero de 2014



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Byron José Sanipatín Collaguazo, con cédula de identidad Nro. 100266172-4, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **“DISEÑO DE UNA RED CON FIBRA ÓPTICA PARA MIGRAR LAS ÚLTIMAS MILLAS INALÁMBRICAS DE LA EMPRESA EQUYSUM EN LA CIUDAD DE OTAVALO”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: **Ingeniero en Electrónica y Redes de Comunicación** en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

A handwritten signature in blue ink, written over a horizontal line. The signature is cursive and appears to read 'Byron José Sanipatín Collaguazo'.

Firma

Nombre: Byron José Sanipatín Collaguazo

Cédula: 100266172-4

Ibarra a los 15 días del mes de Febrero de 2014



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CERTIFICACIÓN

Certifico, que el presente trabajo de titulación **“DISEÑO DE UNA RED CON FIBRA ÓPTICA PARA MIGRAR LAS ÚLTIMAS MILLAS INALÁMBRICAS DE LA EMPRESA EQUYSUM EN LA CIUDAD DE OTAVALO”** fue desarrollado en su totalidad por el Sr. Byron José Sanipatín Collaguazo, bajo mi supervisión.



Ing. Jaime Michilena
DIRECTOR DE PROYECTO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS

CONSTANCIAS

Yo, Byron José Sanipatín Collaguazo declaro bajo juramento que este trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Ibarra, a los 15 días del mes de Febrero de 2014

EL AUTOR

Firma

Nombre: Byron José Sanipatín Collaguazo
Cédula: 100266172-4

Ibarra a los 15 días del mes de Febrero de 2014

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por haberme dado la vida y guiarme a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A mis padres y hermanos por brindarme el apoyo incondicional y luchar constantemente junto a mí para alcanzar mis metas.

Al Ing. Jaime Michilena por ser un excelente profesional y persona, que con su constante ayuda, dedicación, conocimientos, y experiencia hicieron posible la realización de este proyecto.

DEDICATORIA

El presente proyecto de tesis dedicado a mi madre, que consus consejos ha sabido guiarme por el camino del bien, guiándome a estar junto a Dios en todo lo que me proponga. Su tenacidad y lucha insaciable han sido inspiración para superarme día a día.

A mi padre que con su ejemplo y apoyo me ha dado una lección de lo que es salir adelante trabajando con esfuerzo y honestidad.

A mis hermanos y hermana que con su alegría y tolerancia, pilares fundamentales en mi vida. Sin ellos, jamás hubiese podido conseguir lo que hasta ahora.

Byron Sanipatín

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|----------|
| ÍNDICE GENERAL | IX |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | XIII |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | XV |
| RESUMEN..... | 1 |
| ABSTRACT | 2 |
| PRESENTACIÓN | 3 |
| 1. CAPÍTULO I | 4 |
| DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA ACTUAL DE TRANSMISIÓN | 4 |
| 1.1. INTRODUCCIÓN | 4 |
| 1.1.1. DATOS DE LA CIUDAD OTAVALO | 5 |
| 1.1.2. CRECIMIENTO POBLACIONAL | 6 |
| 1.1.3. PROVEEDORES DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES EN OTAVALO..... | 7 |
| 1.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED | 7 |
| 1.2.1. CRECIMIENTO DE LOS CLIENTES DE CONECEL EN LA CIUDAD OTAVALO..... | 8 |
| 1.3. DESCRIPCIÓN DE LA RED | 9 |
| 1.3.1. DESCRIPCIÓN DE LA CAPA DE ACCESO (ÚLTIMAS MILLAS) | 10 |
| 1.3.2. TOPOLOGÍA DE RED DE LA CAPA DE ACCESO (ÚLTIMAS MILLAS) | 16 |
| 1.3.3. DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE UTPL | 17 |
| 1.3.4. DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE UNIVERSIDAD OTAVALO | 18 |
| 1.3.5. DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE FERTISA | 19 |
| 1.3.6. DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE AGRIPAC | 20 |
| 1.3.7. DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE ALMACENES TÍA..... | 21 |
| 1.3.8. DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE ALMACENES LA GANGA..... | 22 |
| 1.3.9. DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE BANCO DEL PACIFICO..... | 23 |
| 1.3.10. DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE COOPERATIVA IMBABURAPAK | 24 |
| 1.3.11. DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE CORPORACIÓN SANTANDER | 25 |
| 1.3.12. DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE BANCO DEL PICHINCHA AGENCIA 1. | 26 |
| 1.3.13. DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE BANCO DEL PICHINCHA AGENCIA 2 | 27 |
| 1.3.14. DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE ARTEFACTA | 28 |
| 1.3.15. DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE ISP JOSÉ ARÉVALO | 29 |
| 1.3.16. DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE BANCO DEL AUSTRO AGENCIA 1 | 30 |
| 1.3.17. DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE BANCO DEL AUSTRO AGENCIA 2 | 31 |
| 1.3.18. DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE BANCO INTERNACIONAL | 32 |
| 1.3.19. DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE HOTEL INDIO INN | 33 |
| 1.3.20. DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE COOPERATIVA ESENCIA INDÍGENA..... | 34 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1.3.21. | DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE FARMACIAS SANA SANA 1..... | 35 |
| 1.3.22. | DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE FARMACIAS SANA SANA 2..... | 36 |
| 1.3.23. | DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE FARMACIAS SANA SANA 3..... | 37 |
| 2. | CAPÍTULO II | 38 |
| | ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA WDM EN LA TRANSMISIÓN DE DATOS POR FIBRA ÓPTICA | 38 |
| | 2.1. INTRODUCCIÓN | 38 |
| | 2.2. FIBRA ÓPTICA..... | 38 |
| 2.2.1. | COMPONENTES DE LA FIBRA ÓPTICA | 39 |
| 2.2.2. | TIPOS DE FIBRA ÓPTICA | 40 |
| 2.2.3. | LIMITANTES EN LA TRANSMISIÓN POR FIBRA ÓPTICA | 41 |
| 2.2.4. | TIPOS DE REDES DE ACCESO CON FIBRA ÓPTICA | 42 |
| | 2.3. TECNOLOGÍA WDM – MULTIPLEXACIÓN POR LONGITUD DE ONDA..... | 44 |
| 2.3.1. | CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE WDM..... | 45 |
| 2.3.2. | TOPOLOGÍAS FÍSICAS PARA WDM | 46 |
| 2.3.3. | CARACTERÍSTICAS DE TRANSMISIÓN WDM..... | 47 |
| 2.3.4. | MULTIPLEXORES Y DEMULTIPLEXORES | 48 |
| 2.3.5. | DENSIDAD DE CANALES ÓPTICOS | 49 |
| 2.3.6. | RELACIÓN SEÑAL A RUIDO ÓPTICA (OSNR) | 49 |
| 2.3.7. | EVOLUCIÓN DE LA TECNOLOGÍA WDM..... | 50 |
| | 2.4. COMPONENTES CARACTERÍSTICOS DE UN SISTEMA WDM..... | 51 |
| 2.4.1. | FUENTES ÓPTICAS | 51 |
| 2.4.2. | ACOPLADORES..... | 51 |
| 2.4.3. | FILTROS ÓPTICOS..... | 52 |
| 2.4.4. | MULTIPLEXORES Y DEMULTIPLEXORES ÓPTICOS..... | 53 |
| 2.4.5. | AMPLIFICADORES ÓPTICOS | 54 |
| 2.4.6. | CONVERTIDORES DE LONGITUD DE ONDA | 54 |
| 2.4.7. | CONECTORES ÓPTICOS | 55 |
| | 2.5. VENTAJAS DE WDM. | 56 |
| 3. | CAPÍTULO III | 58 |
| | DISEÑO DE LA RED WDM | 58 |
| | 3.1. INTRODUCCIÓN | 58 |
| | 3.2. CRITERIOS DE DISEÑO DE RED..... | 59 |
| | 3.3. ESTADÍSTICA DE CRECIMIENTO DE CLIENTES | 60 |
| | 3.4. UBICACIÓN DEL NODO Y USUARIOS | 61 |
| | 3.5. RECORRIDO Y DISTANCIA DE LA FIBRA ÓPTICA..... | 62 |

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 3.5.1. | RECORRIDO DE LA FIBRA ÓPTICA DE 24 HILOS | 62 |
| 3.5.2. | CÁLCULO DE LA DISTANCIA DE LA FIBRA ÓPTICA DE 24 HILOS..... | 63 |
| 3.5.3. | UBICACIÓN DE LAS MANGAS DE DERIVACIÓN | 66 |
| 3.5.4. | DISTANCIA DESDE EL NODO A LAS MANGAS | 68 |
| 3.5.5. | DISTANCIA DE LA FIBRA ÓPTICA DE DOS HILOS | 68 |
| 3.5.6. | DISTANCIA TOTAL DE LA FIBRA ÓPTICA PARA TODOS LOS CLIENTES..... | 72 |
| 3.5.7. | RECORRIDO TOTAL DE LA FIBRA ÓPTICA DESDE EL NODO AL CLIENTE UTPL | |
| | 73 | |
| 3.6. | PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DE RED WDM. | 75 |
| 3.6.1. | PROYECCIONES DEL TRÁFICO | 75 |
| 3.6.2. | CÁLCULOS DE ATENUACIÓN Y AMPLIFICACIÓN. | 76 |
| 3.6.3. | DIMENSIONAMIENTO DE LA RED | 81 |
| 3.7. | DISEÑO CON TOPOLOGÍA PUNTO A PUNTO | 82 |
| 3.8. | DISEÑO DE RED..... | 83 |
| 3.9. | DESCRIPCIÓN DEL NODO Y TRAMOS HACIA LOS USUARIOS | 85 |
| 3.9.1. | NODO OTAVALO | 85 |
| 3.9.2. | TRAMO NODO OTAVALO – CLIENTE UTPL | 85 |
| 3.9.3. | TRAMO NODO OTAVALO – CLIENTE UNIVERSIDAD OTAVALO | 85 |
| 3.9.4. | TRAMO NODO OTAVALO – CLIENTE BANCO INTERNACIONAL | 86 |
| 3.9.5. | TRAMO NODO OTAVALO – CLIENTE FERTISA | 86 |
| 3.9.6. | TRAMO NODO OTAVALO – CLIENTE AGRIPAC | 86 |
| 3.9.7. | TRAMO NODO OTAVALO – CLIENTE BANCO PICHINCHA 2..... | 87 |
| 3.9.8. | TRAMO NODO OTAVALO – CLIENTE BANCO DEL AUSTRO 2..... | 87 |
| 3.9.9. | TRAMO NODO OTAVALO – CLIENTE COOPERATIVA IMBABURAPAK | 88 |
| 3.9.10. | TRAMO NODO OTAVALO – CLIENTE COOPERATIVA ESENCIA INDÍGENA | 88 |
| 3.9.11. | TRAMO NODO OTAVALO – CLIENTE ALMACÉN TÍA..... | 88 |
| 3.9.12. | TRAMO NODO OTAVALO – CLIENTE ARTEFACTA | 89 |
| 3.9.13. | TRAMO NODO OTAVALO – CLIENTE HOTEL INDIO INN | 89 |
| 3.9.14. | TRAMO NODO OTAVALO – CLIENTE ALMACÉN LA GANGA..... | 89 |
| 3.9.15. | TRAMO NODO OTAVALO – CLIENTE FARMACIAS SANA SANA 1 | 90 |
| 3.9.16. | TRAMO NODO OTAVALO – CLIENTE BANCO DEL PACÍFICO..... | 90 |
| 3.9.17. | TRAMO NODO OTAVALO – CLIENTE CORPORACIÓN SANTANDER | 91 |
| 3.9.18. | TRAMO NODO OTAVALO – CLIENTE BANCO PICHINCHA 1 | 91 |
| 3.9.19. | TRAMO NODO OTAVALO – CLIENTE BANCO DEL AUSTRO 1..... | 91 |
| 3.9.20. | TRAMO NODO OTAVALO – CLIENTE FARMACIAS SANA SANA 2..... | 92 |
| 3.9.21. | TRAMO NODO OTAVALO – CLIENTE FARMACIAS SANA SANA 3..... | 92 |
| 3.9.22. | TRAMO NODO OTAVALO – CLIENTE ISP JOSÉ ARÉVALO | 92 |
| 3.10. | SELECCIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA | 93 |
| 3.11. | SELECCIÓN DE EQUIPOS | 95 |

| | | |
|-------------|---|------------|
| 3.11.1. | TRANSMISOR ÓPTICO | 95 |
| 3.11.2. | RECEPTOR ÓPTICO | 97 |
| 3.11.3. | DISTRIBUIDOR DE FIBRA ÓPTICA EN EL NODO (ODF)..... | 98 |
| 3.11.4. | DISTRIBUIDOR DE FIBRA ÓPTICA EN EL CLIENTE (ODF) | 99 |
| 3.11.5. | MANGAS DE EMPALME..... | 100 |
| 3.11.6. | HERRAJES DE SUJECCIÓN PARA POSTES..... | 100 |
| 4. | CAPÍTULO IV | 102 |
| | PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO. | 102 |
| 4.1. | INTRODUCCIÓN | 102 |
| 4.2. | SOFTWARE UTILIZADOS PARA LAS PRUEBAS | 102 |
| 4.2.1. | SOFTWARE IPERF | 102 |
| 4.2.2. | SOFTWARE QCHECK | 104 |
| 4.3. | DESCRIPCIÓN ENLACE INALÁMBRICO DE PRUEBA..... | 105 |
| 4.3.1. | Análisis del EnlaceFertisa..... | 105 |
| 4.4. | DESCRIPCIÓN ENLACE CON FIBRA ÓPTICA DE PRUEBA | 106 |
| 4.4.1. | ANÁLISIS DEL CLIENTE FERTISA | 106 |
| 4.5. | RESULTADOS DE LA PRUEBA ENLACE INALÁMBRICO | 106 |
| 4.5.1. | ESQUEMA Y TOPOLOGÍA DE LA RED INALÁMBRICA..... | 107 |
| 4.6. | RESULTADOS DE LA PRUEBA ENLACE CON FIBRA ÓPTICA..... | 113 |
| 4.6.1. | ESQUEMA Y TOPOLOGÍA DE LA RED CON FIBRA ÓPTICA..... | 113 |
| 4.7. | CONCLUSIONES DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS..... | 119 |
| 5. | CAPÍTULO V | 120 |
| | ANÁLISIS ECONÓMICO. | 120 |
| 5.1. | INTRODUCCIÓN | 120 |
| 5.2. | PRESUPUESTO | 120 |
| 5.2.1. | ESTIMACIÓN DE COSTOS | 120 |
| 5.3. | INDICADORES ECONÓMICOS | 126 |
| 5.3.1. | INGRESOS Y EGRESOS..... | 126 |
| 5.3.2. | FLUJO DE CAJA | 133 |
| 5.3.3. | VALOR ACTUAL NETO (VAN)..... | 134 |
| 5.3.4. | TASA INTERNA DE RETORNO (TIR) | 135 |
| 5.3.5. | TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN..... | 136 |
| 5.3.6. | RELACIÓN COSTO - BENEFICIO | 137 |
| 5.4. | FINANCIAMIENTO | 138 |

| | |
|--|------------|
| 6. CAPÍTULO VI | 139 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 139 |
| 6.1. CONCLUSIONES | 139 |
| 6.2. RECOMENDACIONES | 140 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 141 |
| ANEXO 1 – RECORRIDO DE LA FIBRA ÓPTICA | 144 |
| ANEXO 2 – RESUMEN DE LA RECOMENDACIÓN UIT-T G.657 | 145 |
| ANEXO 3 – RESUMEN DE LA RECOMENDACIÓN UIT-T G.652 | 147 |
| ANEXO 4 – CARACTERÍSTICAS FIBRA ÓPTICA:PRYSMIAN OPTICAL CABLE . | 150 |

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

| | |
|--|----|
| Figura 1. Mapa del cantón Otavalo | 5 |
| Figura 2. Incremento de los Clientes en Otavalo..... | 9 |
| Figura 3. Capas de la Red | 9 |
| Figura 4. Esquema de la Red de Acceso | 10 |
| Figura 5. Ubicación del Nodo Otavalo..... | 11 |
| Figura 6. Torre del Nodo..... | 12 |
| Figura 7. Esquema de Conexión en el Nodo..... | 13 |
| Figura 8. Esquema de Conexión en el Cliente | 15 |
| Figura 9. Topología Punto a Punto | 16 |
| Figura 10. Enlace Nodo - UTPL | 17 |
| Figura 11. Enlace Nodo – Universidad de Otavalo..... | 18 |
| Figura 12. Enlace Nodo – Fertisa | 19 |
| Figura 13. Enlace Nodo – Agripac | 20 |
| Figura 14. Enlace Nodo – Almacenes Tía..... | 21 |
| Figura 15. Enlace Nodo – Almacenes La Ganga | 22 |
| Figura 16. Enlace Nodo – Banco del Pacifico | 23 |
| Figura 17. Enlace Nodo – Cooperativa Imbaburapak..... | 24 |
| Figura 18. Enlace Nodo – Corporación Santander..... | 25 |
| Figura 19. Enlace Nodo – Banco del Pichincha Ag1 | 26 |
| Figura 20. Enlace Nodo – Banco del Pichincha AG2 | 27 |
| Figura 21. Enlace Nodo – Artefacta | 28 |
| Figura 22. Enlace Nodo – ISP José Arévalo | 29 |
| Figura 23. Enlace Nodo – Banco del Austro AG1 | 30 |
| Figura 24. Enlace Nodo – Banco del Austro AG2 | 31 |
| Figura 25. Enlace Nodo – Banco Internacional | 32 |

| | |
|---|----|
| Figura 26. Enlace Nodo – Hotel Indio Inn..... | 33 |
| Figura 27. Enlace Nodo – Cooperativa Esencia Indígena | 34 |
| Figura 28. Enlace Nodo – Farmacias Sana Sana 1 | 35 |
| Figura 29. Enlace Nodo – Farmacias Sana Sana 2 | 36 |
| Figura 30. Enlace Nodo – Farmacias Sana Sana 3 | 37 |

CAPÍTULO II

| | |
|---|----|
| Figura 31: Fibra Óptica | 39 |
| Figura 32. Composición de la Fibra Óptica | 39 |
| Figura 33: Multiplexación por División de Longitudes de ondas WDM | 45 |
| Figura 34: Topologías WDM | 47 |
| Figura 35. Proceso WDM..... | 48 |
| Figura 36. Multiplexación y Demultiplexación | 48 |
| Figura 37. Relación Señal a Ruido..... | 49 |
| Figura 38. Acopladores de Fibra Óptica..... | 52 |
| Figura 39. Filtro Óptico | 52 |
| Figura 40. Multiplexores y Demultiplexores Ópticos..... | 53 |
| Figura 41: Tipos de Conectores..... | 55 |

CAPÍTULO III

| | |
|---|-----|
| Figura 42. Estadística de crecimiento de Usuarios | 60 |
| Figura 43. Ubicación de Usuarios | 61 |
| Figura 44. Recorrido de la Fibra Óptica de 24 Hilos..... | 62 |
| Figura 45. Distancia Total de la Fibra Óptica de 24 hilos. | 63 |
| Figura 46. Instalacion de Herrajes | 65 |
| Figura 47. Ubicación de las Mangas de Derivación | 67 |
| Figura 48. Distancia desde la Manga 1 al Cliente UTPL | 69 |
| Figura 49. Recorrido de la Fibra Óptica del Cliente UTPL..... | 74 |
| Figura 50: Topología Punto a Punto con Fibra Óptica..... | 83 |
| Figura 51: Diseño de Red WDM | 84 |
| Figura 52. Fibra Óptica PRYSMIAN..... | 94 |
| Figura 53. Conversor TP-LINK..... | 96 |
| Figura 54. Conversor TP-LINK..... | 97 |
| Figura 55. ODF FOAB | 99 |
| Figura 56. ODF FOACM | 99 |
| Figura 57. ODF FOACM | 100 |
| Figura 58: Herrajes | 101 |

CAPÍTULO IV

| | |
|--|-----|
| Figura 59. IPERF Modo Cliente | 103 |
| Figura 60. IPERF Modo Servidor | 103 |
| Figura 61. Software Qcheck..... | 104 |
| Figura 62. Enlace Nodo – Fertisa | 105 |
| Figura 63. Esquema de Red | 107 |
| Figura 64. Resultados Modo Servidor-Esclavo | 108 |
| Figura 65. Resultados Modo Esclavo- Servidor | 108 |
| Figura 66. Resultados Host 1..... | 109 |

| | |
|--|-----|
| Figura 67. Resultados Host Dos | 110 |
| Figura 68. Resultados Host 1..... | 111 |
| Figura 69. Resultados Host Dos | 112 |
| Figura 70. Esquema de Red | 113 |
| Figura 71. Resultados Modo Servidor-Esclavo | 114 |
| Figura 72. Resultados Modo Esclavo- Servidor | 114 |
| Figura 73. Resultados Host 1..... | 115 |
| Figura 74. Resultados Host Dos | 116 |
| Figura 75. Resultados Host 1..... | 117 |
| Figura 76. Resultados Host Dos | 118 |

CAPÍTULO V

| | |
|--|-----|
| Figura 77: Calculo del TIR en Excel..... | 135 |
|--|-----|

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Información de la Situación Geográfica de Otavalo..... | 5 |
| Tabla 2. Crecimiento Poblacional de Otavalo | 6 |
| Tabla 3. Proveedores de Servicios en Otavalo | 7 |
| Tabla 4. Datos de los Clientes de Otavalo | 8 |
| Tabla 5. Ubicación del Nodo Otavalo..... | 11 |
| Tabla 6. Información de la Inspección de Campo del Cliente UTPL..... | 17 |
| Tabla 7. Datos del Enlace Nodo Otavalo - UTPL | 17 |
| Tabla 8. Información de la Inspección de Campo del Cliente Universidad Otavalo | 18 |
| Tabla 9. Datos del Enlace Nodo Otavalo – Universidad de Otavalo..... | 18 |
| Tabla 10. Información de la Inspección de Campo del Cliente Fertisa | 19 |
| Tabla 11. Datos del Enlace Nodo Otavalo - Fertisa | 19 |
| Tabla 12. Información de la Inspección de Campo del Cliente Agripac..... | 20 |
| Tabla 13. Datos del Enlace Nodo Otavalo - Agripac | 20 |
| Tabla 14. Información de la Inspección de Campo del Cliente Almacenes Tía | 21 |
| Tabla 15. Datos del Enlace Nodo Otavalo – Almacenes Tía | 21 |
| Tabla 16. Información de la Inspección de Campo del Cliente Almacenes La Ganga | 22 |
| Tabla 17. Datos del Enlace Nodo Otavalo – Almacenes La Ganga..... | 22 |
| Tabla 18. Información de la Inspección de Campo del Cliente Banco del Pacifico..... | 23 |
| Tabla 19. Datos del Enlace Nodo Otavalo – Banco del Pacifico | 23 |
| Tabla 20. Información de la Inspección de Campo del Cliente Coop. Imbaburapak..... | 24 |
| Tabla 21. Datos del Enlace Nodo Otavalo – Cooperativa Imbaburapak..... | 24 |
| Tabla 22. Información de la Inspección de Campo del Cliente Corp. Santander..... | 25 |
| Tabla 23. Datos del Enlace Nodo Otavalo – Corporación Santander | 25 |
| Tabla 24. Información de la Inspección de Campo del Cliente Banco del Pichincha..... | 26 |

| | |
|--|----|
| Tabla 25. Datos del Enlace Nodo Otavalo – Banco Del Pichincha Ag1..... | 26 |
| Tabla 26. Información de la Inspección de Campo del Cliente Banco del Pichincha..... | 27 |
| Tabla 27. Datos del Enlace Nodo Otavalo – Banco del Pichincha Ag2 | 27 |
| Tabla 28. Información de la Inspección de Campo del Cliente Artefacta..... | 28 |
| Tabla 29. Datos del Enlace Nodo Otavalo – Artefacta | 28 |
| Tabla 30. Información de la Inspección de Campo del Cliente ISP José Arévalo..... | 29 |
| Tabla 31. Datos del Enlace Nodo Otavalo – ISP José Arévalo | 29 |
| Tabla 32. Información de la Inspección de Campo del Cliente Banco del Austro Ag1 | 30 |
| Tabla 33. Datos del Enlace Nodo Otavalo – Banco del Austro Ag1 | 30 |
| Tabla 34. Información de la Inspección de Campo del Cliente Banco del Austro Ag2..... | 31 |
| Tabla 35. Datos del Enlace Nodo Otavalo – Banco del Austro Ag2 | 31 |
| Tabla 36. Información de la Inspección de Campo del Cliente Banco Internacional..... | 32 |
| Tabla 37. Datos del Enlace Nodo Otavalo – Banco Internacional | 32 |
| Tabla 38. Información de la Inspección de Campo del Cliente Hotel Indio Inn | 33 |
| Tabla 39. Datos del Enlace Nodo Otavalo – Hotel Indio Inn..... | 33 |
| Tabla 40. Información de la Inspección de Campo del Cliente Coop. Esencia Indígena .. | 34 |
| Tabla 41. Datos del Enlace Nodo Otavalo – Cooperativa Esencia Indígena | 34 |
| Tabla 42. Información de la Inspección de Campo del Cliente Farmacia Sana Sana 1.... | 35 |
| Tabla 43. Datos del Enlace Nodo Otavalo – Farmacias Sana Sana 1..... | 35 |
| Tabla 44. Información de la Inspección de Campo del Cliente Farmacia Sana Sana 2.... | 36 |
| Tabla 45. Datos del Enlace Nodo Otavalo – Farmacias Sana Sana 2..... | 36 |
| Tabla 46. Información de la Inspección de Campo del Cliente Farmacia Sana Sana 3.... | 37 |
| Tabla 47. Datos del Enlace Nodo Otavalo – Farmacias Sana Sana 3..... | 37 |

CAPÍTULO II

| | |
|--|----|
| Tabla 48: Evolución de la Tecnología WDM | 50 |
|--|----|

CAPÍTULO III

| | |
|--|----|
| Tabla 49. Requerimientos para el Diseño de la Red con Fibra Óptica | 59 |
| Tabla 50. Distancia total de la Fibra Óptica de 24 hilos del Cliente UTPL..... | 66 |
| Tabla 51: Ubicación y usuarios de las Mangas de Derivación..... | 68 |
| Tabla 52: Distancia del Nodo a las Mangas de Derivación..... | 68 |
| Tabla 53. Distancia total de la Fibra Óptica de 2 hilos del Cliente UTPL..... | 71 |
| Tabla 54: Distancia entre las Mangas y los clientes..... | 72 |
| Tabla 55: Distancia Total del Recorrido de Fibra Óptica. | 73 |
| Tabla 56: Proyección del Tráfico..... | 76 |
| Tabla 57: Atenuación Total | 78 |
| Tabla 58: Distancia Máxima..... | 80 |
| Tabla 59: Comparación Distancia Real y Distancia Calculada. | 81 |
| Tabla 60: Dimensionamiento de la red en MBPS..... | 82 |
| Tabla 61. Características Conversor TP-LINK | 95 |
| Tabla 62. Características Conversor TP-LINK | 97 |

CAPÍTULO IV

| | |
|---|-----|
| Tabla 63. Información de la Inspección de Campo del Cliente Fertisa | 105 |
| Tabla 64. Datos del Enlace Nodo Otavalo - Fertisa | 106 |
| Tabla 65: Distancia y numero de postes. | 106 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 66: Equipos de Prueba..... | 106 |
| Tabla 67. Direccionamiento IP | 107 |
| Tabla 68. Equipos de Prueba..... | 113 |
| Tabla 69. Direccionamiento IP | 113 |
| Tabla 70. Resultados de la Pruebas | 119 |

CAPÍTULO V

| | |
|--|-----|
| Tabla 71: Costo de Equipos Para el Nodo | 121 |
| Tabla 72: Costo de Equipos para un Cliente | 122 |
| Tabla 73: Costos Total de los Equipos..... | 122 |
| Tabla 74: Costo de Infraestructura..... | 123 |
| Tabla 75: Costo de Mano de Obra y Movilización | 124 |
| Tabla 76: Costos Imprevistos..... | 124 |
| Tabla 77: Costos totales estimados para la Implementación..... | 125 |
| Tabla 78: Costos Operación y Mantenimiento..... | 125 |
| Tabla 79: Ingreso por arriendo | 126 |
| Tabla 80: Ingreso por valores de arrendamiento de la Red..... | 127 |
| Tabla 81: Costo Total Estimados para la Implementación de un cliente | 127 |
| Tabla 82: Egreso por Implementación de la Red | 128 |
| Tabla 83: Costos o Gastos de Depreciación anual de Activos Fijos..... | 128 |
| Tabla 84: Datos del Crédito Bancario | 129 |
| Tabla 85: Datos del Crédito Bancario | 129 |
| Tabla 86: Estado de Pérdidas y Ganancias | 131 |
| Tabla 87: Flujo de Efectivo | 132 |
| Tabla 88: Egresos..... | 133 |
| Tabla 89: Flujo de Caja..... | 133 |
| Tabla 90: Valores del Proyecto | 138 |

RESUMEN

El presente proyecto propone el diseño de una red de acceso con fibra óptica, utilizando la Tecnología WDM (Multiplexación por división de longitudes de onda), para migrar las Últimas Millas Inalámbricas de la Empresa EQUYSUM, las cuales prestan servicios a los clientes de la Empresa CONECEL y que están distribuidos en la ciudad Otavalo. Como primera fase se hace un análisis de la situación actual de la red y el desarrollo que han sufrido en los últimos años, recabando la información necesaria que se utiliza en el diseño de la red. Se efectúa un estudio de las redes ópticas, en especial las que utilizan la tecnología WDM, analizando sus configuraciones y sus características para la aplicación en las redes de acceso. En el diseño de la red de acceso óptica, se establece la capacidad necesaria para la red mediante un análisis de tráfico, los equipos a utilizarse se escogen considerando las características adecuadas al caso de la aplicación, se termina haciendo un análisis de los costos para la implantación del sistema.

ABSTRACT

The present project proposes the design of a network of access with optical fiber, using the Technology WDM (Multiplexación division wavelengths), to migrate the Last Wireless Miles of the Company EQUYSUM, which give services to the clients of the Company CONECEL and which are distributed in the city Otavalo. As a first step we analyze the current situation and development network that has suffered in recent years, gathering the necessary information that is used in the network design. It makes a study of optical networks; especially those that use WDM technology are analyzing their configurations and their characteristics for use in access networks. In the design of the optical access network, establishing the necessary capacity for the network through an analysis of traffic, the teams are chosen to be used considering the characteristics appropriate to the case of the application, he ends up doing an analysis of the costs for the implementation of the system.

PRESENTACIÓN

El desarrollo de las telecomunicaciones en el Ecuador, ha tenido un notable crecimiento en los últimos años, la aparición de nuevas tecnologías y la introducción de la libre competencia, ha hecho que las operadoras de telecomunicaciones del país empiecen a tener mayor competencia, debido a esto ha surgido una mejora en la calidad de los servicios ofrecidos y la reducción de los costos para el usuario final. Sin embargo, esto demanda que las empresas se preparen para enfrentar estos cambios, por lo que es necesario que se analicen las nuevas vías para la migración hacia redes que ofrezcan altas prestaciones y que reemplacen a las actuales.

El presente estudio ofrece una alternativa viable de ser aplicada en la ciudad Otavalo, para el establecimiento óptimo de una red de acceso con fibra óptica, utilizando la tecnología WDM. La aplicación de WDM en la red de acceso se justifica por el excelente aprovechamiento que esta tecnología realiza a la capacidad de transmisión de la fibra óptica, la flexibilidad que presenta en cuanto a los protocolos utilizados, la posibilidad de incluir una gran variedad de servicios en el sistema y por el costo bajo que tiene su implantación.

Tomando en consideración que Otavalo cuenta con una red de acceso inalámbrica totalmente operativa, este trabajo va orientado a encontrar una forma de migrar totalmente los recursos instalados, diseñar un sistema que pueda ofrecer ventajas respecto de otras tecnologías de acceso y que garantice un óptimo funcionamiento, factibilidad de crecimiento sin grandes cambios estructurales y flexibilidad en la introducción de nuevos estándares y aplicaciones multimedia.

1. CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA ACTUAL DE TRANSMISIÓN

Para dar cumplimiento al objetivo propuesto en la elaboración de este proyecto, se requiere de un análisis previo de la situación actual en la que se encuentra la Red de Acceso que tiene CONECEL S.A.¹ en la ciudad Otavalo; para esto, se ha acudido a la información proporcionada a este respecto por la empresa EQUYSUM S.A.² operadora actual de esta red en esta ciudad.

En este capítulo se presenta el análisis del modo de acceso con el cual la empresa CONECEL ofrece los servicios de transmisión de datos al usuario final, este estudio se lo realiza para todos los clientes existentes en la ciudad Otavalo.

1.1. INTRODUCCIÓN

Con el transcurso del tiempo nuestro país y por ende la ciudad Otavalo ha experimentado un incremento de la población y con ello un aumento de las empresas dedicadas a actividades comerciales, las cuales deben estar acordes al desarrollo de la tecnología, debido a esto surge la necesidad de desarrollar una nueva red de datos, que satisfaga los requerimientos de estos usuarios y que soporte las nuevas tecnologías de comunicación.

La implementación de una nueva Red de Acceso, utilizando como medio de transmisión la Fibra Óptica basada en la tecnología WDM³ a los clientes de la empresa CONECEL en la ciudad Otavalo, es un proyecto que pretende satisfacer las necesidades actuales y futuras del mercado actual, aprovechando las prestaciones que ofrecen este tipo de redes.

¹ Consorcio de Telecomunicaciones, ofrece servicios en el País con el nombre comercial CLARO.

² Empresa privada de Telecomunicaciones, Trabaja como outsourcing de Conecel.

³ Wavelength división multiplexing, Multiplexación por división de longitud de onda, tecnología que permite transmitir varias señales sobre una sola fibra óptica.

1.1.1. DATOS DE LA CIUDAD OTAVALO

La ciudad Otavalo es la cabecera cantonal del cantón Otavalo, está ubicada al Norte del Ecuador en la provincia de Imbabura, a 110 Km de la capital del país Quito.

En la Figura 1 se muestra el mapa del cantón Otavalo.

Figura 1. Mapa del cantón Otavalo
Fuente: <http://www.bing.com/maps/>



En la Tabla 1 se encuentran los valores recabados más importantes de la situación geográfica de la Ciudad Otavalo.

Tabla 1. Información de la Situación Geográfica de Otavalo
Fuente: Propia

| Información General | |
|----------------------------|---|
| Ubicación: | Provincia Imbabura, Cantón Otavalo |
| Coordenadas de ubicación: | Latitud: 00 ⁰ 13' 31.50" Norte Longitud: 78 ⁰ 15' 45.18" Oeste |
| Infraestructura: | Construcciones de bloque y ladrillo. |
| Superficie Territorial: | 82.10 Km ² |
| Vegetación: | Vegetación escasa, casi nula, parte urbana. |
| Clima: | Temperatura promedio es de 15 °C |

Según datos otorgados por la página Web del Gobierno Municipal de Otavalo, la población de la urbe otavaleña es de aproximadamente 44.536 habitantes, entre indígenas, mestizos y en un mínimo porcentaje afro ecuatorianos.

La mayoría de la población otavaleña conservan su identidad étnica, muchos todavía hablan quichua que es su lengua nativa, llevan su vestimenta tradicional y un alto porcentaje de los habitantes se dedican a las artesanías tradicionales, lo que es la atracción de los turistas.

El cantón es conocido a nivel nacional e internacional debido a sus artesanías, su principal actividad económica es el turismo, a diario personas de todos lados visitan esta ciudad.

1.1.2. CRECIMIENTO POBLACIONAL

En el Cantón Otavalo, debido a variables socioeconómicas y políticas se ha venido dando un crecimiento poblacional. De los datos proporcionados por el Instituto nacional de Estadísticas y Censos ÍNEC, se tienen los siguientes valores que se muestran en la Tabla 2:

Tabla 2. Crecimiento Poblacional de Otavalo
Fuente: <http://www.inec.gob.ec>

| Años | Población Imbabura | Población Otavalo |
|------|--------------------|-------------------|
| 2001 | 344.044 | 90.188 |
| 2002 | 351.166 | 92.041 |
| 2003 | 358.435 | 93.946 |
| 2004 | 365.854 | 95.890 |
| 2005 | 373.428 | 97.875 |
| 2006 | 381.158 | 99.901 |
| 2007 | 389.048 | 101.969 |
| 2008 | 397.101 | 104.080 |
| 2009 | 405.321 | 106.235 |
| 2010 | 413.711 | 108.434 |
| 2011 | 422.275 | 110.678 |
| 2012 | 431.016 | 112.969 |
| 2013 | 437.524 | 114.675 |
| 2014 | 444.131 | 116.407 |
| 2015 | 450.135 | 117.981 |

Como muestra la Tabla 2 debido al crecimiento poblacional las necesidades en lo que se refiere a servicios de telecomunicaciones aumentan y esto implica a su vez proyectar el crecimiento en la infraestructura de comunicación.

1.1.3. PROVEEDORES DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES EN OTAVALO

El campo de las Telecomunicaciones en todo el país se ha desarrollado de manera considerable, de igual modo en la ciudad Otavalo, en la Tabla 3 se muestra los datos de los principales proveedores de servicios de telecomunicaciones en esta ciudad.

Tabla 3. Proveedores de Servicios en Otavalo

Fuente: Reportes remitidos por Súper Intendencia de Telecomunicaciones - Datos al 31 de diciembre de 2012

| SERVICIOS | PROVEEDOR |
|--------------------------|---|
| Telefonía Fija: | Corporación Nacional de Telecomunicaciones |
| Telefonía Móvil Celular: | Concel S.A., Otecel S.A. y Telecsa. |
| Servicios Portadores: | Concel S.A., Otecel S.A., Corporación Nacional de Telecomunicaciones, Punto Net, Saitel S.A., Telconet S.A. |

1.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED

La Empresa Equipos y Suministros Cía. Ltda. "EQUYSUM" es una entidad privada dedicada al Campo de las Telecomunicaciones y ofrece servicios de: Transmisión de Datos (mediante redes Inalámbricas, Cobre y Fibra Óptica), Instalación de Cableado Estructurado y Soluciones Informáticas, esta empresa es la encargada de instalar las Últimas Millas a todos los clientes de CONECEL.

EQUYSUM al ser Outsourcing de la Empresa CONECEL "Opera y trabaja bajo la licencia y autorización de Portadora que tiene la empresa CONECEL", por lo descrito, para que esta empresa pueda instalar Últimas Millas Cableadas o Inalámbricas, debe pedir autorización y aprobación a CONECEL.

Para realizar el estudio de la actual red que EQUYSUM tiene implementada para los clientes de CONECEL en la ciudad Otavalo, se acudió al departamento técnico, donde se facilitó toda la información necesaria para efectuar este estudio.

El modo de acceso que tiene CONECEL es mediante una Red de Acceso Inalámbrica, a continuación se numera los clientes de la ciudad Otavalo.

Tabla 4. Datos de los Clientes de Otavalo

Fuente: Reportes remitidos por EQUYSUM, Datos al 31 de diciembre de 2012

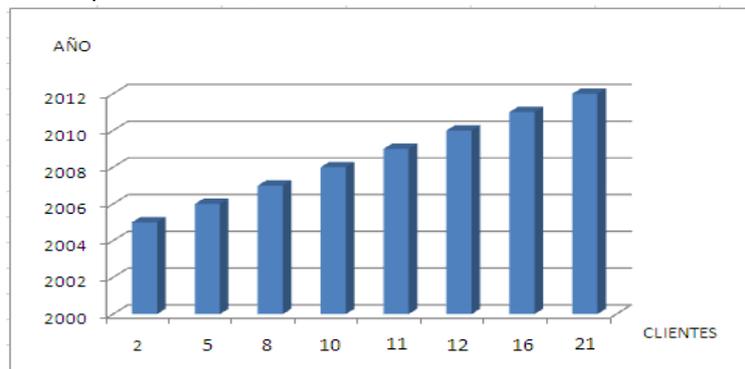
| LISTA DE CLIENTES | | | | |
|--------------------------|-------------------------------|--|-----------------|------------------|
| NÚM. | CLIENTE | DIRECCIÓN | SERVICIO | VELOCIDAD |
| 1 | UTPL | Juan Aguilar y Los Corazas | Internet | 1024 [Kbps] |
| 2 | Universidad Otavalo | Av. Sarances y Pendoneros | Internet | 4096 [Kbps] |
| 3 | Fertisa | Av. Quito y 31 de Octubre | Datos | 1024 [Kbps] |
| 4 | Agripac | Av. Quito y 31 de Octubre | Datos | 1024 [Kbps] |
| 5 | Almacén Tía | Antonio José de Sucre entre Abdón Calderón y Juan Montalvo | Datos | 2048 [Kbps] |
| 6 | Almacén la Ganga | Simón Bolívar y Juan Montalvo | Datos | 1024 [Kbps] |
| 7 | Banco del Pacifico | Simón Bolívar y García Moreno | Datos | 4096 [Kbps] |
| 8 | Coop. Imbaburapak | Cristóbal Colon y José de Sucre | Datos | 4096 [Kbps] |
| 9 | Corp. Santander | Roca y Juan Montalvo | Datos | 2048 [Kbps] |
| 10 | Banco del Pichincha Agencia 1 | Simón Bolívar y García Moreno | Datos | 2048 [Kbps] |
| 11 | Banco del Pichincha Agencia 2 | Antonio José de Sucre entre Quiroga y Quito | Datos | 2048 [Kbps] |
| 12 | Artefacta | José de Sucre y Cristóbal Colon | Datos | 1024 [Kbps] |
| 13 | ISP José Arévalo | Rey Loma, Sector el Colibrí | Internet | 10240 [Kbps] |
| 14 | Banco del Austro 1 | Simón Bolívar y Piedrahita | Datos | 2048 [Kbps] |
| 15 | Hotel Indio Inn | Simón Bolívar y Abdón Calderón | Internet | 1024 [Kbps] |
| 16 | Banco del Austro 2 | Quiroga y Antonio José de Sucre | Datos | 2048 [Kbps] |
| 17 | Banco Internacional | Antonio José de Sucre y Panamericana Norte | Datos | 2048 [Kbps] |
| 18 | Cooperativa Esencia Indígena | Antonio José de Sucre y Cristóbal Colon | Internet | 2048 [Kbps] |
| 19 | Farmacias Sana Sana 1 | Antonio José de Sucre y Piedrahita | Datos | 1024 [Kbps] |
| 20 | Farmacias Sana Sana 2 | Simón Bolívar y García Moreno | Datos | 1024 [Kbps] |
| 21 | Farmacias Sana Sana 3 | Atahualpa y Abdón Calderón | Datos | 1024 [Kbps] |

1.2.1. CRECIMIENTO DE LOS CLIENTES DE CONECEL EN LA CIUDAD OTAVALO

El incremento de la población en Otavalo involucra también un aumento en las necesidades de comunicación, la empresa CONECEL ha ingresado al mercado de las Telecomunicaciones atrayendo nuevos clientes. Podemos observar en la Figura 2, las estadísticas del crecimiento de los clientes de CONECEL en los últimos doce años.

Figura 2. Incremento de los Clientes en Otavalo

Fuente: Reportes remitidos por CONECEL, Datos al 31 de diciembre de 2012



1.3. DESCRIPCIÓN DE LA RED

La red de CONECEL que ofrece sus servicios de Transmisión de Datos está dividida en capas, en la Figura 3 muestra la distribución de las capas.

Figura 3. Capas de la Red

Fuente: Propia



- a. Capa de Acceso. Es la encargada de dar servicio a los usuarios finales de la red, esta capa es el modo de acceso con la que CONECEL llega al usuario y es un enlace Inalámbrico, se encuentran dispositivos como son las antenas, esta capa trabaja bajo el estándar IEEE 802.11b/g⁴.

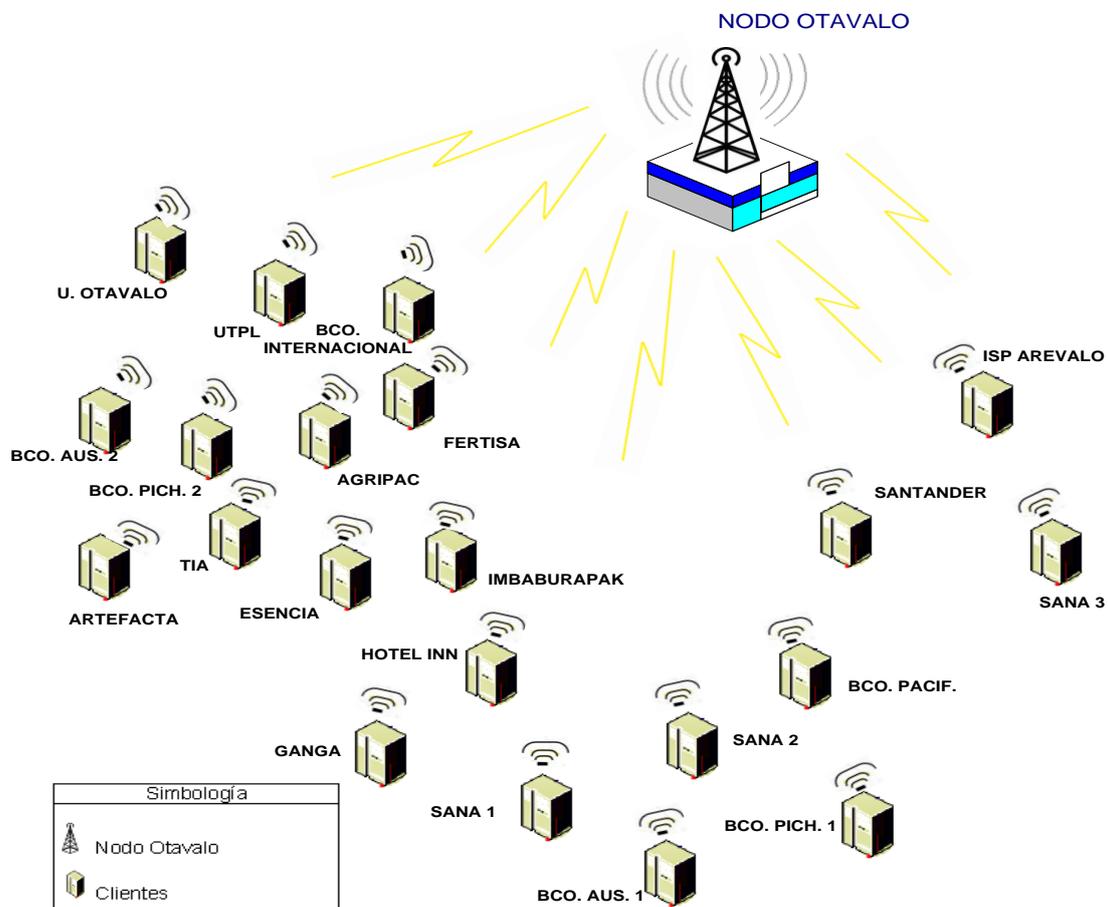
⁴ Estándar internacional que define las características de una red de área local inalámbrica.

- b. Capa de Distribución. Esta capa es la encargada de realizar la segmentación de servicios y la conectividad entre la Red de CONECEL y los Usuarios finales, el dispositivo que se encarga de esto es el Switch IP.
- c. Capa de Interconexión Interurbana. Se encuentran los dispositivos encargados de transportar la información recolectada desde los sitios remotos hasta la central de datos de CONECEL, esta capa tiene dispositivos como Microondas, Tellabs, Alus, etc.

1.3.1. DESCRIPCIÓN DE LA CAPA DE ACCESO (ÚLTIMAS MILLAS)

EQUYSUM es la empresa encargada de instalar y monitorear esta capa o red de acceso, la cual es Inalámbrica y tiene las características que se muestra en la Figura 4.

Figura 4. Esquema de la Red de Acceso
Fuente: Propia



Las Últimas Millas Inalámbricas tienen las siguientes prestaciones: ancho de banda y velocidad limitadas, menor seguridad, interferencias, poca fiabilidad y tiene el problema que el Nodo Otavalo está saturado, impidiendo la Instalación de nuevos enlaces, lo que es una gran dificultad para incrementar el número de clientes en esta ciudad.

1.3.1.1. Descripción del Nodo de Acceso

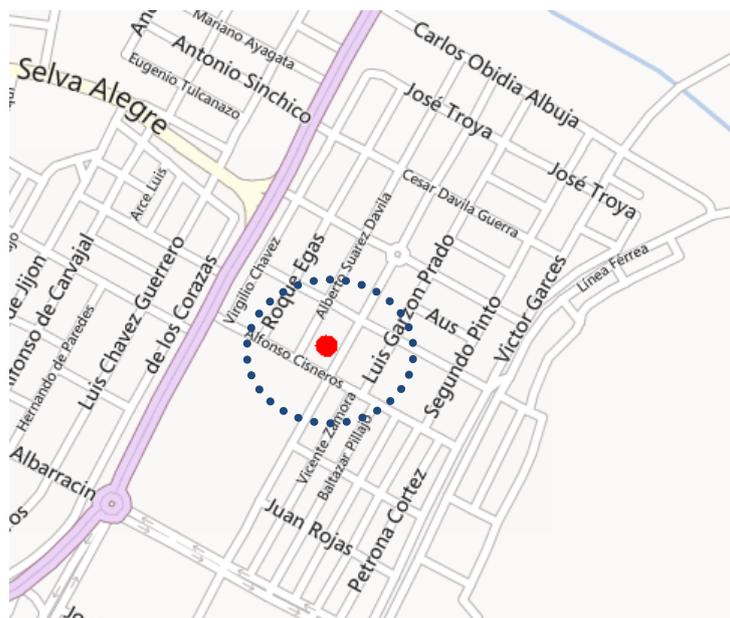
El Nodo de Acceso para las Últimas Millas en la ciudad Otavalo ofrece Telefonía Móvil Celular y Servicios Portadores, en la Tabla 5 se encuentran los datos de la ubicación del Nodo.

Tabla 5. Ubicación del Nodo Otavalo
Fuente: Propia

| Ubicación del Nodo | |
|--------------------|---|
| Ciudad: | Otavalo |
| Dirección: | Urbanización Rumiñahui, Av. Alfonso Cisneros y Roque Egas. |
| Coordenadas: | Latitud: 00 ^o 13' 31.50" Norte Longitud: 78 ^o 15' 45.18" Oeste |

En la Figura 5 se observa la ubicación del Nodo Otavalo.

Figura 5. Ubicación del Nodo Otavalo
Fuente: <http://www.bing.com/maps/>



a. *TORRE DE TELECOMUNICACIONES.*

En la Torre se instalan los equipos que sirven para la transmisión de señales de telefonía móvil y transmisión de datos. Los equipos que soporta esta torre son las antenas y equipos de telecomunicaciones.

Su estructura es metálica, la altura de es de 40 metros, da cobertura a toda la parte urbana de Otavalo y sirve de interconexión con nodos de otras ciudades.

Figura 6. Torre del Nodo
Fuente: Propia



a. *DESCRIPCIÓN DE LA ÚLTIMA MILLA.*

Para dar el servicio a un cliente se realiza la Instalación de una pareja de antenas (Una ubicada en la Torre del Nodo y la otra en un Mástil en el Cliente), entre los dos puntos debe existir línea de vista, en el Nodo la antena se la instala en la Torre, a la altura que corresponda según las características del enlace, las conexiones se las realiza con cable FTP (cable par trenzado con pantalla o protección), la antena se la conecta a un puerto del SWITCH el cual ya se encuentra configurado con los parámetros solicitados por el cliente.

El esquema de conexión que se instala para un cliente en el Nodo Otavalo se muestra en la Figura 7.

Figura 7. Esquema de Conexión en el Nodo
Fuente: Propia



b. EQUIPOS DEL NODO.

Antena. Dispositivo utilizado en la tecnología inalámbrica, se encarga de transmitir y/o recetar la información por medio de radiofrecuencia utilizando como medio de transmisión el aire en forma de ondas de radio. Las antenas más utilizadas son: Nano Station Ubiquiti, MTI, Motorola Canopy, PowerStation, etc.

Cable FTP. Sirve para interconectar los dispositivos electrónicos como son el Switch y la Antena, consiste de cuatro pares de cobre, permiten el transporte de todo tipo de datos, su limitación es que pueden ser utilizados a una distancia máxima de 100 metros.

Protección de Tránsitos. Da protección al Switch de posibles sobrecargas eléctricas que pueden dañar al equipo, impiden el paso de picos eléctricos, estos son importantes debido a que el Switch es un equipo electrónico muy sensible.

Switch IP. Dispositivo digital lógico de interconexión entre la capa de acceso y la capa de distribución, se encarga de segmentar la red, permite controlar a los usuarios finales, en este equipo se configura los parámetros y servicios que se ofrece a los clientes. El Switch instalado es un Cisco Catalyst 2950 de 24 puertos, la configuración y monitoreo de este equipo está a cargo del personal técnico de la empresa CONECEL.

1.3.1.2. Descripción del Cliente

Todos los clientes de la ciudad Otavalo de la Empresa CONECEL son Corporativos, lo que significa que tienen un servicio de conectividad dedicada, con velocidades diferenciadas.

Estos clientes corporativos obtienen un acceso dedicado y permanente las 24 horas del día, los 365 días del año. La velocidad de conexión depende de la capacidad que el cliente contrate; CONECEL ofrece el servicio desde 512 Kbps.

El servicio que se ofrece a este tipo de clientes debe ser seguro y fiable, debido a que la mayoría son empresas dedicadas a diversas actividades económicas, el monitoreo de la red de acceso es constante y el soporte es inmediato.

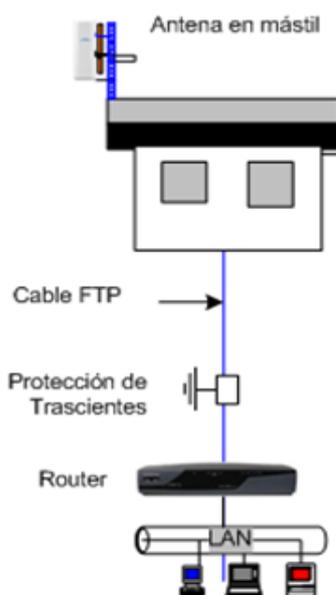
a. DESCRIPCIÓN DEL ENLACE.

En los Clientes la antena está instalada sobre un mástil a una altura según las características del enlace, se conecta con cable FTP, la antena va conectada a un router doble LAN⁵ (dos puertos Ethernet) y del router se conecta a algún puerto de la red LAN del cliente.

⁵Red de área local. Una LAN es una red de computadores conectadas en un área relativamente pequeña.

Antes de hacer la instalación de la Última Milla, se realiza una Inspección de Campo, con lo cual se obtiene los datos más importantes que sirven para la implementación del enlace. La Última Milla que se instala en los clientes tiene características similares a la representación que se muestra en la Figura 8.

Figura 8. Esquema de Conexión en el Cliente
Fuente: Propia



b. EQUIPOS DEL CLIENTE.

Antena. Dispositivo utilizado en la tecnología inalámbrica, se encarga de transmitir y/o recetar la información por medio de radiofrecuencia utilizando como medio de transmisión el aire en forma de ondas de radio. Las antenas más utilizadas son: Nano Station Ubiquiti, MTI, Motorola Canopy, PowerStation, etc.

Mástil. Es el soporte donde se instala la antena, la altura del mástil depende de las características del enlace, el mástil generalmente es metálico y se lo ubica en un lugar donde se pueda tener línea de vista con la antena que está instalada en el Nodo.

Cable FTP. Sirve para interconectar los dispositivos electrónicos como son el Switch y la Antena, consiste de cuatro pares de cobre, permiten el transporte de todo tipo de datos, su limitación es que pueden ser utilizados a una distancia máxima de 100 metros.

Protección de Tránsitos. Da protección al Switch de posibles sobrecargas eléctricas que pueden dañar al equipo, impiden el paso de picos eléctricos, estos son importantes debido a que el Switch es un equipo electrónico muy sensible.

Router. Dispositivo que se lo utiliza para el enrutamiento del tráfico sobre la red, se configura la parte de la Red WAN⁶ y LAN, además del Ancho de Banda y la dirección IP⁷ la cual sirve para monitorear el enlace de manera remota, el equipo utilizado en la mayoría de los clientes de CONECEL es el Router Cisco 1711. La configuración de los parámetros y mantenimiento de este equipo está a cargo del personal técnico de la empresa EQUYSUM.

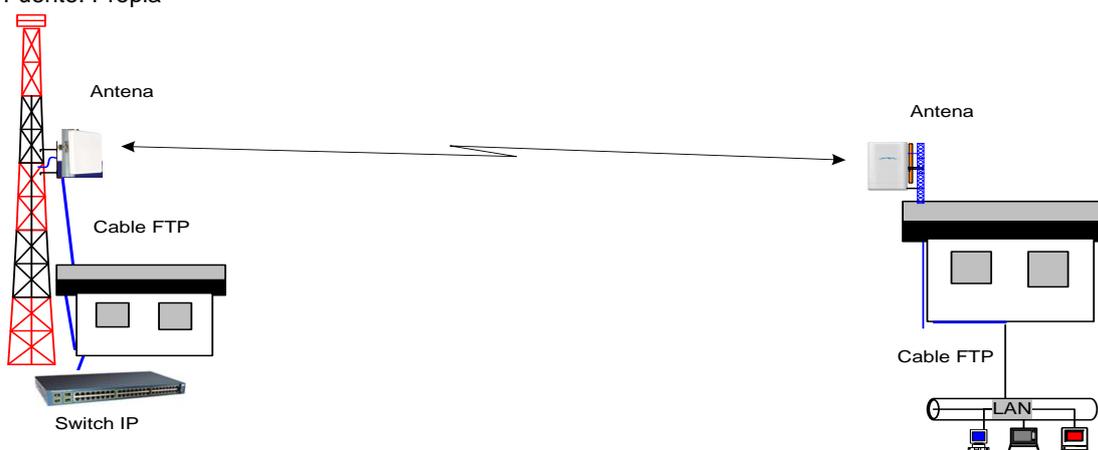
1.3.2. TOPOLOGÍA DE RED DE LA CAPA DE ACCESO (ÚLTIMAS MILLAS)

La Topología que se utiliza es la Punto a Punto, debe existir Línea de Vista entre los dos puntos, en donde la antena del Nodo está configurada como Acces Point (Punto de Acceso) y la antena del cliente está configurada como Estación. Según los equipos que se instale la distancia tienen los enlaces es de aproximadamente 20 kilómetros. La frecuencia de trabajo es de los 5 GHz.

La Figura 9 muestra el esquema de Topología que se utiliza en los enlaces que se instalan en la ciudad Otavalo.

Figura 9. Topología Punto a Punto

Fuente: Propia



⁶ Red de Área Extensa. WAN es una red de computadoras en un área extensa.

⁷ Número que identifica a cada dispositivo dentro de una red que utiliza el Protocolo de Internet.

1.3.3. DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE UTPL

En Tabla 6 se encuentran los valores de la inspección de campo realizadas en el cliente UTPL.

Tabla 6. Información de la Inspección de Campo del Cliente UTPL

Fuente: Propia

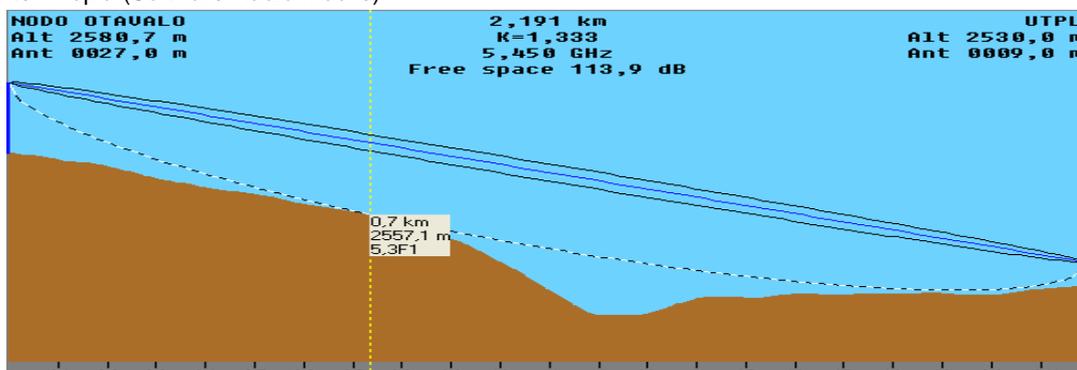
| Información General | |
|---------------------------|---|
| Dirección: | Juan Aguilar y Los Corazas |
| Coordenadas: | Latitud: 00° 14' 17.78" Norte Longitud: 78° 15' 23.75" Oeste |
| Altura: | 2530 MSNM |
| Tipo de Servicio: | Internet |
| Velocidad de Transmisión: | 1024 [Kbps] |
| Radios: | Motorola Canopy PTP 100 |
| Router: | Cisco 1711 |

Haciendo uso del Programa Radio Mobile se realiza el estudio del enlace inalámbrico.

a. Análisis del Enlace

Figura 10. Enlace Nodo - UTPL

Fuente: Propia (Software Radio Mobile)



Los datos más relevantes de este enlace se muestran en la siguiente Tabla.

Tabla 7. Datos del Enlace Nodo Otavalo - UTPL

Fuente: Propia

| Datos | |
|--------------------------------|-------------|
| Trayecto: | Nodo - UTPL |
| Distancia (Km): | 2,19 |
| Frecuencia (GHz): | 5,1 |
| Potencia de Transmisión (dBm): | 19 |
| Nivel de Recepción (dBm): | - 53,3 |

1.3.4. DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE UNIVERSIDAD OTAVALO

En Tabla 8 se encuentran los valores de la inspección de campo realizadas en el cliente Universidad Otavalo.

Tabla 8. Información de la Inspección de Campo del Cliente Universidad Otavalo

Fuente: Propia

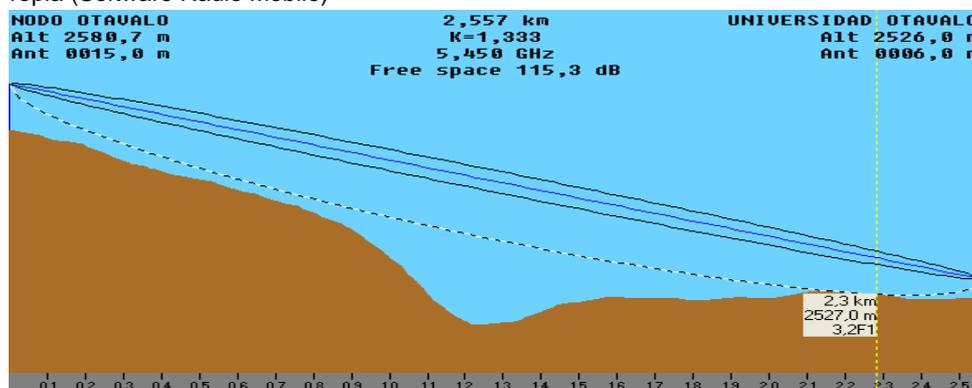
| Información General | |
|---------------------------|---|
| Dirección: | Av. Sarances y Pendoneros |
| Coordenadas: | Latitud: 00 ⁰ 14' 10.04" Norte Longitud: 78 ⁰ 15' 33.41" Oeste |
| Altura: | 2525 MSNM |
| Tipo de Servicio: | Internet |
| Velocidad de Transmisión: | 4096 [Kbps] |
| Radios: | Motorola Canopy PTP 100 |
| Router: | Cisco 1711 |

Haciendo uso del Programa Radio Mobile se realiza el estudio del enlace inalámbrico.

a. Análisis del Enlace

Figura 11. Enlace Nodo – Universidad de Otavalo

Fuente: Propia (Software Radio Mobile)



Los datos más relevantes de este enlace se muestran en la siguiente Tabla.

Tabla 9. Datos del Enlace Nodo Otavalo – Universidad de Otavalo

Fuente: Propia

| Datos | |
|--------------------------------|-------------------------------|
| Trayecto: | Nodo - Universidad de Otavalo |
| Distancia (Km): | 2,54 |
| Frecuencia (GHz): | 5,7 |
| Potencia de Transmisión (dBm): | 19 |
| Nivel de Recepción (dBm): | - 53,5 |

1.3.5. DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE FERTISA

En Tabla 10 se encuentran los valores de la inspección de campo realizadas en el cliente Fertisa.

Tabla 10. Información de la Inspección de Campo del Cliente Fertisa

Fuente: Propia

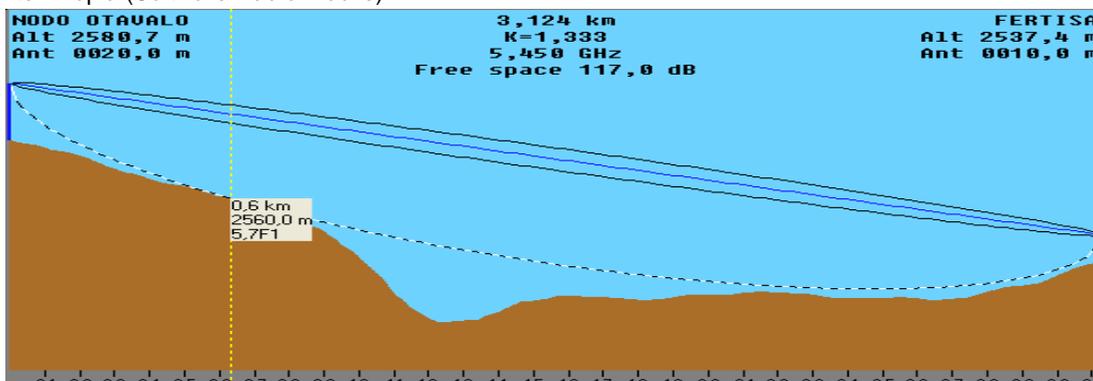
| Información General | |
|---------------------------|---|
| Dirección: | Av. Quito y 31 de Octubre |
| Coordenadas: | Latitud: 00 ⁰ 13' 55.86" Norte Longitud: 78 ⁰ 15' 45.09" Oeste |
| Altura: | 2537 MSNM |
| Tipo de Servicio: | Datos |
| Velocidad de Transmisión: | 1024 [Kbps] |
| Radios: | Nano Station 5 |
| Router: | Cisco 1711 |

Haciendo uso del Programa Radio Mobile se realiza el estudio del enlace inalámbrico.

a. Análisis del Enlace

Figura 12. Enlace Nodo – Fertisa

Fuente: Propia (Software Radio Mobile)



Los datos más relevantes de este enlace se muestran en la siguiente Tabla.

Tabla 11. Datos del Enlace Nodo Otavalo - Fertisa

Fuente: Propia

| Datos | |
|--------------------------------|----------------|
| Trayecto: | Nodo - Fertisa |
| Distancia (Km): | 3,12 |
| Frecuencia (GHz): | 5,8 |
| Potencia de Transmisión (dBm): | 22 |
| Nivel de Recepción (dBm): | - 68,3 |

1.3.6. DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE AGRIPAC

En Tabla 12 se encuentran los valores de la inspección de campo realizadas en el cliente Agripac.

Tabla 12. Información de la Inspección de Campo del Cliente Agripac

Fuente: Propia

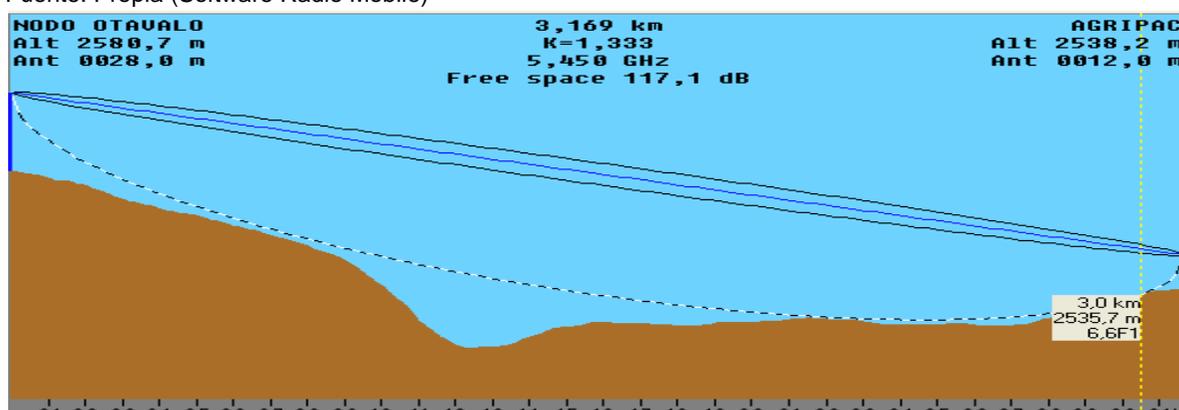
| Información General | |
|---------------------------|---|
| Dirección: | Av. Quito y 31 de Octubre |
| Coordenadas: | Latitud: 00° 13' 54.57" Norte Longitud: 78° 15' 45.76" Oeste |
| Altura: | 2538 MSNM |
| Tipo de Servicio: | Datos |
| Velocidad de Transmisión: | 1024 [Kbps] |
| Radios: | Nano Station 5 |
| Router: | Cisco 1711 |

Haciendo uso del Programa Radio Mobile se realiza el estudio del enlace inalámbrico.

a. Análisis del Enlace

Figura 13. Enlace Nodo – Agripac

Fuente: Propia (Software Radio Mobile)



Los datos más relevantes de este enlace se muestran en la siguiente Tabla.

Tabla 13. Datos del Enlace Nodo Otavalo - Agripac

Fuente: Propia

| Datos | |
|--------------------------------|----------------|
| Trayecto: | Nodo - Agripac |
| Distancia (Km): | 3,16 |
| Frecuencia (GHz): | 5,8 |
| Potencia de Transmisión (dBm): | 22 |
| Nivel de Recepción (dBm): | - 68,4 |

1.3.7. DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE ALMACENES TÍA

En Tabla 14 se encuentran los valores de la inspección de campo realizadas en el cliente Almacenes Tía.

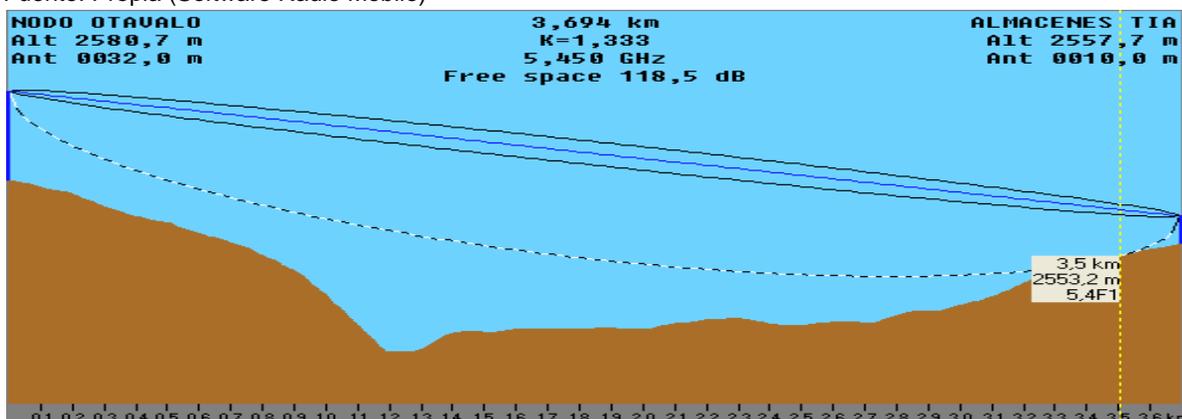
Tabla 14. Información de la Inspección de Campo del Cliente Almacenes Tía
Fuente: Propia

| Información General | |
|---------------------------|---|
| Dirección: | Sucre entre Abdón Calderón y Montalvo |
| Coordenadas: | Latitud: 00 ⁰ 13' 36.92" Norte Longitud: 78 ⁰ 15' 50.04" Oeste |
| Altura: | 2538 MSNM |
| Tipo de Servicio: | Datos |
| Velocidad de Transmisión: | 2048 [Kbps] |
| Radios: | PowerStation 5 |
| Router: | Cisco 1711 |

Haciendo uso del Programa Radio Mobile se realiza el estudio del enlace inalámbrico.

a. Análisis del Enlace

Figura 14. Enlace Nodo – Almacenes Tía
Fuente: Propia (Software Radio Mobile)



Los datos más relevantes de este enlace se muestran en la siguiente Tabla.

Tabla 15. Datos del Enlace Nodo Otavalo – Almacenes Tía
Fuente: Propia

| Datos | |
|--------------------------------|----------------------|
| Trayecto: | Nodo - Almacenes Tía |
| Distancia (Km): | 3,16 |
| Frecuencia (GHz): | 5,8 |
| Potencia de Transmisión (dBm): | 24 |
| Nivel de Recepción (dBm): | - 67,3 |

1.3.8. DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE ALMACENES LA GANGA

En Tabla 16 se encuentran los valores de la inspección de campo realizadas en el cliente Almacenes La Ganga.

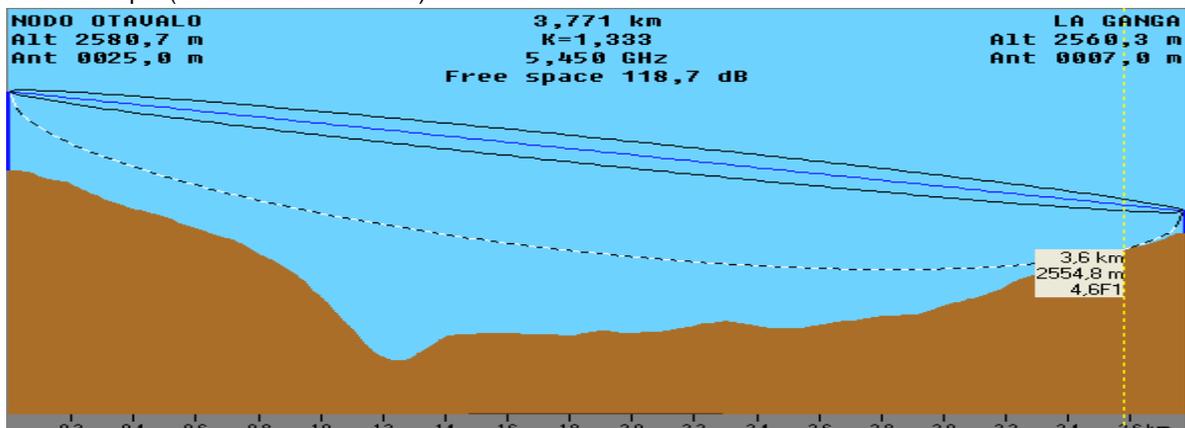
Tabla 16. Información de la Inspección de Campo del Cliente Almacenes La Ganga
Fuente: Propia

| Información General | |
|---------------------------|---|
| Dirección: | Bolívar y Montalvo |
| Coordenadas: | Latitud: 00 ⁰ 13' 33.18" Norte Longitud: 78 ⁰ 15' 48.85" Oeste |
| Altura: | 2560 MSNM |
| Tipo de Servicio: | Datos |
| Velocidad de Transmisión: | 1024 [Kbps] |
| Radios: | PowerStation 5 |
| Router: | Cisco 1711 |

Haciendo uso del Programa Radio Mobile se realiza el estudio del enlace inalámbrico.

a. Análisis del Enlace

Figura 15. Enlace Nodo – Almacenes La Ganga
Fuente: Propia (Software Radio Mobile)



Los datos más relevantes de este enlace se muestran en la siguiente Tabla.

Tabla 17. Datos del Enlace Nodo Otavalo – Almacenes La Ganga
Fuente: Propia

| Datos | |
|--------------------------------|---------------------------|
| Trayecto: | Nodo - Almacenes La Ganga |
| Distancia (Km): | 3,77 |
| Frecuencia (GHz): | 5,8 |
| Potencia de Transmisión (dBm): | 24 |
| Nivel de Recepción (dBm): | - 61,6 |

1.3.9. DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE BANCO DEL PACIFICO

En Tabla 18 se encuentran los valores de la inspección de campo realizadas en el cliente Banco del Pacifico.

Tabla 18. Información de la Inspección de Campo del Cliente Banco del Pacifico

Fuente: Propia

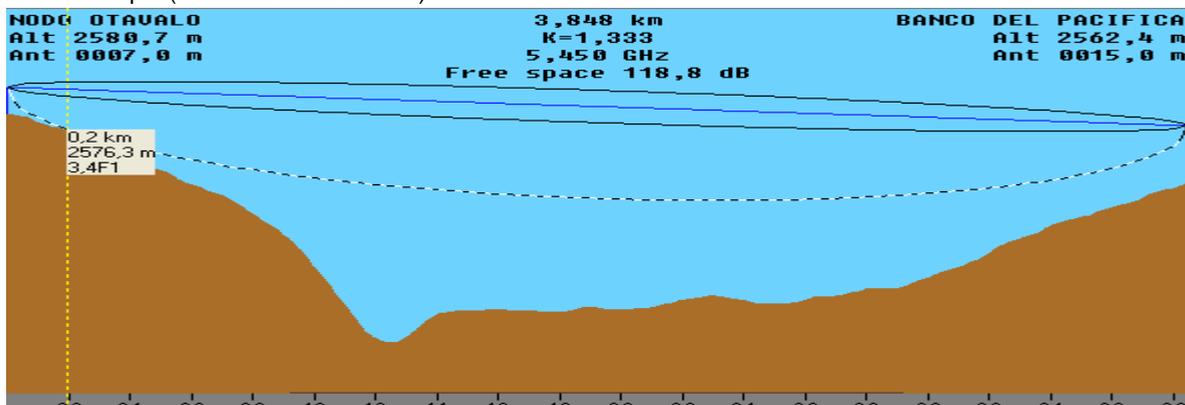
| Información General | |
|---------------------------|---|
| Dirección: | Bolívar y García Moreno |
| Coordenadas: | Latitud: 00 ⁰ 13' 31.17" Norte Longitud: 78 ⁰ 15' 50.32" Oeste |
| Altura: | 2562 MSNM |
| Tipo de Servicio: | Datos |
| Velocidad de Transmisión: | 2048 [Kbps] |
| Radios: | Motorola Canopy PTP 100 |
| Router: | Cisco 1711 |

Haciendo uso del Programa Radio Mobile se realiza el estudio del enlace inalámbrico.

a. Análisis del Enlace

Figura 16. Enlace Nodo – Banco del Pacifico

Fuente: Propia (Software Radio Mobile)



Los datos más relevantes de este enlace se muestran en la siguiente Tabla.

Tabla 19. Datos del Enlace Nodo Otavalo – Banco del Pacifico

Fuente: Propia

| Datos | |
|--------------------------------|---------------------------|
| Trayecto: | Nodo - Banco del Pacifico |
| Distancia (Km): | 3,84 |
| Frecuencia (GHz): | 5,7 |
| Potencia de Transmisión (dBm): | 19 |
| Nivel de Recepción (dBm): | - 56,7 |

1.3.10. DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE COOPERATIVA IMBABURAPAK

En Tabla 20 se encuentran los valores de la inspección de campo realizadas en el cliente Cooperativa Imbaburapak.

Tabla 20. Información de la Inspección de Campo del Cliente Coop. Imbaburapak

Fuente: Propia

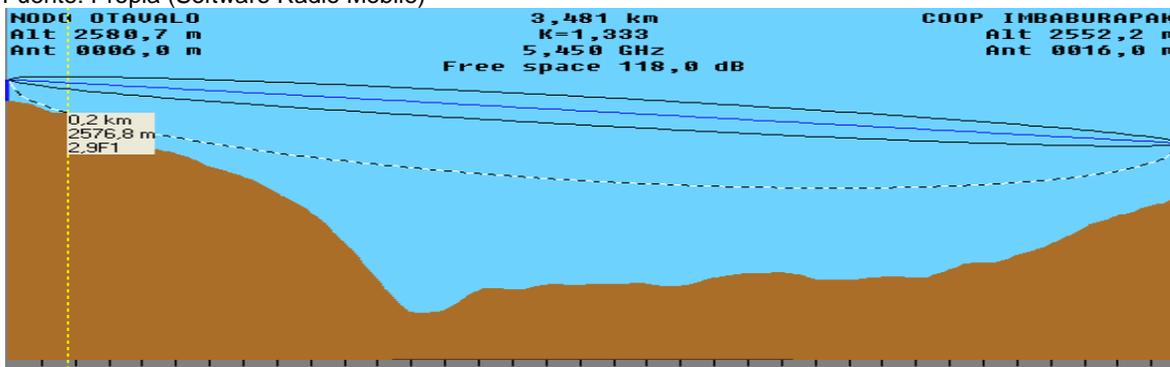
| Información General | |
|---------------------------|---|
| Dirección: | Cristóbal Colon y Sucre |
| Coordenadas: | Latitud: 00 ⁰ 13' 42.88" Norte Longitud: 78 ⁰ 15' 46.66" Oeste |
| Altura: | 2552 MSNM |
| Tipo de Servicio: | Datos |
| Velocidad de Transmisión: | 4096 [Kbps] |
| Radios: | PowerStation 5 |
| Router: | Cisco 1711 |

Haciendo uso del Programa Radio Mobile se realiza el estudio del enlace inalámbrico.

a. Análisis del Enlace

Figura 17. Enlace Nodo – Cooperativa Imbaburapak

Fuente: Propia (Software Radio Mobile)



Los datos más relevantes de este enlace se muestran en la siguiente Tabla.

Tabla 21. Datos del Enlace Nodo Otavalo – Cooperativa Imbaburapak

Fuente: Propia

| Datos | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| Trayecto: | Nodo - Cooperativa Imbaburapak |
| Distancia (Km): | 3,49 |
| Frecuencia (GHz): | 5,3 |
| Potencia de Transmisión (dBm): | 24 |
| Nivel de Recepción (dBm): | - 62,3 |

1.3.11. DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE CORPORACIÓN SANTANDER

En Tabla 22 se encuentran los valores de la inspección de campo realizadas en el cliente Corporación Santander.

Tabla 22. Información de la Inspección de Campo del Cliente Corp. Santander.

Fuente: Propia

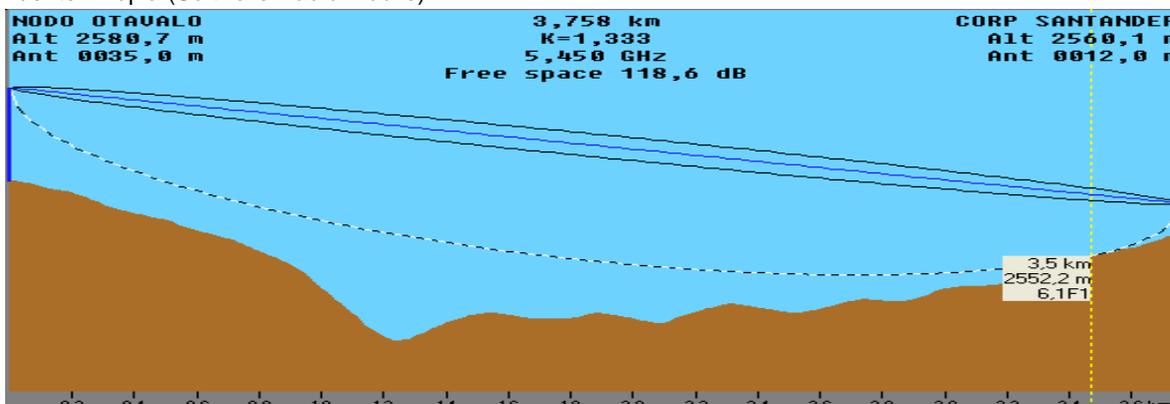
| Información General | |
|---------------------------|---|
| Dirección: | Roca y Juan Montalvo |
| Coordenadas: | Latitud: 00 ⁰ 13' 31.50" Norte Longitud: 78 ⁰ 15' 45.18" Oeste |
| Altura: | 2560 MSNM |
| Tipo de Servicio: | Datos |
| Velocidad de Transmisión: | 2048 [Kbps] |
| Radios: | PowerStation 5 |
| Router: | Cisco 1711 |

Haciendo uso del Programa Radio Mobile se realiza el estudio del enlace inalámbrico.

a. Análisis del Enlace

Figura 18. Enlace Nodo – Corporación Santander

Fuente: Propia (Software Radio Mobile)



Los datos más relevantes de este enlace se muestran en la siguiente Tabla.

Tabla23. Datos del Enlace Nodo Otavalo – Corporación Santander

Fuente: Propia

| Datos | |
|--------------------------------|------------------------------|
| Trayecto: | Nodo - Corporación Santander |
| Distancia (Km): | 3,76 |
| Frecuencia (GHz): | 5,5 |
| Potencia de Transmisión (dBm): | 24 |
| Nivel de Recepción (dBm): | - 59,9 |

1.3.12. DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE BANCO DEL PICHINCHA AGENCIA 1.

En Tabla 24 se encuentran los valores de la inspección de campo realizadas en el cliente Banco del Pichincha Agencia 1.

Tabla24. Información de la Inspección de Campo del Cliente Banco del Pichincha.

Fuente: Propia

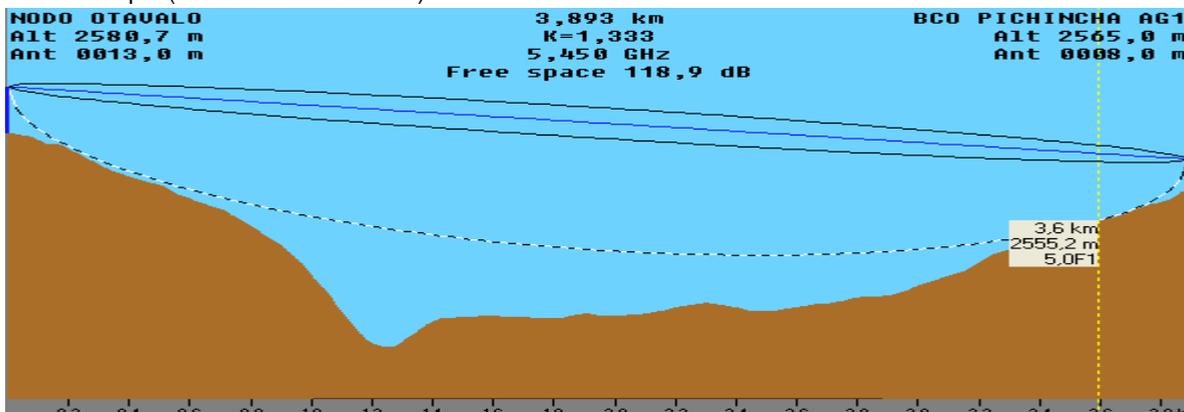
| Información General | |
|---------------------------|---|
| Dirección: | Bolívar y García Moreno |
| Coordenadas: | Latitud: 00 ⁰ 13' 29.94" Norte Longitud: 78 ⁰ 15' 51.09" Oeste |
| Altura: | 2565 MSNM |
| Tipo de Servicio: | Datos |
| Velocidad de Transmisión: | 2048 [Kbps] |
| Radios: | PowerStation 5 |
| Router: | Cisco 1711 |

Haciendo uso del Programa Radio Mobile se realiza el estudio del enlace inalámbrico.

a. Análisis del Enlace

Figura 19. Enlace Nodo – Banco del Pichincha Ag1

Fuente: Propia (Software Radio Mobile)



Los datos más relevantes de este enlace se muestran en la siguiente Tabla.

Tabla 25. Datos del Enlace Nodo Otavalo – Banco Del Pichincha Ag1

Fuente: Propia

| Datos | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| Trayecto: | Nodo - Banco del Pichincha Ag1 |
| Distancia (Km): | 3,91 |
| Frecuencia (GHz): | 5,55 |
| Potencia de Transmisión (dBm): | 24 |
| Nivel de Recepción (dBm): | - 63,2 |

1.3.13. DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE BANCO DEL PICHINCHA AGENCIA 2

En Tabla 26 se encuentran los valores de la inspección de campo realizadas en el cliente Banco del Pichincha Agencia 2.

Tabla 26. Información de la Inspección de Campo del Cliente Banco del Pichincha.
Fuente: Propia

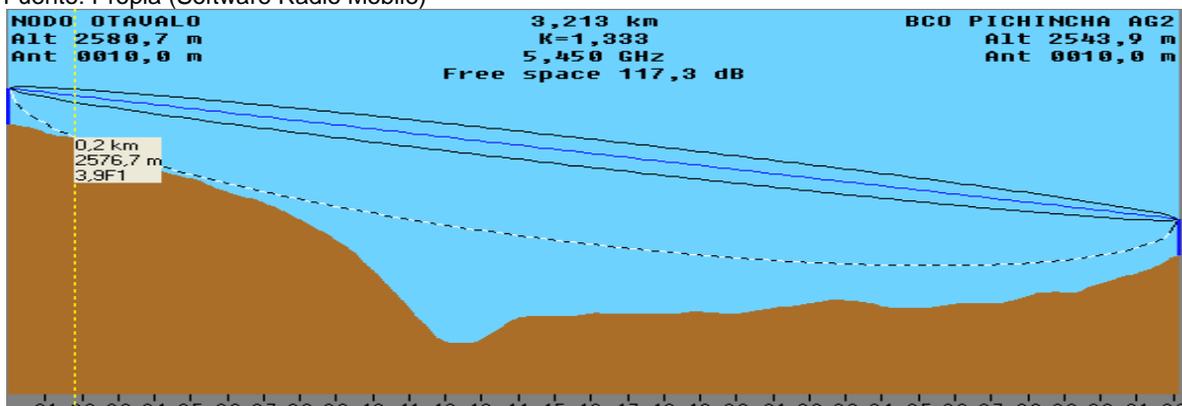
| Información General | |
|---------------------------|---|
| Dirección: | Sucre entre Quiroga y Quito |
| Coordenadas: | Latitud: 00 ⁰ 13' 49.94" Norte Longitud: 78 ⁰ 15' 40.74" Oeste |
| Altura: | 2543 MSNM |
| Tipo de Servicio: | Datos |
| Velocidad de Transmisión: | 2048 [Kbps] |
| Radios: | PowerStation 5 |
| Router: | Cisco 1711 |

Haciendo uso del Programa Radio Mobile se realiza el estudio del enlace inalámbrico.

a. Análisis del Enlace

Figura 20. Enlace Nodo – Banco del Pichincha AG2

Fuente: Propia (Software Radio Mobile)



Los datos más relevantes de este enlace se muestran en la siguiente Tabla.

Tabla 27. Datos del Enlace Nodo Otavalo – Banco del Pichincha Ag2

Fuente: Propia

| Datos | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| Trayecto: | Nodo - Banco del Pichincha Ag2 |
| Distancia (Km): | 3,19 |
| Frecuencia (GHz): | 5,6 |
| Potencia de Transmisión (dBm): | 24 |
| Nivel de Recepción (dBm): | - 59,8 |

1.3.14. DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE ARTEFACTA

En Tabla 28 se encuentran los valores de la inspección de campo realizadas en el cliente Artefacta.

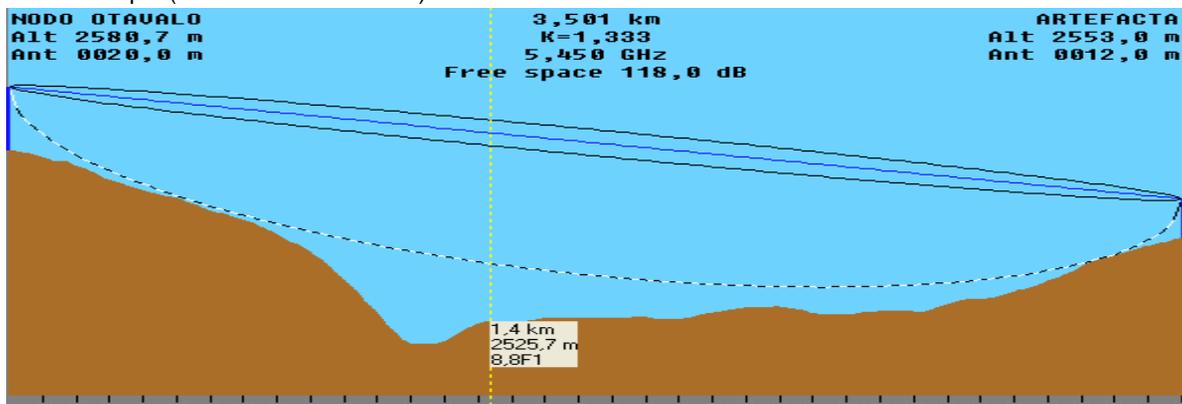
Tabla 28. Información de la Inspección de Campo del Cliente Artefacta
Fuente: Propia

| Información General | |
|---------------------------|---|
| Dirección: | Sucre y Colon |
| Coordenadas: | Latitud: 00 ⁰ 13' 42.30" Norte Longitud: 78 ⁰ 15' 46.90" Oeste |
| Altura: | 2553 MSNM |
| Tipo de Servicio: | Datos |
| Velocidad de Transmisión: | 1024 [Kbps] |
| Radios: | PowerStation 5 |
| Router: | Cisco 1711 |

Haciendo uso del Programa Radio Mobile se realiza el estudio del enlace inalámbrico.

a. Análisis del Enlace

Figura 21. Enlace Nodo – Artefacta
Fuente: Propia (Software Radio Mobile)



Los datos más relevantes de este enlace se muestran en la siguiente Tabla.

Tabla 29. Datos del Enlace Nodo Otavalo – Artefacta
Fuente: Propia

| Datos | |
|--------------------------------|------------------|
| Trayecto: | Nodo - Artefacta |
| Distancia (Km): | 3,50 |
| Frecuencia (GHz): | 5,9 |
| Potencia de Transmisión (dBm): | 24 |
| Nivel de Recepción (dBm): | - 67,2 |

1.3.15. DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE ISP JOSÉ ARÉVALO

En Tabla 30 se encuentran los valores de la inspección de campo realizadas en el cliente ISP José Arévalo.

Tabla 30. Información de la Inspección de Campo del Cliente ISP José Arévalo

Fuente: Propia

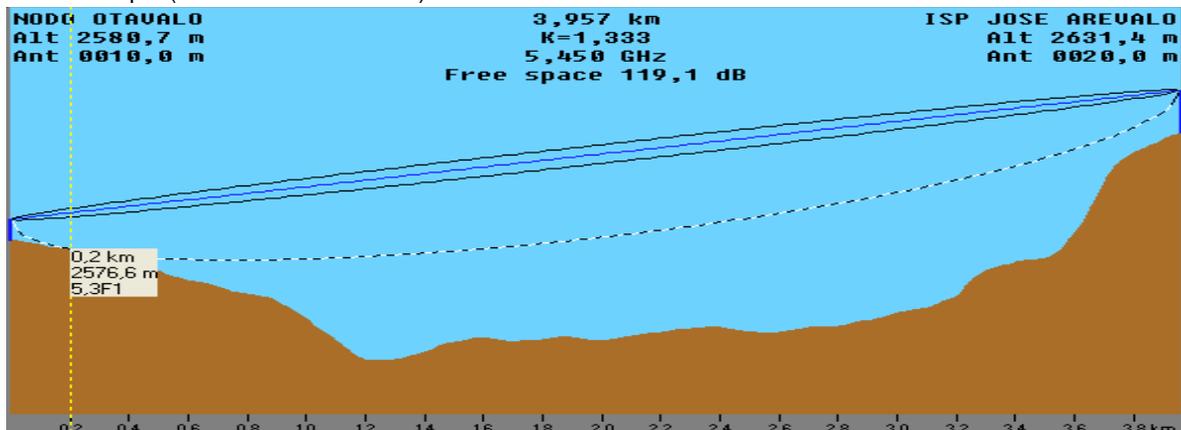
| Información General | |
|---------------------------|---|
| Dirección: | Rey Loma, Sector el Colibri |
| Coordenadas: | Latitud: 00° 13' 19.76" Norte Longitud: 78° 15' 36.07" Oeste |
| Altura: | 2631 MSNM |
| Tipo de Servicio: | Internet |
| Velocidad de Transmisión: | 1240 [Kbps] |
| Radios: | Motorola Canopy PTP 100 |
| Router: | Cisco 1711 |

Haciendo uso del Programa Radio Mobile se realiza el estudio del enlace inalámbrico.

a. Análisis del Enlace

Figura 22. Enlace Nodo – ISP José Arévalo

Fuente: Propia (Software Radio Mobile)



Los datos más relevantes de este enlace se muestran en la siguiente Tabla.

Tabla 31. Datos del Enlace Nodo Otavalo – ISP José Arévalo

Fuente: Propia

| Datos | |
|--------------------------------|-------------------------|
| Trayecto: | Nodo - ISP José Arévalo |
| Distancia (Km): | 3,95 |
| Frecuencia (GHz): | 5,7 |
| Potencia de Transmisión (dBm): | 19 |
| Nivel de Recepción (dBm): | - 62,7 |

1.3.16. DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE BANCO DEL AUSTRO AGENCIA 1

En Tabla 32 se encuentran los valores de la inspección de campo realizadas en el cliente Banco del Austro AG1.

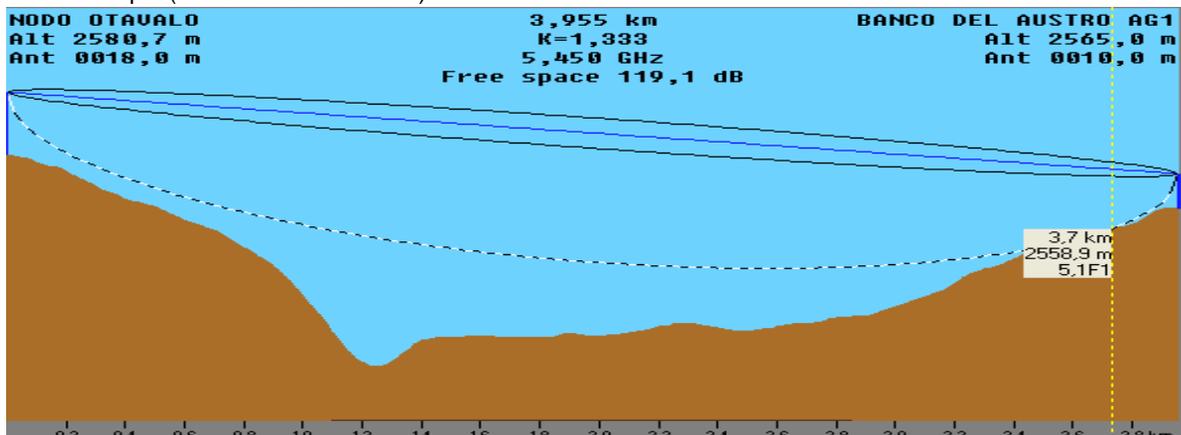
Tabla 32. Información de la Inspección de Campo del Cliente Banco del Austro Ag1
Fuente: propia

| Información General | |
|---------------------------|---|
| Dirección: | Bolívar y Piedrahita |
| Coordenadas: | Latitud: 00 ⁰ 13' 28,39" Norte Longitud: 78 ⁰ 15' 52.41" Oeste |
| Altura: | 2631 MSNM |
| Tipo de Servicio: | Internet |
| Velocidad de Transmisión: | 2048 [Kbps] |
| Radios: | Motorola Canopy PTP 100 |
| Router: | Cisco 1711 |

Haciendo uso del Programa Radio Mobile se realiza el estudio del enlace inalámbrico.

a. Análisis del Enlace

Figura 23. Enlace Nodo – Banco del Austro AG1
Fuente: Propia (Software Radio Mobile)



Los datos más relevantes de este enlace se muestran en la siguiente Tabla.

Tabla 33. Datos del Enlace Nodo Otavalo – Banco del Austro Ag1
Fuente: Propia

| Datos | |
|--------------------------------|-----------------------------|
| Trayecto: | Nodo – Banco del Austro AG1 |
| Distancia (Km): | 3,95 |
| Frecuencia (GHz): | 5,85 |
| Potencia de Transmisión (dBm): | 19 |
| Nivel de Recepción (dBm): | - 59,5 |

1.3.17. DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE BANCO DEL AUSTRO AGENCIA 2

En Tabla 34 se encuentran los valores de la inspección de campo realizadas en el cliente Banco del Austro AG2.

Tabla 34. Información de la Inspección de Campo del Cliente Banco del Austro Ag2

Fuente: Propia

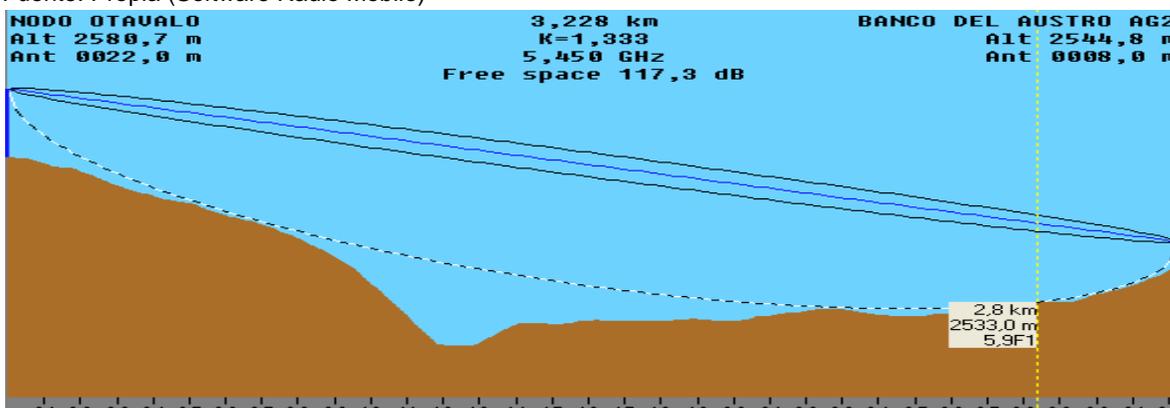
| Información General | |
|---------------------------|---|
| Dirección: | Quiroga y Sucre |
| Coordenadas: | Latitud: 00 ⁰ 13' 49,37" Norte Longitud: 78 ⁰ 15' 41.59" Oeste |
| Altura: | 2544 MSNM |
| Tipo de Servicio: | Datos |
| Velocidad de Transmisión: | 1024 [Kbps] |
| Radios: | Motorola Canopy PTP 100 |
| Router: | Cisco 1711 |

Haciendo uso del Programa Radio Mobile se realiza el estudio del enlace inalámbrico.

a. Análisis del Enlace

Figura 24. Enlace Nodo – Banco del Austro AG2

Fuente: Propia (Software Radio Mobile)



Los datos más relevantes de este enlace se muestran en la siguiente Tabla.

Tabla 35. Datos del Enlace Nodo Otavalo – Banco del Austro Ag2

Fuente: Propia

| Datos | |
|--------------------------------|-----------------------------|
| Trayecto: | Nodo – Banco del Austro AG2 |
| Distancia (Km): | 3,22 |
| Frecuencia (GHz): | 5,30 |
| Potencia de Transmisión (dBm): | 19 |
| Nivel de Recepción (dBm): | - 59,9 |

1.3.18. DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE BANCO INTERNACIONAL

En Tabla 36 se encuentran los valores de la inspección de campo realizadas en el cliente Banco Internacional.

Tabla 36. Información de la Inspección de Campo del Cliente Banco Internacional

Fuente: Propia

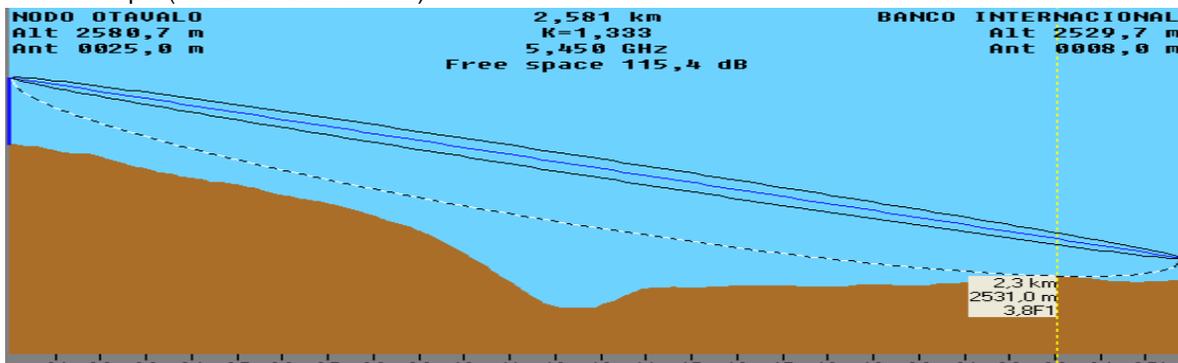
| Información General | |
|---------------------------|--|
| Dirección: | Sucre y Panamericana Norte |
| Coordenadas: | Latitud: 00 ⁰ 14' 6,44" Norte Longitud: 78 ⁰ 15' 29.46" Oeste |
| Altura: | 2529 MSNM |
| Tipo de Servicio: | Datos |
| Velocidad de Transmisión: | 1024 [Kbps] |
| Radios: | Motorola Canopy PTP 100 |
| Router: | Cisco 1711 |

Haciendo uso del Programa Radio Mobile se realiza el estudio del enlace inalámbrico.

a. Análisis del Enlace

Figura 25. Enlace Nodo – Banco Internacional

Fuente: Propia (Software Radio Mobile)



Los datos más relevantes de este enlace se muestran en la siguiente Tabla.

Tabla 37. Datos del Enlace Nodo Otavalo – Banco Internacional

Fuente: Propia

| Datos | |
|--------------------------------|----------------------------|
| Trayecto: | Nodo – Banco Internacional |
| Distancia (Km): | 2,58 |
| Frecuencia (GHz): | 5,49 |
| Potencia de Transmisión (dBm): | 19 |
| Nivel de Recepción (dBm): | - 64,2 |

1.3.19. DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE HOTEL INDIO INN

En Tabla 38 se encuentran los valores de la inspección de campo realizadas en el cliente Hotel Indio Inn.

Tabla 38. Información de la Inspección de Campo del Cliente Hotel Indio Inn

Fuente: Propia

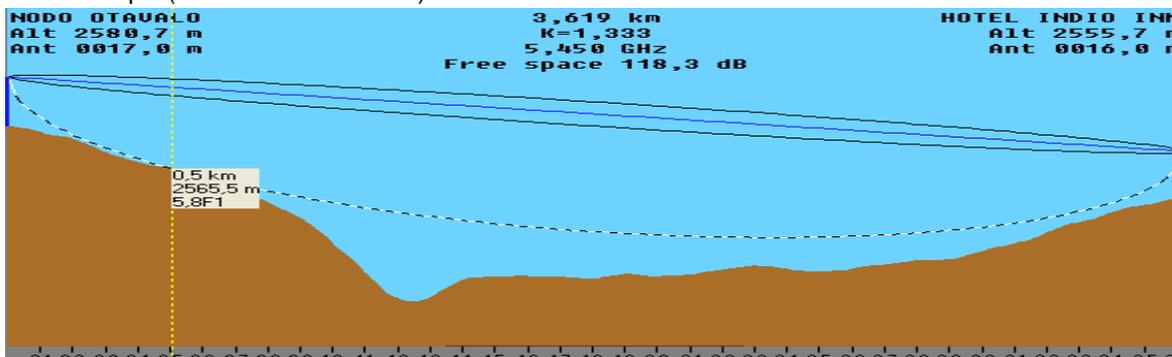
| Información General | |
|---------------------------|---|
| Dirección: | Bolívar y Calderón |
| Coordenadas: | Latitud: 00 ⁰ 13' 37.32" Norte Longitud: 78 ⁰ 15' 46.23" Oeste |
| Altura: | 2555 MSNM |
| Tipo de Servicio: | Internet |
| Velocidad de Transmisión: | 1024 [Kbps] |
| Radios: | Nano Station 5 |
| Router: | Cisco 1711 |

Haciendo uso del Programa Radio Mobile se realiza el estudio del enlace inalámbrico.

a. Análisis del Enlace

Figura 26. Enlace Nodo – Hotel Indio Inn

Fuente: Propia (Software Radio Mobile)



Los datos más relevantes de este enlace se muestran en la siguiente Tabla.

Tabla 39. Datos del Enlace Nodo Otavalo – Hotel Indio Inn

Fuente: Propia

| Datos | |
|--------------------------------|------------------------|
| Trayecto: | Nodo – Hotel Indio Inn |
| Distancia (Km): | 3,61 |
| Frecuencia (GHz): | 5,8 |
| Potencia de Transmisión (dBm): | 22 |
| Nivel de Recepción (dBm): | - 66,5 |

1.3.20. DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE COOPERATIVA ESENCIA INDÍGENA

En Tabla 40 se encuentran los valores de la inspección de campo realizadas en el cliente Cooperativa Esencia Indígena.

Tabla 40. Información de la Inspección de Campo del Cliente Coop. Esencia Indígena

Fuente: Propia

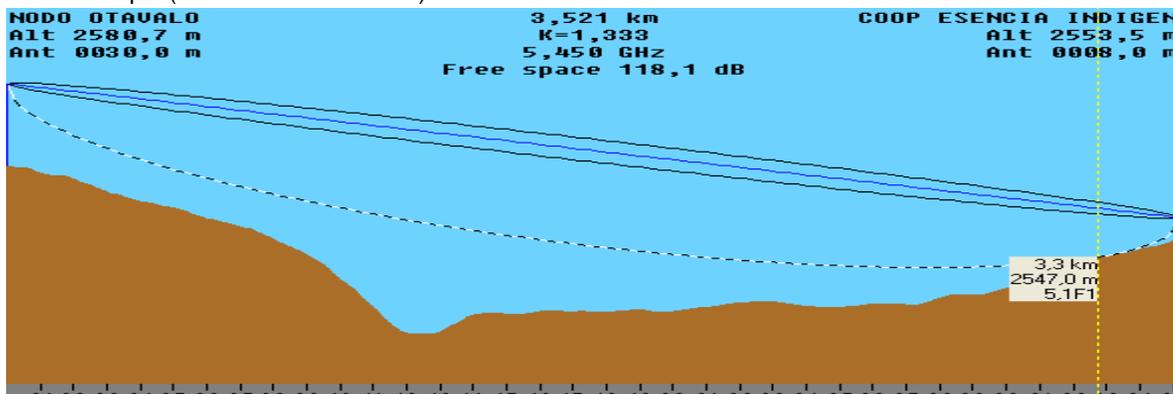
| Información General | |
|---------------------------|---|
| Dirección: | Sucre y Colon |
| Coordenadas: | Latitud: 00 ⁰ 13' 41,33" Norte Longitud: 78 ⁰ 15' 46.61" Oeste |
| Altura: | 2553 MSNM |
| Tipo de Servicio: | Datos |
| Velocidad de Transmisión: | 2048 [Kbps] |
| Radios: | Motorola Canopy PTP 100 |
| Router: | Cisco 1711 |

Haciendo uso del Programa Radio Mobile se realiza el estudio del enlace inalámbrico.

b. Análisis del Enlace

Figura 27. Enlace Nodo – Cooperativa Esencia Indígena

Fuente: Propia (Software Radio Mobile)



Los datos más relevantes de este enlace se muestran en la siguiente Tabla.

Tabla 41. Datos del Enlace Nodo Otavalo – Cooperativa Esencia Indígena

Fuente: Propia

| Datos | |
|--------------------------------|-------------------------------------|
| Trayecto: | Nodo – Cooperativa Esencia Indígena |
| Distancia (Km): | 3,52 |
| Frecuencia (GHz): | 5,7 |
| Potencia de Transmisión (dBm): | 19 |
| Nivel de Recepción (dBm): | - 59,2 |

1.3.21. DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE FARMACIAS SANA SANA 1

En Tabla 42 se encuentran los valores de la inspección de campo realizadas en el cliente Farmacia Sana Sana 1.

Tabla 42. Información de la Inspección de Campo del Cliente Farmacia Sana Sana 1

Fuente: Propia

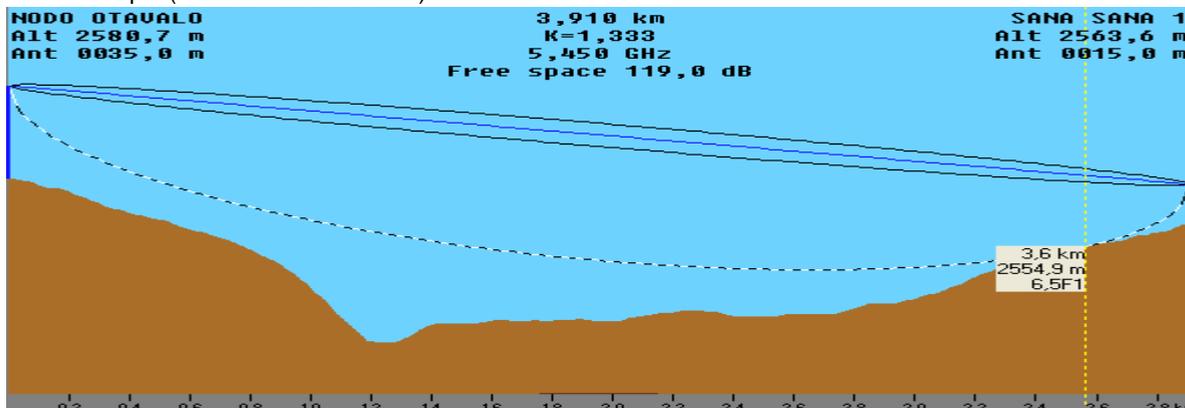
| Información General | |
|---------------------------|---|
| Dirección: | Sucre y Piedrahita |
| Coordenadas: | Latitud: 00 ⁰ 13' 31,06" Norte Longitud: 78 ⁰ 15' 53.89" Oeste |
| Altura: | 2563 MSNM |
| Tipo de Servicio: | Datos |
| Velocidad de Transmisión: | 1024 [Kbps] |
| Radios: | Motorola Canopy PTP 100 |
| Router: | Cisco 1711 |

Haciendo uso del Programa Radio Mobile se realiza el estudio del enlace inalámbrico.

a. Análisis del Enlace

Figura 28. Enlace Nodo – Farmacias Sana Sana 1

Fuente: Propia (Software Radio Mobile)



Los datos más relevantes de este enlace se muestran en la siguiente Tabla.

Tabla 43. Datos del Enlace Nodo Otavalo – Farmacias Sana Sana 1

Fuente: Propia

| Datos | |
|--------------------------------|--------------------|
| Trayecto: | Nodo – Sana Sana 1 |
| Distancia (Km): | 3,91 |
| Frecuencia (GHz): | 5,4 |
| Potencia de Transmisión (dBm): | 19 |
| Nivel de Recepción (dBm): | - 54,2 |

1.3.22. DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE FARMACIAS SANA SANA 2

En Tabla 44 se encuentran los valores de la inspección de campo realizadas en el cliente Farmacia Sana Sana 2.

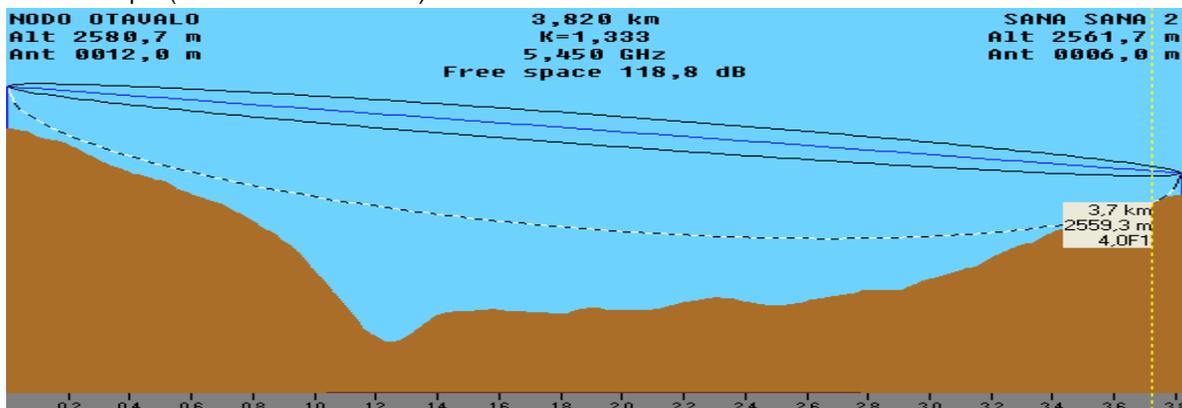
Tabla 44. Información de la Inspección de Campo del Cliente Farmacia Sana Sana 2
Fuente: Propia

| Información General | |
|---------------------------|---|
| Dirección: | Bolívar y García Moreno |
| Coordenadas: | Latitud: 00° 13' 31,52" Norte Longitud: 78° 15' 49.18" Oeste |
| Altura: | 2561 MSNM |
| Tipo de Servicio: | Datos |
| Velocidad de Transmisión: | 1024 [Kbps] |
| Radios: | Motorola Canopy PTP 100 |
| Router: | Cisco 1711 |

Haciendo uso del Programa Radio Mobile se realiza el estudio del enlace inalámbrico.

a. Análisis del Enlace

Figura 29. Enlace Nodo – Farmacias Sana Sana 2
Fuente: Propia (Software Radio Mobile)



Los datos más relevantes de este enlace se muestran en la siguiente Tabla.

Tabla 45. Datos del Enlace Nodo Otavalo – Farmacias Sana Sana 2
Fuente: Propia

| Datos | |
|--------------------------------|--------------------|
| Trayecto: | Nodo – Sana Sana 2 |
| Distancia (Km): | 3,82 |
| Frecuencia (GHz): | 5,4 |
| Potencia de Transmisión (dBm): | 19 |
| Nivel de Recepción (dBm): | - 52,3 |

1.3.23. DESCRIPCIÓN DEL CLIENTE FARMACIAS SANA SANA 3

En Tabla 46 se encuentran los valores de la inspección de campo realizadas en el cliente Farmacia Sana Sana 3.

Tabla 46. Información de la Inspección de Campo del Cliente Farmacia Sana Sana 3

Fuente: Propia

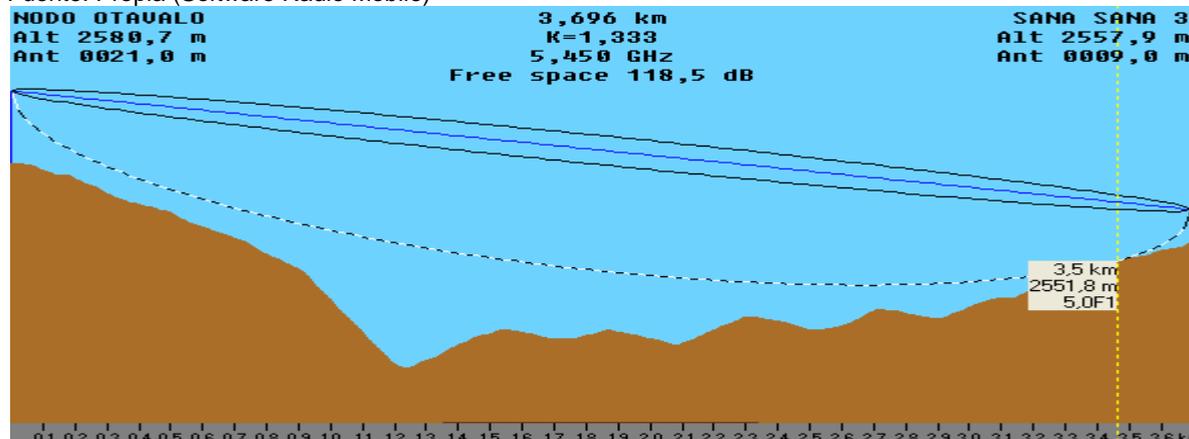
| Información General | |
|---------------------------|---|
| Dirección: | Atahualpa y Calderón |
| Coordenadas: | Latitud: 00 ⁰ 13' 32,17" Norte Longitud: 78 ⁰ 15' 42.27" Oeste |
| Altura: | 2557 MSNM |
| Tipo de Servicio: | Datos |
| Velocidad de Transmisión: | 1024 [Kbps] |
| Radios: | Motorola Canopy PTP 100 |
| Router: | Cisco 1711 |

Haciendo uso del Programa Radio Mobile se realiza el estudio del enlace inalámbrico.

a. Análisis del Enlace

Figura 30. Enlace Nodo – Farmacias Sana Sana 3

Fuente: Propia (Software Radio Mobile)



Los datos más relevantes de este enlace se muestran en la siguiente Tabla.

Tabla 47. Datos del Enlace Nodo Otavalo – Farmacias Sana Sana 3

Fuente: Propia

| Datos. | |
|--------------------------------|--------------------|
| Trayecto: | Nodo – Sana Sana 3 |
| Distancia (Km): | 3,69 |
| Frecuencia (GHz): | 5,1 |
| Potencia de Transmisión (dBm): | 19 |
| Nivel de Recepción (dBm): | - 52,3 |

2. CAPÍTULO II

ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA WDM EN LA TRANSMISIÓN DE DATOS POR FIBRA ÓPTICA

Este capítulo se hace un estudio acerca de la fibra óptica y la tecnología WDM, iniciando con un desarrollo conceptual, se consideran aspectos como: tipos de fibra, características de transmisión, componentes de un sistema de comunicaciones óptico, dispositivos utilizados en los sistemas WDM. Esta información es de gran importancia para el desarrollo de este proyecto.

2.1. INTRODUCCIÓN

Las redes y los sistemas de telecomunicación se han desarrollado de forma acelerada en los últimos años, constituyéndose la fibra óptica un medio de transmisión fundamental en la comunicación, debido a que en la actualidad la sociedad requiere tener acceso a la información de una manera rápida y oportuna.

La demanda de capacidad de transporte en las redes de acceso es cada vez mayor, debido a la introducción de servicios y nuevas aplicaciones con gran amplio consumo de ancho de banda. Esta necesidad de ancho de banda se lo puede solucionar mediante la fibra óptica con los sistemas WDM, esta tecnología se adapta a la gran diversidad de clientes, servicios y protocolos

.

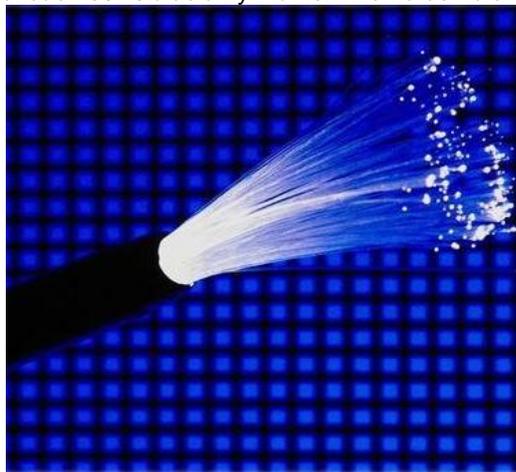
2.2. FIBRA ÓPTICA

Las comunicaciones mediante fibra óptica han crecido de una manera considerable, cuenta con diversidad de aplicaciones lo que constituye un adelanto tecnológico importante para el sector de las telecomunicaciones, en la actualidad este medio de transmisión es ampliamente utilizado, permite enviar gran cantidad de datos a mayor velocidad, valores que son superiores a los de la transmisión a través de radio y cables de cobre.

La fibra óptica es un hilo muy fino de material transparente, puede ser vidrio o materiales plásticos, por el que se envían pulsos de luz que representan los datos a transmitir.

Figura 31: Fibra Óptica

Fuente: <http://www.zonadeseguridad.net/instalacion-y-mantenimiento-de-fibra-optica/>

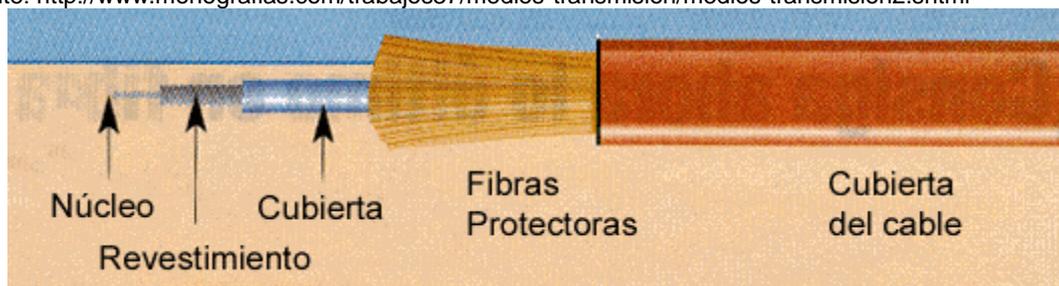


2.2.1. COMPONENTES DE LA FIBRA ÓPTICA

El conductor de fibra óptica tiene los siguientes componentes: el núcleo, recubrimiento y una envoltura de protección que sirve como resistencia mecánica necesaria para su manipulación.

Figura 32. Composición de la Fibra Óptica

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos37/medios-transmision/medios-transmision2.shtml>



- a. Núcleo: es el medio físico que transporta las señales ópticas de datos, desde la fuente de luz hasta el dispositivo de recepción. Se trata de una sola fibra de vidrio o silicio, de diámetro muy pequeño, entre 10 y 300 μm . Cuanto mayor es el diámetro del núcleo, la cantidad de luz que la fibra puede transportar es mayor.

- b. Revestimiento: es la parte de protección que rodea al núcleo. El *índice de refracción*⁸ es menor al del núcleo, actúa como capareflectante y consigue que las ondas de luz que traten de salir del núcleo sean reflejadas y retenidas. Esta capa contiene varias capas de plástico con el propósito de absorber los posibles impactos o golpes que pueda recibir la fibra y proporcionar una protección extra contra curvaturas excesivas del cable.
- c. Recubrimiento: las fibras ópticas son cubiertas con una serie de materiales que generalmente son plásticos que proveen protección mecánica a la manipulación. Esta última capa está constituida por ciertos materiales que resguardan a la fibra óptica de la humedad, el aplastamiento, tensiones y otros riesgos del entorno, la fibra óptica en la mayoría de los casos está a la intemperie, para mayor protección de este medio de transmisión cuentan también con el mensajero, que es un cable de acero que ofrece protección adicional

2.2.2. TIPOS DE FIBRA ÓPTICA

Los tipos de fibra óptica se puede determinar por el *modo de propagación*⁹, según esto tenemos dos tipos de fibra óptica: multimodo y monomodo.

- a. Fibra Multimodo, En este tipo de fibra los haces de luz circulan por más de un modo o camino, por lo cual los haces no llegan todos al mismo tiempo. Las fibras multimodo son utilizadas principalmente en aplicaciones de corta distancia, usan diodos láser de baja intensidad. El núcleo tiene un índice de refracción superior, pero del mismo orden de magnitud, que el revestimiento. El núcleo tiene tamaño grande y es más fácil de conectar y tiene una mayor tolerancia a componentes de menor precisión.

⁸ *Número adimensional, mide la relación entre la velocidad de propagación de la luz en el vacío versus cualquier medio.*

⁹ *Variaciones de la intensidad y la manera en que viajan los haces de luz sobre la fibra óptica, esto depende de las dimensiones y características de la fibra óptica.*

- b. Fibra Monomodo, como su nombre lo indica es una fibra óptica en la que sólo se propaga un modo de luz. Se consigue reduciendo el diámetro del núcleo de la fibra hasta un tamaño 8,3 a 10 μm , con lo cual permite un solo modo de propagación. Su transmisión es paralela al eje de la fibra óptica. Permiten alcanzar grandes distancias, aproximadamente 100 km mediante un láser de alta intensidad y transmitir elevadas tasas de información alrededor de GB/s. Estas fibras son más sensibles a los empalmes, soldaduras y conectores, las fibras y los componentes de éstas son de mayor costo que los de las fibras multimodo.

2.2.3. LIMITANTES EN LA TRANSMISIÓN POR FIBRA ÓPTICA

2.2.3.1. Atenuación

La potencia de la señal óptica al pasar por la fibra óptica es atenuada, esto se debe a los conectores, fusiones, etc. El receptor para leer la señal debe recibir un nivel de potencia óptica por sobre su sensibilidad de recepción.

La atenuación óptica es una pérdida en el nivel de la señal y se mide en decibeles (dB), la fórmula con la que se puede calcular la atenuación es:

$$\text{Pérdida óptica} = 10_{\log}(\text{potencia de salida}/\text{potencia de entrada})$$

- a. Pérdida en la fibra: Las impurezas que existen en la fibra óptica absorben energía de la señal de luz que pasa. Se la mide en decibeles por unidad de longitud (dB/km), a esta pérdida se la conoce como Scattering.
- b. Pérdida en las fusiones y conectores: Imperfecciones ópticas que pueden ser espacios de aire que quedan en las fusiones de fibras, los conectores absorben o desvían la energía de la señal de luz que pasa. Se mide en decibeles (dB) por fusión/conector. Valores típicos: 0,1 dB/fusión, 0,5 dB/conector.
- c. Pérdidas por Inserción: Ocurre cuando la señal óptica pasa a través de un dispositivo óptico pasivo. Los dispositivos ópticos pasivos tienen elementos

como multiplexores y demultiplexores, módulos ópticos de bajada y subida, aisladores, filtros, fibras de compensación de la dispersión, etc.

2.2.3.2. Dispersión

Esta afecta la señal óptica ensanchándola lo que causa Interferencia inter simbólica y es linealmente dependiente de la longitud del enlace. El Receptor tiene dificultad al recibir la señal.

- a. Dispersión Modal: Cada modo se propaga a diferente velocidad, asociada solamente con las fibras multimodo, está influenciada por el perfil del índice de refracción.
- b. Dispersión Cromática: Aparece porque cada longitud de onda viaja a diferente velocidad en la fibra, asociada con fibras monomodo y multimodo, aumenta directamente con el ancho espectral de la fuente, influenciada por la estructura y material de la fibra

2.2.4. TIPOS DE REDES DE ACCESO CON FIBRA ÓPTICA

Las redes de acceso ópticas son las que satisfacen necesidades ante la demanda creciente de ancho de banda, a continuación se describe los diferentes tipos de red de acceso ópticas:

2.2.4.1. FTTH Fiber To The Home (Fibra Hasta el Hogar)

Este tipo de red se caracteriza porque la fibra óptica llega hasta el interior del cuarto de equipos del usuario. Ofrece mayores ventajas en cuanto a seguridad, rendimiento y ancho de banda, la red dispone de toda la capacidad de transmisión de la fibra, es decir que no compartirá recursos con otros usuarios. La desventaja principal es que representa mayores costos a la hora de implementación.

Las ventajas principales de FTTH son:

- Red pasiva, no tiene elementos activos (amplificadores, regeneradores, etc.).
- El enlace es con una sola fibra óptica con lo cual no comparte recursos, tiene acceso a servicios con gran capacidad como: datos de alta velocidad, televisión digital, video llamada, etc.
- FTTH utiliza bajo consumo de potencia.
- FTTH es realizable, escalable y segura.
- FTTH es una red que puede soportar futuras tecnologías.

2.2.4.2. FTTB Fiber To The Building (Fibra Hasta la Acometida)

La fibra óptica en este tipo de redes termina en un punto de distribución intermedio antes de llegar a los usuarios. Desde este punto de distribución intermedio, se accede a los usuarios finales mediante otro medio de transmisión, generalmente es mediante cobre.

Estas redes es conveniente instalarlas en empresas o edificios que manejan un amplio volumen de datos y que tienen concentradas sus operaciones en punto de distribución. Se tiene un nivel de acercamiento al usuario menor que FTTH, presta servicio compartido a un determinado número de usuarios.

2.2.4.3. FTTC Fiber To The Curb (Fibra Hasta la Acera)

La fibra óptica llega hasta un sector desde el que se presta los servicios a un grupo de usuarios, que pueden ser los residentes de un sector o de un grupo de usuarios, o de quienes deseen compartir los recursos ofrecidos por la red de fibra óptica. FTTC es una manera acceder a servicios de banda ancha, con un costo final mucho más económico, este tipo de redes es comúnmente instaladas en conjuntos residenciales, ya que la mayoría de usuarios no requieren valores altos de ancho de banda.

FTTC puede ser una solución para los proveedores de telecomunicaciones, debido al incremento de las aplicaciones multimedia y por los requerimientos de las pequeñas empresas de estar en contacto con el mundo de las comunicaciones.

Las desventajas de la FTTC son la compartición de recursos entre los usuarios, inversión en equipos de multiplexación y de interfaces de red; así como, una mayor complejidad en los protocolos de acceso y gestión de la red.

2.2.4.4. FTTCab Fiber To The Cabinet (Fibra Hasta la Cabina)

Las redes FTTCab son similares a la FTTC, con la sola diferencia de que el punto de distribución o punto final de la red óptica servirá a un número mayor de usuarios.

Todas estas redes con excepción de FTTH son redes híbridas esto se debe porque en el punto en que termina la fibra óptica, se inicia con el uso de un medio de transmisión diferente como el par trenzado o cable coaxial, con los cuales se llega hasta el usuario final.

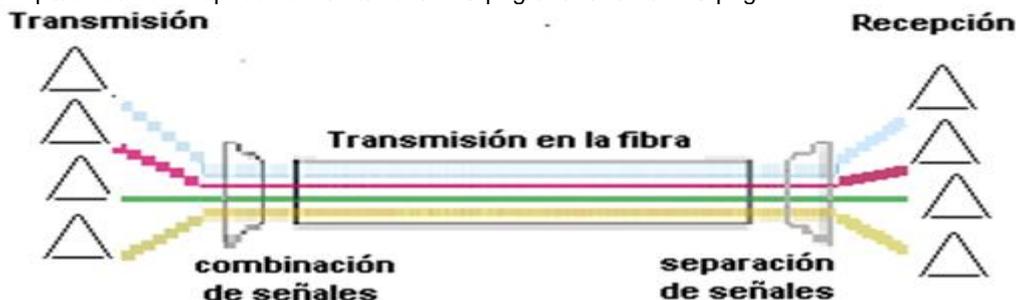
2.3. TECNOLOGÍA WDM – MULTIPLEXACIÓN POR LONGITUD DE ONDA

La tecnología WDM multiplexa varias señales sobre una sola fibra óptica mediante portadoras ópticas de diferente longitud de onda, usando luz procedente de un láser o un LED, asigna a cada señal entrante una longitud de onda específica dentro de una determinada banda de frecuencia.

Esta técnica permite que sobre un hilo de fibra las señales sean transportadas por portadoras ópticas de diferente longitud de onda, cada una tiene ancho de banda sobre los GHz.

Figura 33: Multiplexación por División de Longitudes de ondas WDM

Fuente: <http://sx-de-tx.wikispaces.com/file/view/BVC.png/378207572/BVC.png>



WDM permite transmitir varios canales ópticos sobre una fibra y cada canal a su vez, puede transmitir señales de alta velocidad y formatos diferentes. Un canal puede transportar una señal IP, otro una señal ATM¹⁰, y un tercero, puede transportar una señal SDH¹¹. En la actualidad son típicos los sistemas de 32 longitudes de onda para el manejo de flujos de 2.5 Gbits/s y 10 Gbits/s, dando como resultante señales de 80 Gbps (2.5 Gbps * 32) y 320 Gbps (10 Gbps * 32) respectivamente.

La forma de comunicación más común de WDM en el pasado era utilizar un par de hilos de fibra óptica, uno para transmisión y otro para recepción. En la actualidad existen sistemas en donde un solo hilo de fibra es usado para tráfico bi-direccional, pero en este tipo de comunicación se debe sacrificar alguna capacidad de la fibra por la separación que estos necesitan y prevenir la mezcla de canales.

2.3.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE WDM

Los dos métodos para la multiplexación de señales en un sistema de comunicación a través de fibra óptica que utiliza láser son: TDM¹² (Time Division Multiplexing) y FDM¹³ (Frequency Division Multiplexing), al que se viene a añadir WDM. Al contrario que las otras técnicas, WDM suministra cada señal en una frecuencia láser diferente, de tal manera que puede ser filtrada ópticamente en el receptor.

¹⁰ Modo de Transferencia Asíncrona, tecnología de que transmite múltiples tipos de información mediante la creación de paquetes de datos.

¹¹ Estándar para redes de alta velocidad y capacidad, es una jerarquía digital sincrónica.

¹² Técnica de multiplexado digital para combinar canales de datos en el tiempo.

¹³ Técnica de multiplexación analógica que utiliza la división de la frecuencia.

En distancias cortas la atenuación y dispersión no son un problema, pero en los enlaces de comunicaciones de extensión grande como una Red Troncal se requiere el uso de amplificadores o repetidores que regeneren la señal cada cierta distancia, este proceso consiste en convertir la señal óptica degradada en eléctrica, amplificarla y convertirla nuevamente en señal óptica mediante un diodo láser e inyectarla de nuevo en la fibra óptica, este es un proceso complejo y que introduce retardos debido a los dispositivos electrónicos por los que pasa la señal. Este inconveniente se lo puede evitar si todo el camino pudiese ser óptico (all-optical), algo que ya es posible gracias a WDM.

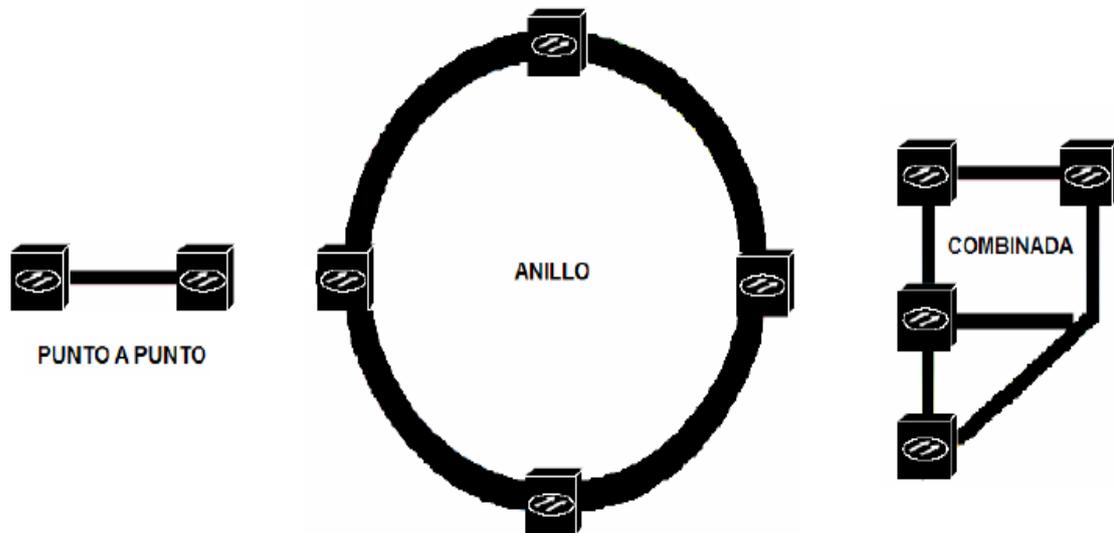
2.3.2. TOPOLOGÍAS FÍSICAS PARA WDM

Las topologías de red están basadas en muchos factores, como: tipos de aplicaciones y protocolos, distancias, patrones de acceso y uso. Las topologías más importantes son punto a punto, anillo y la topología combinada.

- a. Punto a Punto: Estas redes se caracterizan por sus alta velocidad (10 a 40 Gbps), alta confiabilidad de la señal, y rápido restablecimiento de caminos. La distancia entre el transmisor y receptor puede ser de algunos cientos de kilómetros, en redes MAN¹⁴, no suelen utilizarse amplificadores
- b. Anillo: La topología en anillos es la arquitectura más común encontrada en áreas metropolitanas y se extiende en distancias de aproximadamente 10 Kilómetros. El anillo de fibra puede contener 4 canales de longitudes de onda. La tasa de bit está en el rango de 622 Mbps a 10 Gbps por canal.
- c. Combinadas: pueden requerir un alto grado de inteligencia para desarrollar sus funciones de protección y manejo de ancho de banda, incluyendo fibra y conmutación de longitudes de onda. Los beneficios, son flexibilidad y eficiencia, sin embargo, son potencialmente desarrolladas, tienen alta dependencia en el software para el manejo.

¹⁴ Red de Área Metropolitana, red de alta velocidad que cubre un área geográfica extensa. Es una evolución del concepto de LAN (red de área local), pues involucra un área mucho más grande.

Figura 34: Topologías WDM
Fuente: Propia



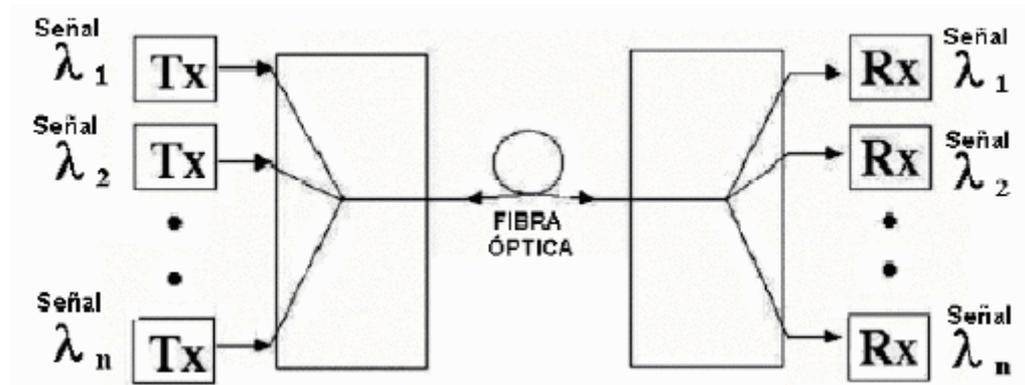
2.3.3. CARACTERÍSTICAS DE TRANSMISIÓN WDM

Este modo de transmisión es usado en telecomunicaciones utilizando la fibra óptica. La tecnología WDM permite transmitir múltiples longitudes de onda en una misma fibra óptica simultáneamente. El rango de longitudes de onda utilizado en la fibra puede ser dividido en varias bandas, cada banda es considerada como un canal distinto para transmitir una longitud de onda.

WDM, incrementa la capacidad de transmisión en la fibra óptica, asigna a las señales ópticas de entrada diferentes longitudes de onda, dentro de una banda de frecuencia específica. Cada longitud de onda es enviada por el transmisor a la fibra óptica y las señales son demultiplexadas en el receptor. En este tipo de sistema, cada señal de entrada es independiente de las otras. De esta manera, cada canal tiene su propio ancho de banda dedicado; llegando todas las señales a destino al mismo tiempo.

WDM es un técnica en donde, el multiplexor combina distintos haces de luz de entrada, cada uno de los cuales contiene una banda estrecha de frecuencia, estas se combinan en un único haz de salida con una banda de frecuencia más ancha. Lo contrario lo hace el demultiplexor, este proceso es similar como se ve en la Figura 35.

Figura 35. Proceso WDM

Fuente: <http://www.oocities.org/es/anmir2600/hw/redes/a2/a2-3.html>

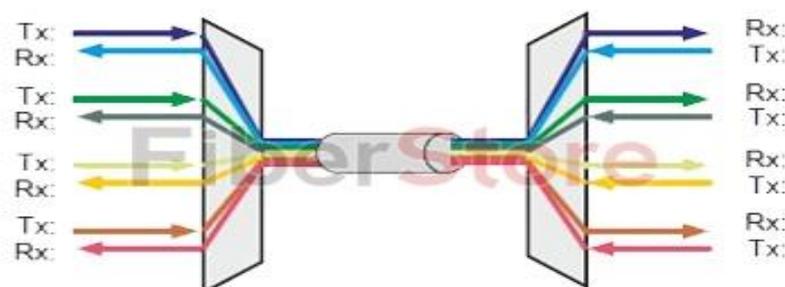
2.3.4. MULTIPLEXORES Y DEMULTIPLEXORES

Debido a que los sistemas WDM envían señales desde diferentes fuentes sobre un solo hilo de fibra óptica, necesitan alguna manera de combinar las señales. Este proceso es realizado por un multiplexor, el cual toma diferentes longitudes de ondas ópticas y las convierte dentro de un rayo de luz.

En el receptor final, el sistema debe ser capaz de separar las diferentes longitudes de ondas de luz y así estas pueden ser discretamente detectadas. Los demultiplexores desempeñan esta función separando el rayo de luz recibido en componentes de longitud de onda y uniéndolas.

La demultiplexación debe ser realizada antes de que la luz sea detectada, porque los fotodetectores son equipos tontos que no pueden seleccionar o detectar una longitud de onda. En la Figura 36 se puede apreciar el proceso de multiplexación y demultiplexación.

Figura 36. Multiplexación y Demultiplexación

Fuente: <http://www.fiberstore.com/cwdm-mux-demux-8-channels-by-dual-fiber-with-1u-19-box-p-11518.html>

2.3.5. DENSIDAD DE CANALES ÓPTICOS

La tecnología WDM utiliza en la fibra óptica espacios uniformemente distanciados para los diferentes canales ópticos, aunque la comunicación no vaya a utilizar todos los espacios disponibles. La ITU¹⁵ en la recomendación G.692¹⁶ ha establecido varias regulaciones para esto, en las cuales establece un grupo de frecuencias centrales separadas 100 GHz, lo que corresponde a 0.8 nm en la banda de fibra de erbio. Algunos sistemas comerciales tienen un espaciamiento de 50 GHz, 25 GHz e incluso 12.5 GHz,

En WDM entre mayor sea el espaciamiento, es más fácil realizar la multiplexación y demultiplexación ópticas. El ancho de banda del sistema limita el rango total de longitudes de onda utilizables.

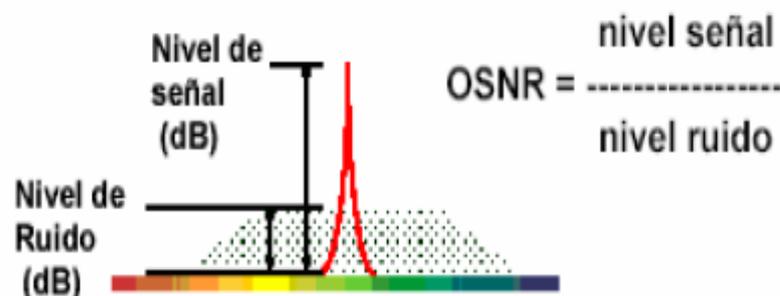
2.3.6. RELACIÓN SEÑAL A RUIDO ÓPTICA (OSNR)

Esta es una medida de la relación entre el nivel de la señal y el nivel de ruido que aparece en el sistema. Si esta relación la decrece, aumenta el error en la detección y recuperación de bits. Se mide en decibeles (dB).

La relación es un parámetro importante en los sistemas de transmisión, ya que el ruido externo no se lo puede eliminar totalmente, la reducción del ruido generado en el sistema depende del cuidado en el diseño de la red.

Figura 37. Relación Señal a Ruido

Fuente: <http://www.go-gddq.com/upload/2011-12/111228233273143.jpg>



¹⁵ Unión internacional de telecomunicaciones, organismo de las Naciones Unidas encargado de regular las telecomunicaciones entre las distintas administraciones y empresas operadoras

¹⁶ Conjunto de recomendaciones para Interfaces ópticas en sistemas multicanales con amplificadores ópticos

2.3.7. EVOLUCIÓN DE LA TECNOLOGÍA WDM.

WDM apareció a finales de los años 80, usaba dos longitudes de onda muy separadas, una en los 1310 nm y la otra en los 1550 nm, se la denominó como WDM de banda ancha.

En la década de los 90 el desarrollo de esta tecnología permitió espaciamientos más cortos entre canales y nace la segunda generación de WDM, denominada WDM de banda estrecha o CWDM¹⁷, se utilizaban de 2 a 8 canales, separados en un intervalo de unos 400 GHz en la ventana de 1550 nm.

En el año 1995 los sistemas DWDM¹⁸ ya incorporaban de 16 a 40 canales y un espaciado de 100 a 200 GHz y ya a finales de este año DWDM había evolucionado hasta el punto de tener de 64 a 160 canales en paralelo y espaciados cada 50 ó 25 GHz, a velocidades de 2.5 y 10 Gbps.

Tabla 48: Evolución de la Tecnología WDM

Fuente: http://www.univalle.edu.co/~telecomunicaciones/trabajos_de_grado/informes/Cadavid_Rodriguez.pdf

| Año | Número de canales | Capacidad de transmisión | Distancia (Km) |
|------|-------------------|--------------------------|----------------|
| 1985 | 10 | 2 Gbps | 63.8 |
| 1994 | 16 | 2.5 Gbps | 1420 |
| 1995 | 17 | 20 Gbps | 150 |
| 1996 | 132 | 2.64 Tbps | 120 |

El desarrollo en fibras ópticas está ligado al uso de regiones específicas en el espectro óptico donde la atenuación es menor. Estas regiones son llamadas Banda de Transmisión Óptica.

- Primera Banda de Transmisión Óptica: con espectro de 850 nm
- Segunda Banda de Transmisión Óptica (Banda S), a 1330 nm, baja atenuación.
- Tercera Banda de Transmisión Óptica (Banda C) a 1550 nm con incluso menos atenuación respecto a la segunda Banda.
- Cuarta Banda de Transmisión Óptica (Banda L) cerca de los 1625 nm, es la más empleada.

¹⁷ Es una técnica de transmisión de señales a través de fibra óptica que pertenece a la familia de multiplexión por división de longitud de ondas ligeras.

¹⁸ Técnica de transmisión de señales a través de fibra óptica usando la banda C

2.4. COMPONENTES CARACTERÍSTICOS DE UN SISTEMA WDM

Los componentes cuya característica principal de trabajo dependen de la longitud de onda son importantes para configurar los dispositivos de este sistema.

2.4.1. FUENTES ÓPTICAS

En la transmisión de datos a través de fibra óptica, las señales eléctricas se las transforma a señales ópticas mediante laser con una longitud de onda que este dentro del rango que permita realizar la multiplexación.

Estos dispositivos son los encargados de generar el haz de luz que permite la transmisión de datos, existe dos tipos.

- LED, tienen velocidad lenta, consumen de 50 a 100mA, se puede utilizar solo en fibras multimodo, tiempo de vida grande, fácil uso y económicos.
- LASER, rápidos en relación al Led, consumen de 5 a 40 mA, se puede utilizar en fibras monomodo y multimodo, tiempo de vida menor, difícil de usar y más costosos en relación al Led.

WDM utiliza láseres que tienen similares características a los usados en comunicaciones de grandes distancias, pero estos tienen que soportar requerimientos nuevos.

- a. Láseres sintonizables en Longitud de Onda. Tienen la capacidad de sintonización rápida tanto en el transmisor y receptor, lo que aumenta el rendimiento del sistema.
- b. Láseres Multi-Longitud de Onda. Permiten la implementación de una sintonización que permite seleccionar la longitud de onda transmitida, soporta la transmisión de múltiples longitudes de onda.

2.4.2. ACOPLADORES

El Acoplador tiene la función de unir o separar las señales que se envían o llegan de diferentes canales. Es un componente pasivo que no realiza amplificación, conmutación o modulación, estos comparten la potencia óptica entre sus puertos.

El Acoplador más común es el que tiene dos hilos de fibra de entrada que unen las señales en el interior del acoplador y dos hilos de salida por donde la señal sale con propiedades determinadas. La potencia de salida del acoplador, no es la misma potencia que ingreso.

Figura 38. Acopladores de Fibra Óptica

Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/general-photonics/acopladores-para-fibras-opticas-36256-530042.html>



2.4.3. FILTROS ÓPTICOS

La tecnología WDM trabaja con diversas longitudes de onda, debido a eso los Filtros son elementos capaces de seleccionar una sola longitud de onda. El proceso de este elemento consiste en seleccionar una única longitud de onda y permitirle el paso y cerrar a todas las demás.

Los parámetros importantes de un filtro son: ancho de banda que permite pasar y las pérdidas.

Figura 39. Filtro Óptico

Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/brimrose/filtros-ajustables-para-fibras-opticas-19101-42439.html>



Los tipos de filtros más comunes se numeran a continuación.

- Filtros Interferenciales, permite el paso de las longitudes de onda que cumplan con una determinada condición.
- Filtros Sintonizables, similar a los filtros anteriores, estos tienen la capacidad de ajustar la longitud de onda para permitir su paso.
- Filtros basados en redes de Difracción, capaces de encaminar longitudes de onda que estén en una frecuencia óptica por trayectorias diferentes.

2.4.4. MULTIPLEXORES Y DEMULTIPLEXORES ÓPTICOS

Para la transmisión de datos por fibra óptica con la tecnología WDM se utiliza un dispositivo que sea capaz de introducir en la fibra distintas longitudes de onda, estos dispositivos son los multiplexores y demultiplexores.

Estos dispositivos tienen la capacidad de unir o separar diferentes señales con diferentes longitudes de onda, para que sean transmitidas a través de un hilo de fibra óptica.

Figura 40. Multiplexores y Demultiplexores Ópticos

Fuente: <http://www.fibraopticahoy.com/multiplexores-opticos-wdm/>



La multiplexación WDM permite enviar varias longitudes de onda sobre una fibra, la multiplexación de dos, permite la transmisión de dos canales sobre una sola fibra óptica y, a su vez, duplicar la capacidad, mientras que la de triple canal es de especial aplicación en FTTx¹⁹ para el envío de datos, voz y video por una fibra óptica.

¹⁹Término genérico para designar cualquier acceso de banda ancha sobre fibra óptica que sustituya total o parcialmente el cobre del bucle de acceso.

El multiplexor/demultiplexor para fibra óptica consta de una o dos ramas de entrada y salida. Fabricados en tecnología de fusión, están diseñados para introducir muy bajas pérdidas de inserción y alto aislamiento. La presentación mecánica habitual se realiza sobre bandejas de empalme o casetes comerciales normalizados. Los extremos de conexión pueden suministrarse terminados con conectores a requerimiento del usuario

2.4.5. AMPLIFICADORES ÓPTICOS

En comunicaciones a largas distancias mediante fibra óptica, la señal experimenta atenuación y degradación de la señal, para solucionar este problema se utiliza los amplificadores ópticos, estos dispositivos permiten amplificar la señal de una manera directa, sin la necesidad de convertir la señal óptica en señal eléctrica.

- a. Amplificadores de Fibra Dopada con Erblio. La fibra al ser dopada con erbio se estimula, los átomos absorben fotones y quedan excitados, al volver a su estado original liberan energía lo que es conocido como emisión, este fenómeno produce la amplificación de la señal. Este tipo de amplificador es el más utilizado en la actualidad.
- b. Amplificadores Raman. Este dispositivo está compuesto de un Laser y un acoplador WDM, la amplificación se la distribuye a toda la línea de transmisión, reducen el ruido y mejoran el rendimiento, el procedimiento aumenta el Ancho de Banda pero su funcionamiento es complejo.

2.4.6. CONVERTIDORES DE LONGITUD DE ONDA

Los convertidores tienen la función de modificar la longitud de onda de la portadora sobre la que se encuentran modulados los datos para realizar la conmutación, son indispensables en este tipo de tecnología.

Las ventajas de usar estos dispositivos son: reducen el nivel de ruido, reconfiguración del espectro y velocidad.

2.4.7. CONECTORES ÓPTICOS

Los conectores sirven para la unión de fibras ópticas mediante elementos de conexión, puede ser un transmisor o receptor, deben cumplir con las siguientes características.

- Protección temperatura.
- Protección humedad.
- Protección polvo.
- Pérdida de inserción menor a 1.5 dB
- Protección a Tensiones.

Los tipos de conectores son:

- FC, transmisión de datos y telecomunicaciones.
- FDDI, redes FDDI.
- LC y MT-Array, transmisión de datos a altas velocidades.
- SC y SC dúplex, transmisión de datos.
- ST, edificios y seguridad.
- MTRJ, acoplador.

Figura 41: Tipos de Conectores

Fuente: http://aprendeinstalar.infored.mx/726442_FIBRA--PTICA-Y-CONECTORES.html



2.5. VENTAJAS DE WDM.

La ventaja más convincente de WDM es la posibilidad de suministrar potencialmente una capacidad de transmisión ilimitada sobre la fibra óptica. Se derivan además un conjunto de ventajas más que se detalla a continuación:

- a. Optimización de la red: se utiliza menos fibra al aumentar la capacidad de un punto a otro de la red de fibra óptica, lo cual es considerada la aplicación clásica del WDM, además se utilizan menos equipos de amplificación.
- b. Transparencia: permite incorporar diferentes tipos de tráfico sobre la misma red, evitando los problemas de compatibilidad de protocolos.
- c. Flexibilidad y escalabilidad: se puede hacer que la cantidad de fibra ya instalada permita cubrir los aumentos de ancho de banda exigidos por los nuevos servicios. Se logra aumentar muy fácilmente la velocidad de la red, añadiendo nuevos canales sobre diferentes portadoras o aumentando la velocidad por portadora.
- d. Rentabilidad: brinda mayor conectividad al procurar un mejor enrutamiento y reparto de las longitudes de onda, lo que permite disminuir el costo de la comunicación, mejorando la eficiencia general de la red y garantizando la independencia del tráfico.
- e. Fiabilidad: con la conmutación óptica permite establecer una comunicación en mili segundos tras una falla en el nivel óptico del sistema sin que se afecten los niveles superiores y en general los esquemas de protección implementados en equipos WDM y en los diseños de la red, son al menos tan robustos como los construidos con SDH. Estos dos factores contribuyen a una mejor rentabilidad y un menor mantenimiento en la red óptica.
- f. Para los proveedores de servicios de telecomunicaciones: el aumento en la demanda del tráfico ha traído implicaciones importantes en cuanto al

diseño y operación de las redes. Los proveedores de servicios y las empresas pueden responder más rápidamente a los cambios de demanda. La posibilidad de proveer servicios mediante el suministro de longitud de onda a la demanda, crea nuevas oportunidades de ingresos tales como alquilar una longitud de onda por ejemplo, como si fuera un enlace físico.

3. CAPÍTULO III

DISEÑO DE LA RED WDM

Uno de los principales servicios que ofrece CONECEL en la ciudad Otavalo es el servicio portador, por donde brindan la transmisión de datos e internet, la red acceso es una infraestructura inalámbrica la cual pertenece a la empresa EQUYSUM, red que debe ser proyectada hacia el futuro de las telecomunicaciones, la transmisión por esta nueva red debe ser de una manera rápida y eficiente. Por lo expuesto se ha considerado la necesidad de proponer una nueva red con fibra óptica como medio de transmisión y que utilice la tecnología WDM.

Este capítulo está dedicado al diseño de la red de fibra óptica (en este caso la red de acceso o últimas millas) tomando en cuenta la tecnología WDM.

3.1. INTRODUCCIÓN

Se debe tomar en cuenta que la actual red de acceso que tiene instalada la empresa EQUYSUM que es utilizada para dar servicio a los clientes de CONECEL en la ciudad Otavalo es 100% inalámbrica, esta información nos permite decidir el tipo de fibra óptica y equipos que se utilizará en el diseño, esta nueva red debe ser capaz de soportar las nuevas tecnologías que están en auge en nuestro país.

La tecnología WDM tiene algunas ventajas sobre la transmisión inalámbrica, la principal es su ancho de banda, esta característica es por la cual se ha tomado en cuenta la tecnología WDM para el diseño de la red; una de las principales desventajas es el costo para su implementación en relación a la transmisión inalámbrica, pero las prestaciones que tiene la fibra óptica son superiores, una de ellas es que puede soportar el incremento del ancho de banda en unos 20 años aproximadamente.

3.2. CRITERIOS DE DISEÑO DE RED

Es primordial hacer un estudio de las necesidades actuales y futuras tanto de la red como de los clientes, la red diseñada debe ser escalable y con proyección al futuro, por lo tanto se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos, por ejemplo: todos los clientes son corporativos, servicios que se ofrece, los cuales deben ser compatibles con la infraestructura de red, ancho de banda, tiempos de respuesta, fiabilidad, privacidad, etc. Como punto fundamental se debe hacer una correcta selección de los equipos que se van a utilizar en la red y que soporten la tecnología WDM.

Tabla 49. Requerimientos para el Diseño de la Red con Fibra Óptica

Fuente: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/16533/1/Dise%C3%B1o%20de%20una%20red%20de%20Fibra%20Optica%20para%20un%20sistema%20de%20Videovigilancia.pdf>

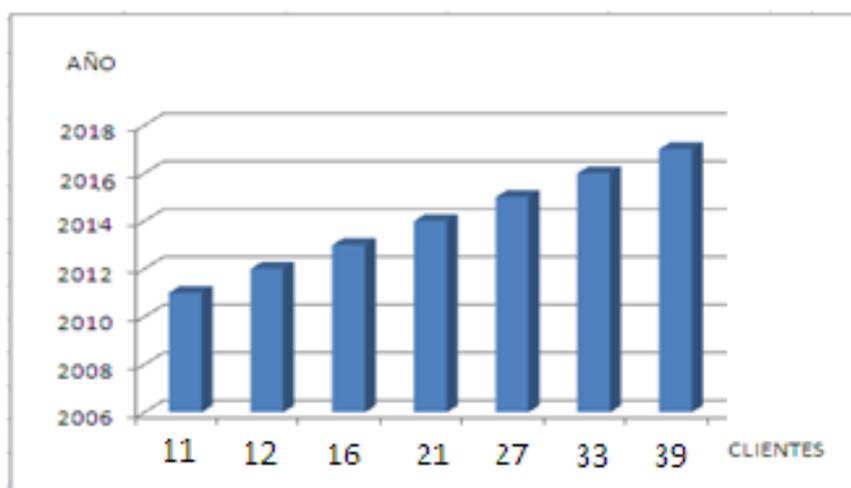
| Requerimientos | Parámetros de Diseño | Justificación |
|--|---|--|
| Localización y número de Usuarios | Migración de la Red Inalámbrica a Red con Fibra Óptica. | Se requiere la transmisión de datos desde el Nodo Otavalo a los usuarios. |
| Expectativa del Crecimiento del Sistema | | |
| En 10 años | Se espera duplicar el número de usuarios. | Se contempla ampliar la cobertura para los usuarios. |
| Expectativa del Usuario | | |
| Fiabilidad | Debe ser aproximada al 100%. | La red no debe tener fallas, el momento en que falle debe actuar una red redundante. |
| Disponibilidad | La red debe estar disponible siempre. | Según las estándares la red debe funcionar el 99.99% del tiempo. |
| Escalabilidad | El diseño incorporar equipos modulares. | Se requiere aumentar el área de cobertura y número de usuarios. |
| Exigencias Técnicas del Diseño | | |
| Ancho de Banda | Determinada por la capacidad de fibra óptica y equipos. | El ancho de banda debe ser suficiente para soportar los requerimientos de los usuarios. |
| Seguridad | La red debe garantizar la confiabilidad en la transmisión de datos. | La seguridad es un factor importante en el diseño, debido a que los usuarios son corporativos y los datos a transmitir son confidenciales. |

3.3. ESTADÍSTICA DE CRECIMIENTO DE CLIENTES

A nivel de clientes se puede apreciar que actualmente se maneja el doble número de clientes a comparación del año 2006, que se operaba con 11 clientes. Ver Figura 42.

Según estos datos se puede hacer una proyección de futuros clientes, hasta diciembre de 2012 se ha dado un incremento de 3 clientes por año, por lo cual se estima que en cinco años el número de clientes a los que se espera dar el servicio de comunicación es 36 clientes, esto se puede observar en la Figura 42.

Figura 42. Estadística de crecimiento de Usuarios
Fuente: Propia



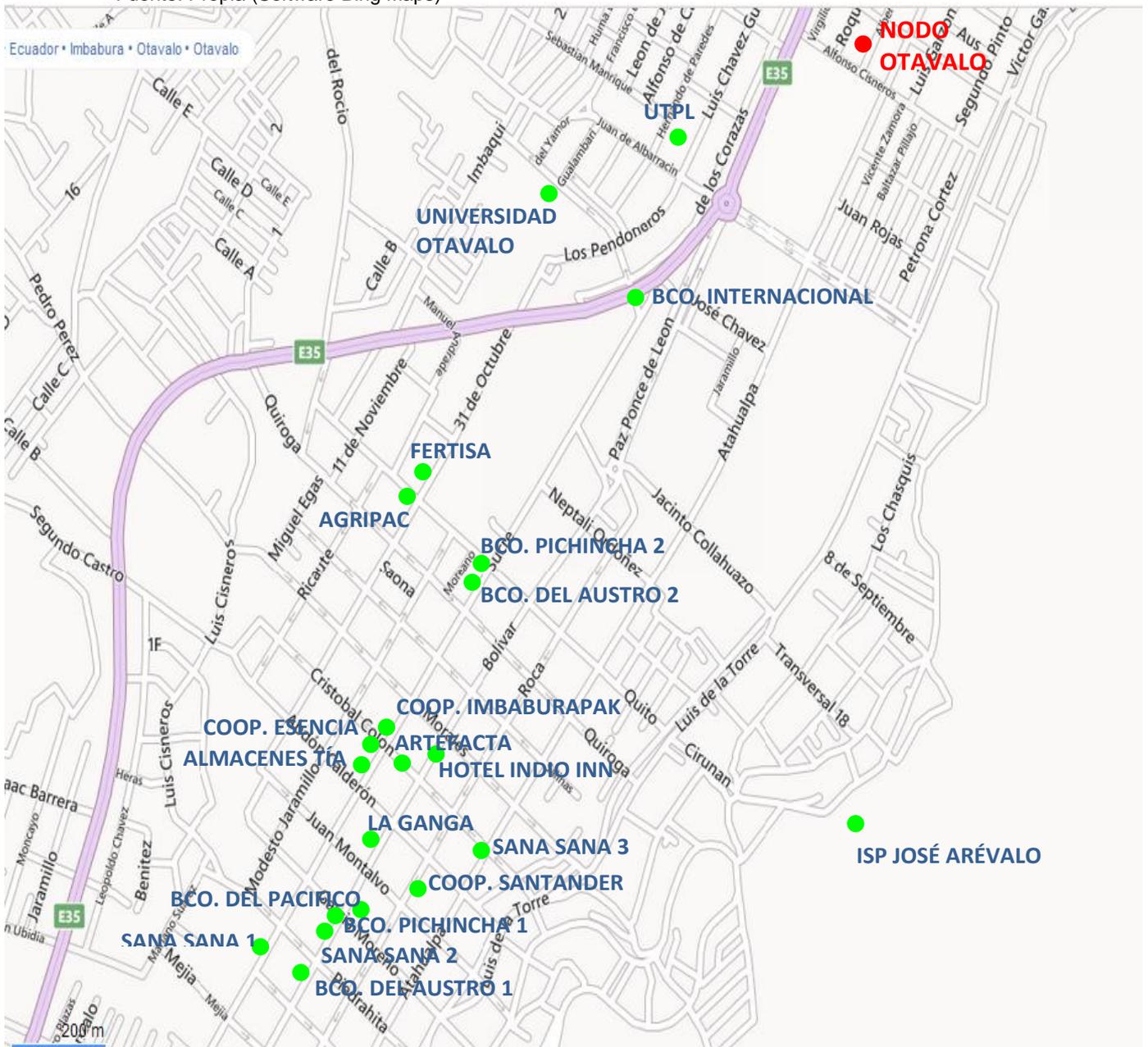
La propuesta de este diseño es reemplazar a toda la infraestructura existente, la fibra óptica a utilizar va a soportar el incremento de nuevos usuarios, por lo tanto la fibra óptica a instalar para el anillo es de 24 hilos, esta sale desde el Nodo a las Mangas de derivación.

Al instalar un anillo de fibra óptica de 24 hilos se puede duplicar esta capacidad, dando la posibilidad de conectar 48 clientes, esto conectando a 24 clientes en un sentido y los 24 clientes restantes en sentido contrario del recorrido de la fibra óptica.

3.4. UBICACIÓN DEL NODO Y USUARIOS

El diseño de la red inicia detallando la ubicación del Nodo de Acceso y de cada uno de los usuarios, esto permite trazar la ruta por donde va a pasar la Fibra Óptica.

Figura 43. Ubicación de Usuarios
Fuente: Propia (Software Bing Maps)



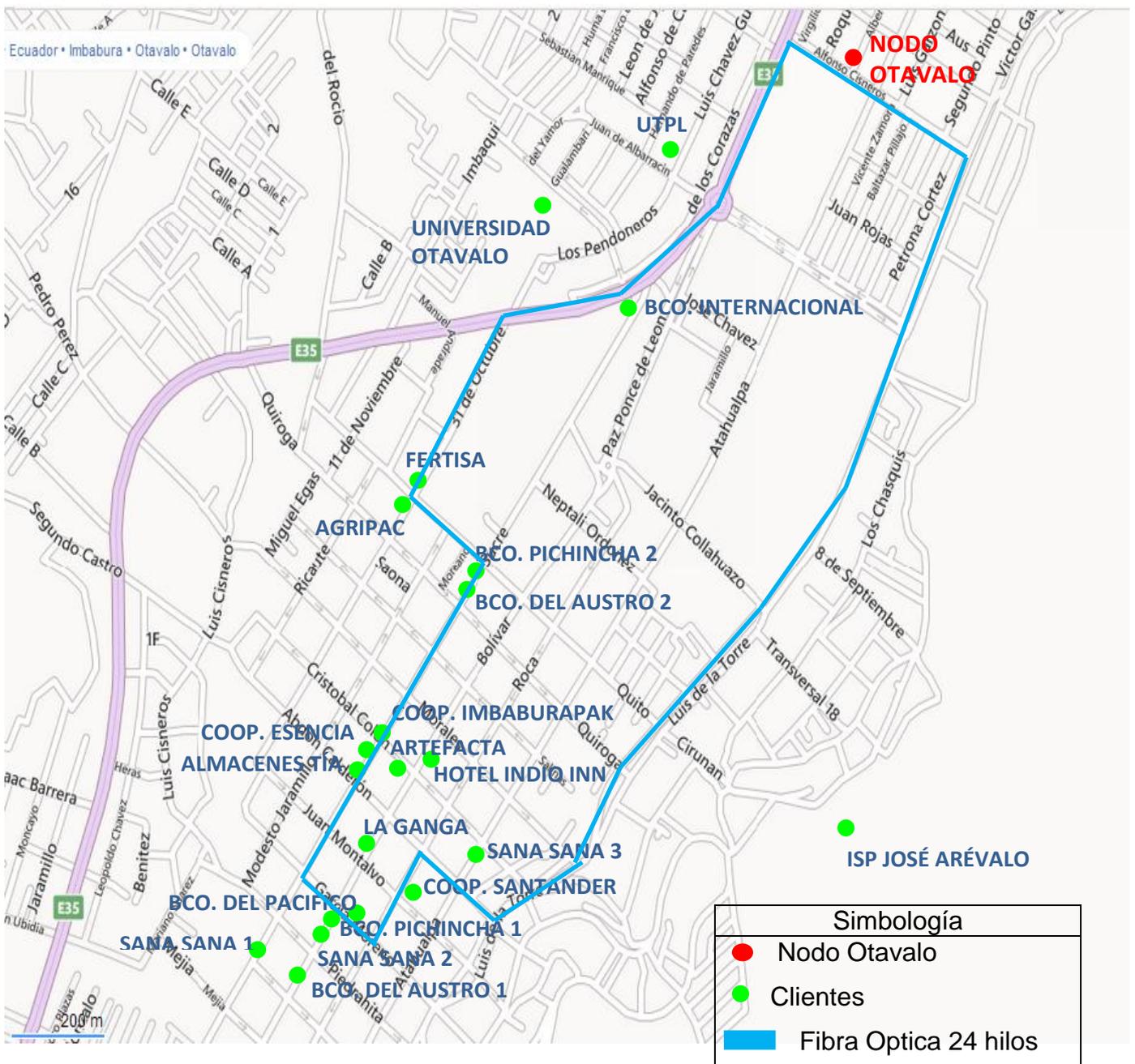
| Simbología | |
|--------------------------------------|--------------|
| ● | Nodo Otavalo |
| ● | Clientes |

3.5. RECORRIDO Y DISTANCIA DE LA FIBRA ÓPTICA

3.5.1. RECORRIDO DE LA FIBRA ÓPTICA DE 24 HILOS

Como se puede observar en la Figura 44, se ha tomado en cuenta el camino que presenta mayor facilidad de instalación, mantenimiento y seguridad, donde se concentra mayor cantidad de clientes y posibles futuros clientes que aprovechen los beneficios de esta red de Telecomunicaciones.

Figura 44. Recorrido de la Fibra Óptica de 24 Hilos
Fuente: Propia (Software Bing Maps)



3.5.2. CÁLCULO DE LA DISTANCIA DE LA FIBRA ÓPTICA DE 24 HILOS

Para determinar este valor se realizó una inspección de campo, mediante el conteo de postes por donde va a ir tendida la fibra óptica y mediante el Software Bing Maps se obtuvo la distancia aproximada.

a. Conteo de Postes

La distancia promedio que existe entre un poste al próximo poste es de 45 metros, con este valor y conociendo el número de postes se obtuvo la distancia que tiene el recorrido de la Fibra Óptica.

Cálculo: Número de Postes = 114

Distancia entre postes = 45 metros.

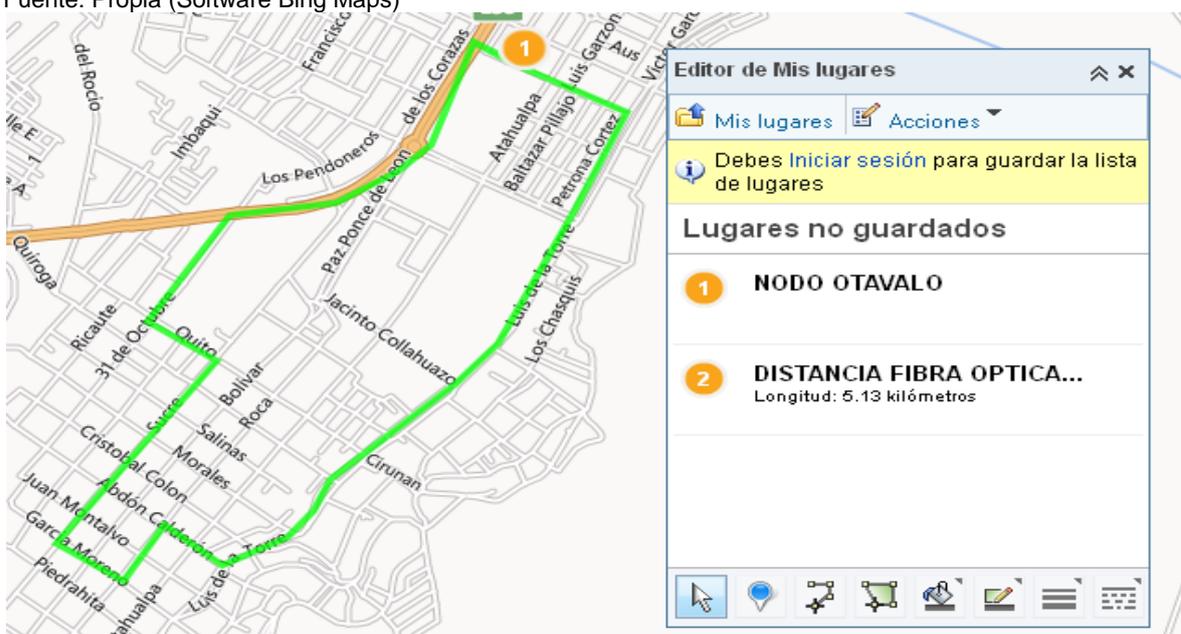
Distancia = $114 \times 45 = 5130$ metros.

La distancia calculada con el número de postes del recorrido de la fibra óptica de 24 hilos es de 5130 metros.

b. Distancia utilizando el Software Bing Maps.

Esta herramienta permite realizar una medición aproximada de la distancia que existe entre dos puntos, a continuación se muestra la distancia obtenida a todo el recorrido de la fibra óptica de 24 hilos.

Figura 45. Distancia Total de la Fibra Óptica de 24 hilos.
Fuente: Propia (Software Bing Maps)



Como se puede observar en la Figura 45, la distancia calculada utilizando el número de postes y el Software Bing Maps es similar, estos valores se pueden utilizar como la distancia del recorrido de la fibra óptica.

c. Distancia de la fibra óptica que se necesita para el Ingreso desde el poste al Rack de datos del Nodo.

La fibra óptica debe Ingresar desde el poste hasta el Rack de equipos del Nodo, la cantidad aproximada de fibra óptica que se utilizará es de 20 metros para el Nodo.

d. Cálculo de la Reserva de la fibra óptica.

En zonas urbanas normalmente constituyen un 10 a 20% de la distancia lineal del total de la ruta. La ubicación de reservas se hace en cada cambio de dirección de la ruta del cable y en sitios donde probablemente se debe derivar el cable (Mangas de Derivación). Ejemplo: Conexión a un nuevo cliente o derivación de la ruta. En trayectos bastantes largos constituyen un 5 a 10% de la distancia lineal del total de la ruta. La ubicación de las reservas se hace en cada punto donde posiblemente luego sea necesario hacer alguna derivación ó es necesario realizar un empalme de continuidad. Ejemplo: Se terminó el carrete y es necesario continuar instalando más cable.

Con lo expuesto anteriormente, la distancia obtenida se le hará una suma de un 20% que está destinada como fibra óptica de reserva.

Cálculo: Reserva = Distancia fibra óptica por 20%

$$= 5130 \text{ metros} \times 20\%$$

$$= 1026 \text{ metros}$$

e. Pandeo

Los postes de la red eléctrica están sometidos a fuerzas horizontales que lo flexionan, aplicadas directamente o a través de los cables eléctricos o algunos

elementos por él soportados, estas fuerzas pueden provocar fenómenos de inestabilidad.

El coeficiente de distancia adoptado para el poste de madera es de 3%, y para el poste de hormigón es de 2% de la cantidad total de fibra óptica que se va a utilizar en el recorrido.

.Los postes que se van a utilizar para el tendido de la fibra óptica de esta red, son en su totalidad de hormigón, por lo tanto el coeficiente a utilizar es el 2%.

$$\begin{aligned} \text{Cálculo: Pandeo} &= \text{Distancia fibra óptica por 2\%} \\ &= 5130 \text{ metros} \times 2\% \\ &= 102 \text{ metros.} \end{aligned}$$

f. Span

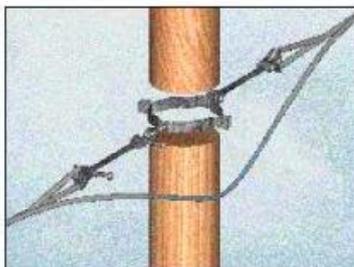
La distancia aproximada entre poste a poste en todo el recorrido es aproximadamente 45 metros, por lo cual el Span de la fibra óptica a instalar debe ser mínimo de 100 metros.

g. Herrajes

Los Herrajes de retención se determinan dependiendo del diámetro del cable y el span que van a soportar, hay para distancias cortas, medianas y largas, varían dependiendo el agarre que deben tener, a menos distancia menos agarre, para distancias más grandes se necesita más agarre. Los herrajes de Sujeción se instalan uno por poste de paso, por donde es el recorrido del cable.

Figura 46. Instalación de Herrajes

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos69/normas-fibra-optica/normas-fibra-optica2.shtml>



La distancia de fibra óptica que se tiene que aumentar por herraje instalado es de 20 centímetros, este valor se multiplica por el número de herrajes a instalar y se obtiene la distancia reservada para los herrajes.

Cálculo: Distancia herrajes = Número de herrajes por 20 cm.

$$= 115 \times 20 \text{ cm}$$

$$= 2300 \text{ cm} = 23 \text{ metros.}$$

h. Distancia total de la fibra óptica de 24 hilos.

La distancia total se obtendrá sumando los valores que se indicó anteriormente, este valor se muestra en la Tabla 50.

Tabla 50. Distancia total de la Fibra Óptica de 24hilos
Fuente: Propia

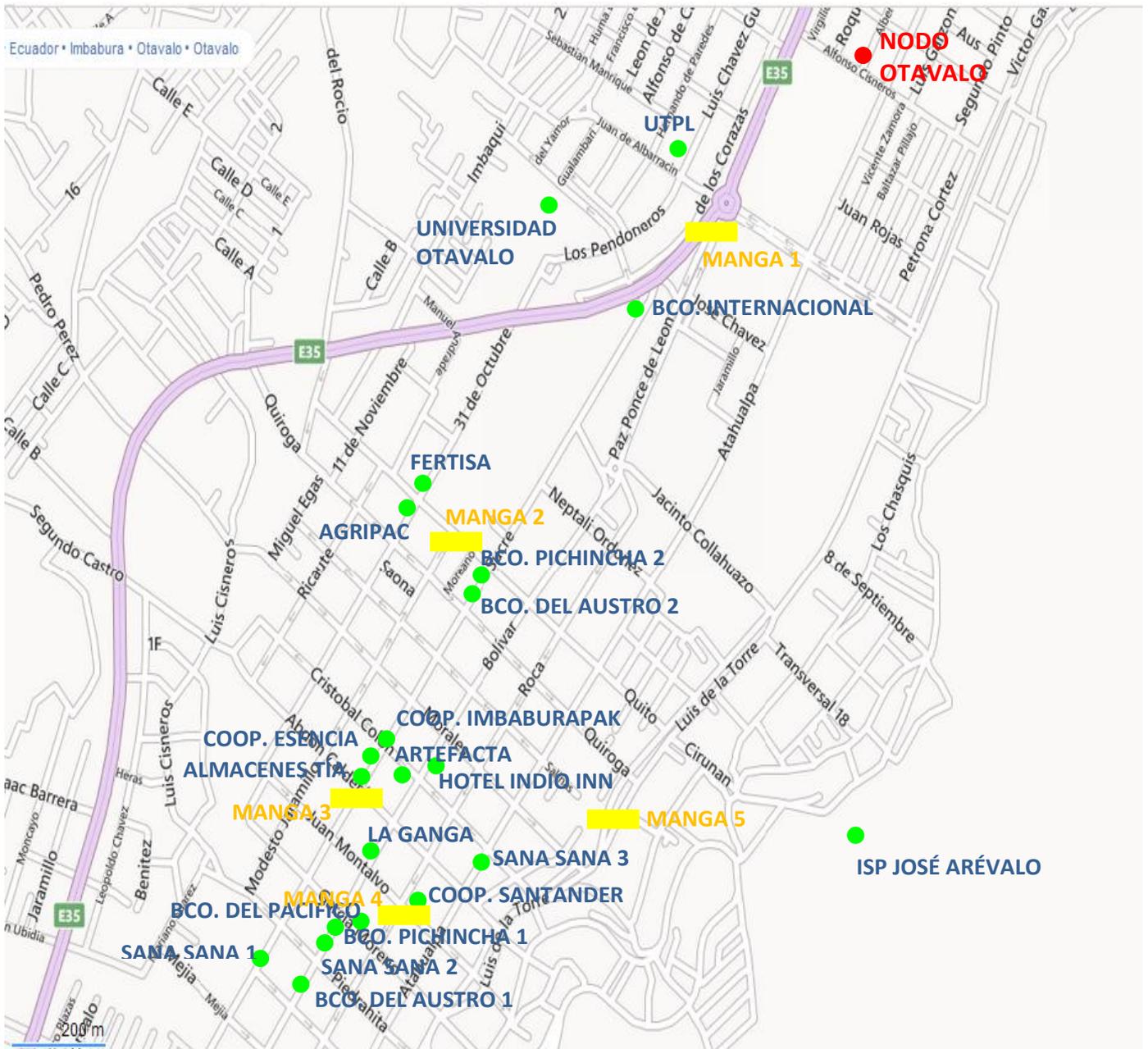
| Indicador | Cantidad (metros) |
|------------------------|-------------------|
| Distancia fibra óptica | 5130 |
| Ingreso al Nodo | 20 |
| Reserva | 1026 |
| Pandeo | 102 |
| Herrajes | 23 |
| TOTAL | 6301 |

La distancia total de la Fibra Óptica de 24 hilos es de 6,301 Km.

3.5.3. UBICACIÓN DE LAS MANGAS DE DERIVACIÓN

Las mangas de derivación tienen la función de alojar a las fusiones de fibra, en este caso las fusiones de la fibra óptica de 24 hilos que sale del nodo con la fibra óptica de 2 hilos que va al cliente. El lugar donde se instalan estas mangas depende principalmente de la ubicación de los usuarios, para la red diseñada se utilizan 5 mangas colocadas en sitios estratégicos, esto permite el ahorro de la fibra óptica, en la Figura 47 se muestra la ubicación de las mangas.

Figura 47. Ubicación de las Mangas de Derivación
Fuente: Propia (Software Bing Maps)



| Simbología | |
|--|---------------------|
| ● | Nodo Otavalo |
| ● | Clientes |
| | Manga de derivación |

En la Tabla 51 se enumera los clientes que salen de cada una de las mangas de derivación y la dirección donde se las instalará.

Tabla 51: Ubicación y usuarios de las Mangas de Derivación.
Fuente: El Autor

| NÚMERO DE MANGA | UBICACIÓN | USUARIOS |
|-----------------|---|--|
| 1 | Panamericana Sur y Av. Paz Ponce | UTPL, Universidad de Otavalo y Banco Internacional |
| 2 | Av. Quito y Modesto Jaramillo. | Fertisa, Agripac, Banco Pichincha 2 y Banco del Austro 2. |
| 3 | Antonio José de Sucre y Av. Abdón Calderón. | Cooperativa Imbaburapak, Cooperativa Esencia Indígena, Almacén Tía, Artefacta, Hotel Indio Inn, La Ganga y Farmacia Sana Sana 1. |
| 4 | Roca y García Moreno. | Banco del Austro 1, Farmacia Sana Sana 2, Banco del Pichincha 1, Banco del Pacífico, Cooperativa Santander y Farmacia Sana Sana 3. |
| 5 | Luis de la Torre y Calle SN. | ISP José Arévalo |

3.5.4. DISTANCIA DESDE EL NODO A LAS MANGAS

La distancia se la obtuvo mediante el conteo de número de postes, en la Tabla 52 se puede apreciar estas distancias.

Tabla 52: Distancia del Nodo a las Mangas de Derivación.
Fuente: El Autor

| NÚMERO DE MANGA | DISTANCIA (metros) |
|-----------------|--------------------|
| 1 | 800 |
| 2 | 1440 |
| 3 | 2160 |
| 4 | 2700 |
| 5 | 3375 |

3.5.5. DISTANCIA DE LA FIBRA ÓPTICA DE DOS HILOS

Este valor se lo obtiene calculando la distancia que existe desde la Manga de derivación hasta un cliente, esta se obtendrá mediante el conteo de postes y utilizando el software Bing Maps.

a. Conteo de Postes

La distancia promedio que existe entre un poste al próximo poste es de 45 metros, con este valor y conociendo el número de postes se obtuvo la

distancia que tiene el recorrido de la Fibra Óptica desde la Manga 1 hacia el cliente UTPL.

Calculo: Número de Postes = 6

Distancia entre postes = 45 metros.

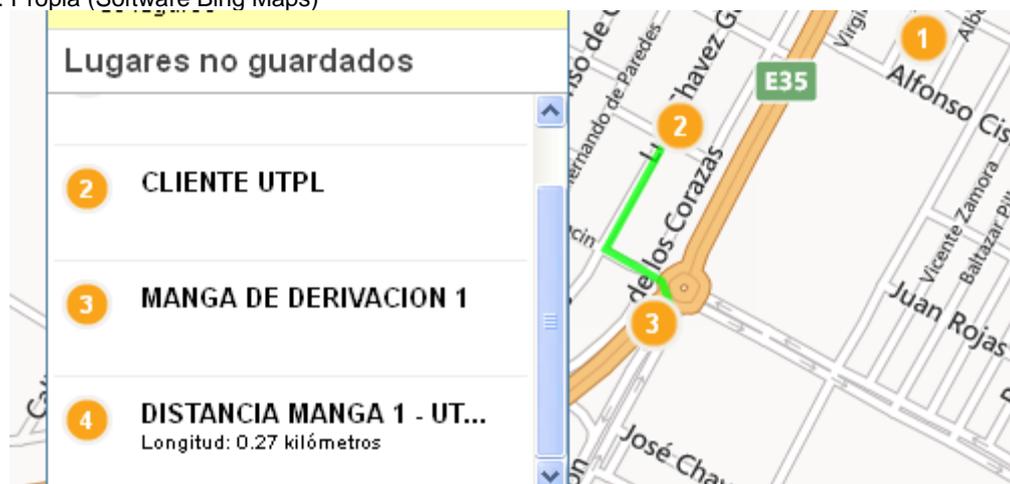
Distancia = $6 \times 45 = 270$ metros.

La distancia calculada con el número de postes del recorrido de la fibra óptica de 2 hilos es entre la Manga de Derivación 1 y el Cliente UTPL es de 270 metros.

b. Distancia utilizando el Software Bing Maps.

Esta herramienta permite realizar una medición aproximada de la distancia que existe entre dos puntos, a continuación se muestra la distancia obtenida entre la Manga 1 y el cliente UTPL.

Figura 48. Distancia desde la Manga 1 al Cliente UTPL
Fuente: Propia (Software Bing Maps)



Como se puede observar en la Figura 46, la distancia calculada utilizando el número de postes y el Software Bing Maps es similar, con estos valores se pueden utilizar para la distancia del recorrido de la fibra óptica.

c. Distancia de la fibra óptica que se necesita para el Ingreso desde el poste al Rack de datos del Cliente.

La fibra óptica debe Ingresar desde el poste hasta el Rack de equipos del Cliente, la cantidad aproximada de fibra óptica que se utilizará es de 20 metros para el Cliente.

d. Calculo de la Reserva de la Fibra Óptica.

En zonas urbanas normalmente constituyen un 10 a 20 % de la distancia lineal del total de la ruta. La ubicación de reservas se hace en cada cambio de dirección de la ruta del cable y en sitios donde probablemente se debe derivar el cable. Ejemplo: Conexión a un nuevo cliente o derivación de la ruta. En trayectos bastantes largos constituyen un 5 a 10% de la distancia lineal del total de la ruta. La ubicación de las reservas se hace en cada punto donde posiblemente luego sea necesario hacer alguna derivación o es necesario realizar un empalme de continuidad. Ejemplo: Se terminó el carrete y es necesario continuar instalando más cable.

Con lo expuesto anteriormente, la distancia obtenida se le hará una suma de un 20% que está destinada como fibra óptica de reserva.

$$\begin{aligned} \text{Cálculo: Reserva} &= \text{Distancia fibra óptica por } 20\% \\ &= 270 \text{ metros} \times 20\% \\ &= 54 \text{ metros.} \end{aligned}$$

e. Pandeo

Los postes de la red eléctrica están sometidos a fuerzas horizontales que lo flexionan, aplicadas directamente o a través de los cables eléctricos o algunos elementos por él soportados, estas fuerzas pueden provocar fenómenos de inestabilidad.

El coeficiente de distancia adoptado para el poste de madera es de 3%, y para el poste de hormigón es de 2% de la cantidad total de fibra óptica que se va a utilizar en el recorrido.

.Los postes que se van a utilizar para el tendido de la fibra óptica de esta red, son en su totalidad de hormigón, por lo tanto el coeficiente a utilizar es el 2%.

$$\begin{aligned} \text{Cálculo: Pandeo} &= \text{Distancia fibra óptica por } 2\% \\ &= 270 \text{ metros} \times 2\% \\ &= 5,4 \text{ metros.} \end{aligned}$$

f. Span

La distancia aproximada entre poste a poste en todo el recorrido es aproximadamente 45 metros, por lo cual el Span de la fibra óptica a instalar debe ser mínimo de 100 metros.

g. Herrajes

Los Herrajes de retención se determinan dependiendo del diámetro del cable y el span que van a soportar, hay para distancias cortas, medianas y largas, varían dependiendo el agarre que deben tener, a menos distancia menos agarre, para distancias más grandes se necesita más agarre. Los herrajes de Sujeción se instalan uno por poste de paso, por donde es el recorrido del cable.

La distancia de fibra óptica que se tiene que aumentar por herraje instalado es de 20 centímetros, este valor se multiplica por el número de herrajes a instalar y se obtiene la distancia reservada para los herrajes.

$$\begin{aligned} \text{Cálculo: Distancia herrajes} &= \text{Número de herrajes por } 20 \text{ cm.} \\ &= 6 \times 20 \text{ cm} \\ &= 120 \text{ cm} = 1,2 \text{ metros.} \end{aligned}$$

h. Distancia total de la fibra óptica de 2 Hilos para el Cliente UTPL.

La distancia total se obtendrá sumando los valores que se indicó anteriormente, este valor se muestra en la Tabla 53.

Tabla 53. Distancia total de la Fibra Óptica de 2 hilos del Cliente UTPL
Fuente: Propia

| Indicador | Cantidad (metros) |
|------------------------|--------------------------|
| Distancia Fibra Óptica | 270 |
| Ingreso al Cliente | 20 |
| Reserva | 54 |
| Pandeo | 5,4 |
| Herrajes | 1,2 |
| TOTAL | 350,6 |

La distancia del recorrido desde la Manga 1 al Cliente UTPL es de 350,6 metros.

i. Distancia total de la fibra óptica de 2 Hilos para todos los Clientes.

Aplicando los cálculos anteriormente realizados a todos los Clientes se obtiene los valores que se muestran en la Tabla 54

Tabla 54: Distancia entre las Mangas y los clientes.
Fuente: El Autor

| ENLACE | DISTANCIA DEL ENLACE (metros) | NÚMERO DE POSTES |
|---------------------------------------|-------------------------------|------------------|
| MANGA 1 – UTPL | 350,6 | 6 |
| MANGA 1 - UNIVERSIDAD OTAVALO | 627,1 | 11 |
| MANGA 1 - BANCO INTERNACIONAL | 242,4 | 4 |
| MANGA 2 –FERTISA | 243,4 | 4 |
| MANGA 2 – AGRIPAC | 189,3 | 3 |
| MANGA 2- BANCO DEL PICHINCHA 2 | 300,5 | 5 |
| MANGA 2- BANCO DEL AUSTRO 2 | 356,6 | 6 |
| MANGA 3 -COOPERATIVA IMBABURAPAK | 247,4 | 4 |
| MANGA 3 -COOPERATIVA ESENCIA INDÍGENA | 138,2 | 2 |
| MANGA 3 -ALMACÉN TÍA | 139,2 | 2 |
| MANGA 3 – ARTEFACTA | 195,3 | 3 |
| MANGA 3 -HOTEL INDIO INN | 361,6 | 6 |
| MANGA 3 -ALMACÉN LA GANGA | 362,6 | 6 |
| MANGA 3 -FARMACIAS SANA SANA 1 | 528,9 | 9 |
| MANGA 4 - BANCO DEL PACIFICO | 199,3 | 3 |
| MANGA 4 - CORPORACIÓN SANTANDER | 200,3 | 3 |
| MANGA 4 - BANCO DEL PICHINCHA 1 | 311,5 | 5 |
| MANGA 4 - BANCO DEL AUSTRO 1 | 422,7 | 7 |
| MANGA 4 - FARMACIAS SANA SANA 2 | 368,6 | 6 |
| MANGA 4 - FARMACIAS SANA SANA3 | 424,7 | 7 |
| MANGA 5 - ISP JOSÉ ARÉVALO | 646,1 | 11 |
| TOTAL | 6856,3 | |

La distancia total de fibra óptica de 2 hilos que se va a utilizar para todos los usuarios de la red es de 6,8563 Km.

3.5.6. DISTANCIA TOTAL DE LA FIBRA ÓPTICA PARA TODOS LOS CLIENTES

Esta distancia se obtiene sumando la distancia del recorrido de la fibra óptica de 24 hilos que sale del Nodo hacia las Mangas de Derivación más la distancia que

del recorrido de la Fibra Óptica de 2 hilos que va desde las Mangas de Derivación hacia los Clientes.

En la Tabla 55 se muestra los valores de la distancia total del recorrido de la fibra óptica.

Tabla 55: Distancia total del Recorrido de Fibra Óptica.
Fuente: El Autor

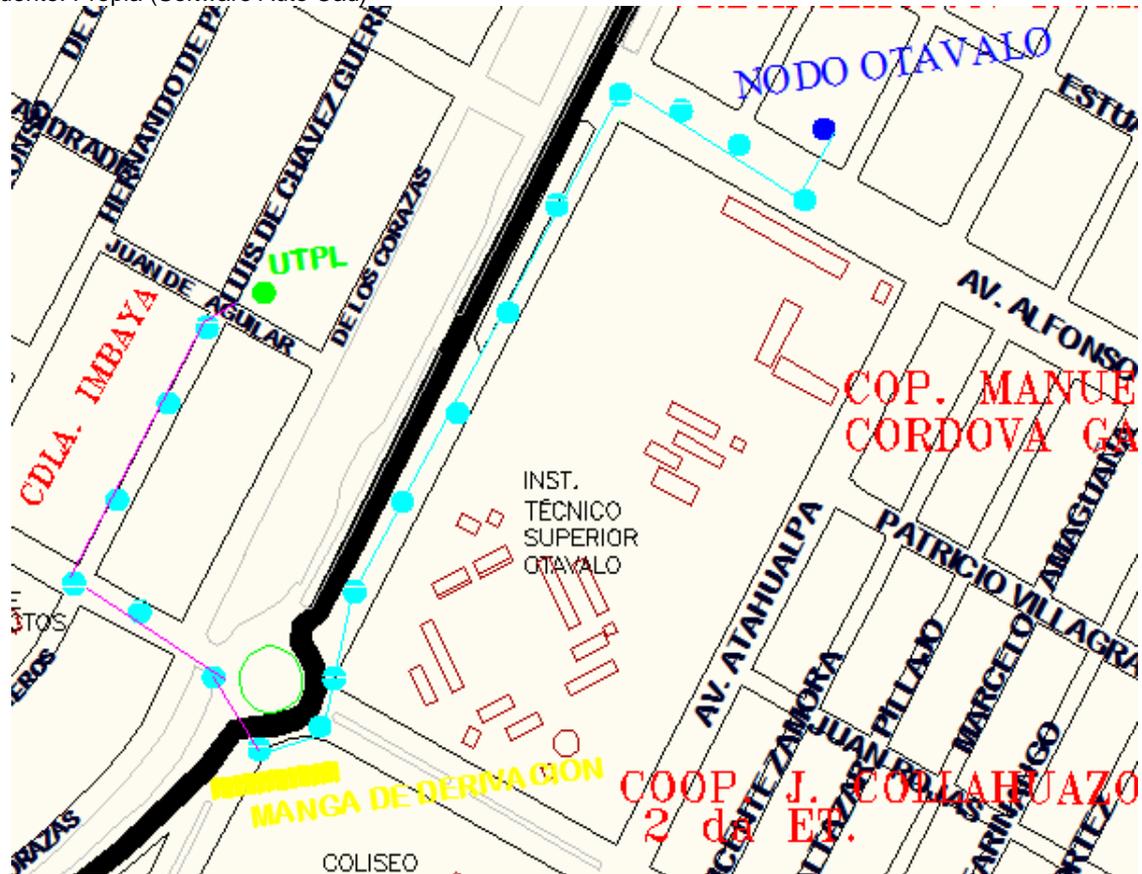
| ENLACE | DISTANCIA DEL ENLACE (metros) |
|------------------------------------|--------------------------------------|
| NODO – UTPL | 1150,6 |
| NODO - UNIVERSIDAD OTAVALO | 1427,1 |
| NODO - BANCO INTERNACIONAL | 1042,4 |
| NODO –FERTISA | 1683,4 |
| NODO – AGRIPAC | 11629,3 |
| NODO - BANCO DEL PICHINCHA 2 | 1740,5 |
| NODO - BANCO DEL AUSTRO 2 | 1796,6 |
| NODO -COOPERATIVA IMBABURAPAK | 2407,4 |
| NODO -COOPERATIVA ESENCIA INDÍGENA | 2298,2 |
| NODO -ALMACÉN TÍA | 2299,2 |
| NODO – ARTEFACTA | 2355,3 |
| NODO -HOTEL INDIO INN | 2521,6 |
| NODO -ALMACÉN LA GANGA | 2522,6 |
| NODO -FARMACIAS SANA SANA 1 | 2688,9 |
| NODO - BANCO DEL PACIFICO | 2899,3 |
| NODO - CORPORACIÓN SANTANDER | 2900,3 |
| NODO - BANCO DEL PICHINCHA 1 | 3011,5 |
| NODO - BANCO DEL AUSTRO 1 | 3122,7 |
| NODO - FARMACIAS SANA SANA 2 | 3068,6 |
| NODO - FARMACIAS SANA SANA3 | 3124,7 |
| NODO - ISP JOSÉ ARÉVALO | 4021,1 |

3.5.7. RECORRIDO TOTAL DE LA FIBRA ÓPTICA DESDE EL NODO AL CLIENTE UTPL

En la Figura 49 se puede observar el recorrido de la fibra óptica desde el Nodo Otavalo hacia el Cliente UTPL, en el cual está indicando los postes que se van a

utilizar para el tendido, ubicación de la manga de derivación 1 y tipo de fibra que se va a usar, el sentido del recorrido de la fibra óptica es Sentido Horario.

Figura 49. Recorrido de la Fibra Óptica del Cliente UTPL
Fuente: Propia (Software Auto Cad)



| Simbología | |
|---|---------------------------|
| ● | Postes. |
| ● | Nodo Otavalo |
| ● | Cliente |
| | Manga de Derivación |
| — | Fibra Óptica de 24 Hilos. |
| — | Fibra Óptica de 2 Hilos. |

El recorrido de la Fibra Óptica para todos los clientes se puede apreciar en el **ANEXO 1**.

3.6. PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DE RED WDM.

Para el diseño de la red se tomará en cuenta: las características de los equipos, la fibra óptica, proyección del tráfico y pérdidas de potencia en la red de acceso.

3.6.1. PROYECCIONES DEL TRÁFICO

El presente diseño de esta nueva red don fibra óptica tiene un alcance para diez años, se utilizara la siguiente fórmula debido a que el requerimiento de servicios de datos crece de manera exponencial según el crecimiento de la población como se observa en la Tabla 2, la proyección se calcula con la Ecuación 1.

$$D_f = D_0 (1 + r)^n \quad (1)$$

Donde:

D_f = Demanda de ancho de banda futuro

D_0 = Demanda de ancho de banda actual

r = Tasa de crecimiento anual

n = Número de años

Aplicando esta fórmula a los datos de la Tabla 4, con una tasa de crecimiento poblacional del 2% y un número de años igual a diez que es una propuesta para la red, obtenemos la Tabla 50:

Ejemplo con el enlace Nodo Otavalo y Cliente UTPL.

Remplazando los valores de este enlace en la Formula 1 tenemos.

$$D_f = D_0 (1 + r)^n$$

$$D_f = 1024 (1 + 0.2)^{10}$$

$$D_f = 6340.33 \text{ Kbps}$$

La demanda de ancho de banda para este enlace seria de 6340.33 Kbps.

⁽¹⁾Ecuación 1. Calculo de la Demanda de Ancho de Banda. Recuperado de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1820/1/CD-2406.pdf>

Para cada uno de los enlaces se realizará los cálculos correspondientes, los cuales se muestran en la Tabla 56.

Tabla 56: Proyección del Tráfico
Fuente: El Autor

| ENLACE | DEMANDA ACTUAL (Kbps) | DEMANDA FUTURA (Kbps) |
|-------------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| NODO – UTPL | 1024 | 6340.33 |
| NODO - UNIVERSIDAD OTAVALO | 4096 | 25361.35 |
| NODO – FERTISA | 1024 | 6340.33 |
| NODO – AGRIPAC | 1024 | 6340.33 |
| NODO - ALMACÉN TÍA | 2048 | 12680.67 |
| NODO - ALMACÉN LA GANGA | 1024 | 6340.33 |
| NODO - BANCO DEL PACIFICO | 2048 | 12680.67 |
| NODO - COOPERATIVA IMBABURAPAK | 4096 | 25361.35 |
| NODO - CORPORACIÓN SANTANDER | 2048 | 12680.67 |
| NODO - BANCO DEL PICHINCHA 1 | 2048 | 12680.67 |
| NODO - BANCO DEL PICHINCHA 2 | 2048 | 12680.67 |
| NODO – ARTEFACTA | 1024 | 6340.33 |
| NODO - ISP JOSÉ ARÉVALO | 10240 | 63403.38 |
| NODO - BANCO DEL AUSTRO 1 | 2048 | 20752.34 |
| NODO - HOTEL INDIO INN | 1024 | 6340.33 |
| NODO - BANCO DEL AUSTRO 2 | 2048 | 12680.67 |
| NODO - BANCO INTERNACIONAL | 2048 | 12680.67 |
| NODO - COOPERATIVA ESENCIA INDÍGENA | 2048 | 12680.67 |
| NODO - FARMACIAS SANA SANA 1 | 1024 | 6340.33 |
| NODO - FARMACIAS SANA SANA 2 | 1024 | 6340.33 |
| NODO - FARMACIAS SANA SANA 3 | 1024 | 6340.33 |

3.6.2. CÁLCULOS DE ATENUACIÓN Y AMPLIFICACIÓN.

Para el diseño son necesarios los cálculos de la atenuación por enlace y la distancia máxima que se puede alcanzar sin amplificación por cada tramo.

3.6.2.1. CÁLCULO DE LA ATENUACIÓN POR TRAMO

Para realizar el cálculo de la atenuación se considera el tipo de fibra óptica del enlace, la distancia de tramo, la cantidad de empalmes y número de ODFs a utilizar, con la Ecuación 2 podemos obtener la Atenuación.

$$A = (D * A_D) + (E * A_E) + (ODF * A_{ODF}) \quad (2)$$

Donde:

A = Atenuación Total

D = Distancia del Tramo

A_D = Atenuación por Distancia, el valor es 0.275 dB/Km

E = Número de Empalmes o Fusiones, para todos los tramos se utilizan 2.

A_E = Atenuación por Empalmes, el valor es 0,1 dB.

ODF = Número de ODF, para todos los tramos se utilizan 2.

A_{ODF} = Atenuación por número de ODF, el valor es 0,5 dB.

Aplicando esta Ecuación 2 a los datos de la Tabla 56, obtenemos los valores que se muestran en la Tabla 57:

Ejemplo con el enlace Nodo Otavalo y Cliente UTPL.

Remplazando los valores de este enlace en la Ecuación 2 tenemos.

$$A = (D * A_D) + (E * A_E) + (ODF * A_{ODF})$$

$$A = (1.1506 \text{ Km} * 0.275 \text{ dB/Km}) + (2 * 0.1 \text{ dB}) + (2 * 0.5 \text{ dB})$$

$$A = 1.516 \text{ dB}$$

La Atenuación total para este tramo es de 1.516dB.

⁽²⁾Ecuación 2. Cálculo de la Atenuación por Tramos. Recuperado de: <http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica/calculo-enlace>

Para cada uno de los enlaces se realiza los cálculos correspondientes, los cuales se muestran en la Tabla 57

Tabla 57: Atenuación Total
Fuente: El Autor

| ENLACE | ATENUACIÓN (dB) |
|------------------------------------|-----------------|
| NODO – UTPL | 1,516 |
| NODO - UNIVERSIDAD OTAVALO | 1,592 |
| NODO - BANCO INTERNACIONAL | 1,486 |
| NODO –FERTISA | 1,662 |
| NODO – AGRIPAC | 1,648 |
| NODO - BANCO DEL PICHINCHA 2 | 1,678 |
| NODO - BANCO DEL AUSTRO 2 | 1,694 |
| NODO -COOPERATIVA IMBABURAPAK | 1,862 |
| NODO -COOPERATIVA ESENCIA INDÍGENA | 1,832 |
| NODO -ALMACÉN TÍA | 1,832 |
| NODO – ARTEFACTA | 1,847 |
| NODO -HOTEL INDIO INN | 1,893 |
| NODO -ALMACÉN LA GANGA | 1,893 |
| NODO -FARMACIAS SANA SANA 1 | 1,939 |
| NODO - BANCO DEL PACIFICO | 1,997 |
| NODO - CORPORACIÓN SANTANDER | 1,997 |
| NODO - BANCO DEL PICHINCHA 1 | 2,028 |
| NODO - BANCO DEL AUSTRO 1 | 2,058 |
| NODO - FARMACIAS SANA SANA 2 | 2,043 |
| NODO - FARMACIAS SANA SANA3 | 2,059 |
| NODO - ISP JOSÉ ARÉVALO | 2,305 |

3.6.2.2. CÁLCULO DE DISTANCIAS MÁXIMAS QUE SE PUEDEN ALCANZAR SIN AMPLIFICACIÓN.

Para el diseño de la red se debe realizar el cálculo de las distancias máximas sin el uso de amplificadores ópticos, con esto se determina si se necesita colocar

amplificadores, para este cálculo se considera la máxima atenuación por cada tramo, con la Ecuación 3 podemos calcular la Distancia.

$$D_M = \frac{A}{A_D} \quad (3)$$

Donde:

D_M = Distancia Máxima

A = Atenuación Total

A_D = Atenuación por Distancia, el valor es 0.275 dB/Km

Aplicando la Ecuación 3 a los datos de la Tabla 57, obtenemos los valores que se muestran en la Tabla 58:

Ejemplo con el enlace Nodo Otavalo y Cliente UTPL.

Remplazando los valores de este enlace en la Fórmula 3 tenemos.

$$D_M = \frac{A}{A_D}$$

$$D_M = \frac{1.516 \text{ dB}}{0.27 \text{ dB/Km}}$$

$$D_M = 5.616 \text{ Km}$$

La Distancia Máxima que se puede alcanzar sin amplificación para este tramo es de 5.614Km.

Para cada uno de los enlaces se realiza los cálculos correspondientes, los cuales se muestran en la Tabla 58

⁽³⁾Ecuación 3. Calculo de la Distancia Máximas sin Amplificadores Ópticos. Recuperado de: <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/electronica/ElectronicaAplicadaIII/PlantelExterior/IntroduFOcalculos.pdf>

Tabla 58: Distancia Máxima
Fuente: El Autor

| ENLACE | DISTANCIA MÁXIMA (Km) |
|------------------------------------|----------------------------------|
| NODO – UTPL | 5,616 |
| NODO - UNIVERSIDAD OTAVALO | 5,897 |
| NODO - BANCO INTERNACIONAL | 5,506 |
| NODO –FERTISA | 6,159 |
| NODO – AGRIPAC | 6,103 |
| NODO - BANCO DEL PICHINCHA 2 | 6,217 |
| NODO - BANCO DEL AUSTRO 2 | 6,274 |
| NODO -COOPERATIVA IMBABURAPAK | 6,896 |
| NODO -COOPERATIVA ESENCIA INDÍGENA | 6,785 |
| NODO -ALMACÉN TÍA | 6,786 |
| NODO – ARTEFACTA | 6,843 |
| NODO -HOTEL INDIO INN | 7,012 |
| NODO -ALMACÉN LA GANGA | 7,013 |
| NODO -FARMACIAS SANA SANA 1 | 7,183 |
| NODO - BANCO DEL PACIFICO | 7,397 |
| NODO - CORPORACIÓN SANTANDER | 7,398 |
| NODO - BANCO DEL PICHINCHA 1 | 7,511 |
| NODO - BANCO DEL AUSTRO 1 | 7,624 |
| NODO - FARMACIAS SANA SANA 2 | 7,569 |
| NODO - FARMACIAS SANA SANA3 | 7,627 |
| NODO - ISP JOSÉ ARÉVALO | 8,540 |

Una vez realizados los cálculos de la distancia máxima que se pueden alcanzar en cada tramo sin la necesidad de utilizar amplificadores ópticos, en la Tabla 59 se detalla la distancia real y la distancia máxima obtenida con los cálculos realizados, con esto se determinara si existe la necesidad de instalar amplificadores ópticos en la red.

Tabla 59: Comparación Distancia Real y Distancia Calculada.
Fuente: El Autor

| ENLACE | DISTANCIA REAL (Km) | DISTANCIA CALCULADA (Km) |
|------------------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| NODO – UTPL | 1,150 | 5,616 |
| NODO - UNIVERSIDAD OTAVALO | 1,427 | 5,897 |
| NODO - BANCO INTERNACIONAL | 1,042 | 5,506 |
| NODO –FERTISA | 1,683 | 6,159 |
| NODO – AGRIPAC | 1,629 | 6,103 |
| NODO - BANCO DEL PICHINCHA 2 | 1,740 | 6,217 |
| NODO - BANCO DEL AUSTRO 2 | 1,796 | 6,274 |
| NODO -COOPERATIVA IMBABURAPAK | 2,407 | 6,896 |
| NODO -COOPERATIVA ESENCIA INDÍGENA | 2,298 | 6,785 |
| NODO -ALMACÉN TÍA | 2,299 | 6,786 |
| NODO – ARTEFACTA | 2,355 | 6,843 |
| NODO -HOTEL INDIO INN | 2,521 | 7,012 |
| NODO -ALMACÉN LA GANGA | 2,522 | 7,013 |
| NODO -FARMACIAS SANA SANA 1 | 2,688 | 7,183 |
| NODO - BANCO DEL PACIFICO | 2,899 | 7,397 |
| NODO - CORPORACIÓN SANTANDER | 2,900 | 7,398 |
| NODO - BANCO DEL PICHINCHA 1 | 3,011 | 7,511 |
| NODO - BANCO DEL AUSTRO 1 | 3,122 | 7,624 |
| NODO - FARMACIAS SANA SANA 2 | 3,068 | 7,569 |
| NODO - FARMACIAS SANA SANA3 | 3,124 | 7,627 |
| NODO - ISP JOSÉ ARÉVALO | 4,021 | 8,540 |

En relación a los valores mostrados anteriormente no existe la necesidad de colocar equipos para la amplificación de potencia de la red, debido a que los valores calculados superan a los valores reales.

3.6.3. DIMENSIONAMIENTO DE LA RED

Ya obtenidos los datos necesarios como: distancia, ancho de banda, ubicación, características del terreno, equipos, fibra óptica y material que se puede ocupar en

cada uno de los enlaces, se tiene la información necesaria para proceder a su dimensionamiento, para cada uno de los enlaces.

Tabla 60: Dimensionamiento de la red en MBPS
Fuente: El Autor

| ENLACE | DEMANDA ACTUAL (Kbps) | DEMANDA FUTURA (Kbps) | DIMENSIONAMIENTO (Mbps) |
|-------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|
| NODO – UTPL | 1024 | 6340.33 | 7 |
| NODO - UNIVERSIDAD OTAVALO | 4096 | 25361.35 | 25 |
| NODO – FERTISA | 1024 | 6340.33 | 7 |
| NODO – AGRIPAC | 1024 | 6340.33 | 7 |
| NODO - ALMACÉN TÍA | 2048 | 12680.67 | 13 |
| NODO - ALMACÉN LA GANGA | 1024 | 6340.33 | 7 |
| NODO - BANCO DEL PACIFICO | 2048 | 12680.67 | 13 |
| NODO - COOPERATIVA IMBABURAPAK | 4096 | 25361.35 | 25 |
| NODO- CORPORACIÓN SANTANDER | 2048 | 12680.67 | 13 |
| NODO - BANCO DEL PICHINCHA 1 | 2048 | 12680.67 | 13 |
| NODO - BANCO DEL PICHINCHA 2 | 2048 | 12680.67 | 13 |
| NODO – ARTEFACTA | 1024 | 6340.33 | 7 |
| NODO - ISP JOSÉ ARÉVALO | 1024 | 63403.38 | 70 |
| NODO - BANCO DEL AUSTRO 1 | 2048 | 20752.34 | 13 |
| NODO - HOTEL INDIO INN | 1024 | 6340.33 | 7 |
| NODO - BANCO DEL AUSTRO 2 | 2048 | 12680.67 | 13 |
| NODO - BANCO INTERNACIONAL | 2048 | 12680.67 | 13 |
| NODO - COOPERATIVA ESENCIA INDÍGENA | 2048 | 12680.67 | 13 |
| NODO - FARMACIAS SANA SANA 1 | 1024 | 6340.33 | 7 |
| NODO - FARMACIAS SANA SANA 2 | 1024 | 6340.33 | 7 |
| NODO - FARMACIAS SANA SANA 3 | 1024 | 6340.33 | 7 |

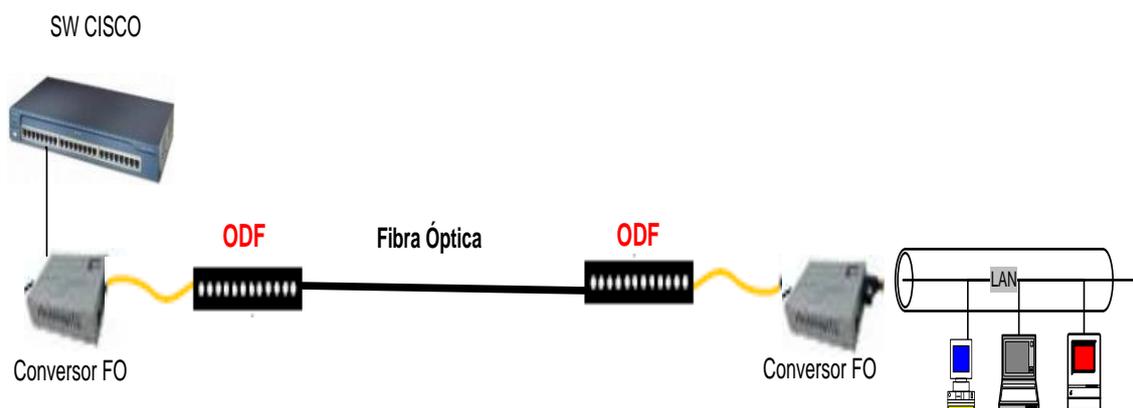
3.7. DISEÑO CON TOPOLOGÍA PUNTO A PUNTO

En este Diseño de la red vamos a considerar la infraestructura que posee la Empresa Eléctrica Regional del Norte (Emelnorte), como se menciona en el primer capítulo los enlaces de la red actual son Punto a Punto y esta topología es la que se va a utilizar.

Se debe tener en cuenta que este tipo de Topología no tiene redundancia, en el caso que la fibra es cortada o sufre algún daño en el recorrido, se pierde la comunicación, el mantenimiento o arreglo para este problema lleva un tiempo aproximado de una hora, tiempo en el cual personal técnico llega al sitio y soluciona este inconveniente.

Como solución al problema descrito anteriormente, se propone una Red de Acceso Redundante o Back Up, para lo cual a la red con fibra óptica se la designa como red principal y a la red inalámbrica que actualmente está funcionando actué como red redundante. Esto garantizará el servicio las 24 horas del día, los 365 días del año, en el caso que la red de fibra óptica tenga algún inconveniente, los datos se transmitirán a través de la red inalámbrica.

Figura 50: Topología Punto a Punto con Fibra Óptica
Fuente: El autor

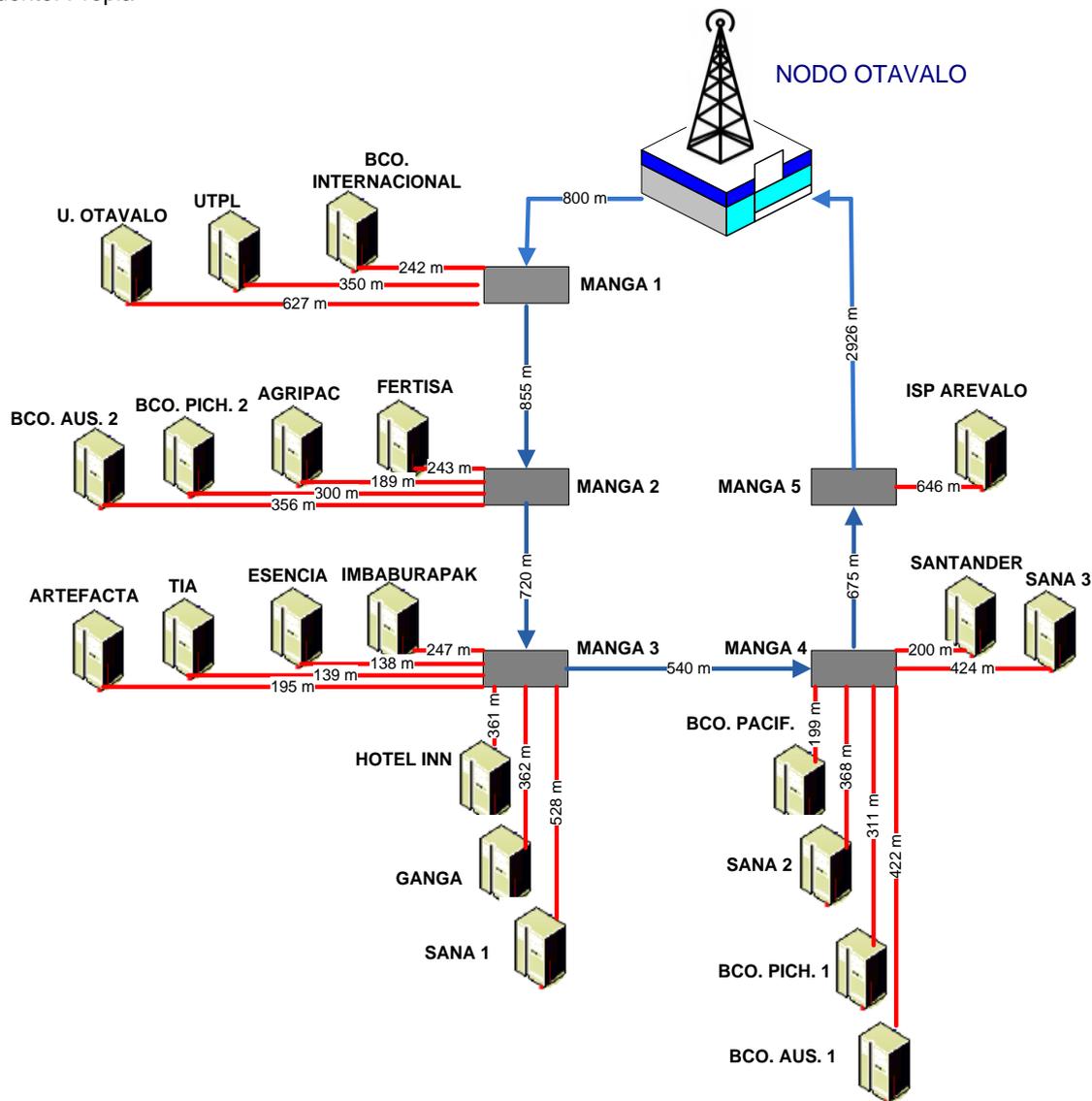


El recorrido de la fibra óptica se muestra en el **Anexo 1**, la distancia y el número de postes se puede observar la Tabla 49.

3.8. DISEÑO DE RED

La red diseñada para todos los clientes tiene las características similares al esquema que se muestra en la Figura 49, en la imagen se puede apreciar los equipos, dispositivos y fibra óptica que se pretende utilizar.

Figura 51: Diseño de Red WDM
Fuente: Propia



| Simbología | |
|---|---------------------------|
|  | Nodo Otavalo |
|  | Clientes |
|  | Manga de Derivación |
|  | Fibra Óptica de 24 Hilos. |
|  | Fibra Óptica de 2 Hilos. |

3.9. DESCRIPCIÓN DEL NODO Y TRAMOS HACIA LOS USUARIOS

3.9.1. NODO OTAVALO

Este nodo se ubica en la ciudad de Otavalo entre las calles Av. Alfonso Cisneros y Roque Egas, este nodo da cobertura a todo el sector central de la ciudad Otavalo, donde se encuentran los principales sectores comerciales.

El Nodo Otavalo es el principal punto de interconexión de la ciudad, es una central de tránsito para la conexión de diferentes ciudades de Imbabura como son Cotacachi, Atuntaqui e Ibarra, en este nodo se encuentran los equipos necesarios para la obtención del tráfico para los distintos enlaces de Otavalo. Su ubicación exacta se encuentra en la Tabla 5, una representación geográfica del sector se muestra en la Figura 5 del Capítulo I.

3.9.2. TRAMO NODO OTAVALO – CLIENTE UTPL

El Cliente UTPL se ubica en la ciudad Otavalo entre las calles Juan Aguilar y Los Corazas, esta entidad es de carácter educativo, está dedicada a la educación superior en el modo de Educación a Distancia.

Su ubicación exacta se encuentra en la Tabla 6, una representación geográfica del sector se muestra en la Figura 43.

El nodo Otavalo y el cliente UTPL se encuentran separados por una distancia aproximada de 1150,6 m, el tráfico producido por este enlace es de 1024 Kbps, como se muestra en la Tabla 4.

3.9.3. TRAMO NODO OTAVALO – CLIENTE UNIVERSIDAD OTAVALO

El Cliente Universidad Otavalo se ubica en la ciudad Otavalo entre las calles Los Sarances y Pendoneros, esta entidad es de carácter educativo, está dedicada a la educación superior.

Su ubicación exacta se encuentra en la Tabla 8, una representación geográfica del sector se muestra en la Figura 43.

El nodo Otavalo y el cliente Universidad Otavalo se encuentran separados por una distancia aproximada de 1427,1 m, el tráfico producido por este enlace es de 4096 Kbps, como se muestra en la Tabla 4.

3.9.4. TRAMO NODO OTAVALO – CLIENTE BANCO INTERNACIONAL

El Cliente Banco Internacional se ubica en la ciudad Otavalo entre las calles Sucre y Panamericana Norte, esta entidad es de carácter financiero, está dedicada al ahorro y préstamo de dinero.

Su ubicación exacta se encuentra en la Tabla 38, una representación geográfica del sector se muestra en el Figura 43.

El nodo Otavalo y el cliente Banco Internacional se encuentran separados por una distancia aproximada de 1042,4 m, el tráfico producido por este enlace es de 2048 Kbps, como se muestra en la Tabla 4.

3.9.5. TRAMO NODO OTAVALO – CLIENTE FERTISA

El Cliente Fertisa se ubica en la ciudad Otavalo entre las calles Av. Quito y 31 de Octubre, esta entidad es de carácter comercial, está dedicada a la venta de productos agrícolas y ganaderos.

Su ubicación exacta se encuentra en la Tabla 10, una representación geográfica del sector se muestra en el Figura 43.

El nodo Otavalo y el cliente Fertisa se encuentran separados por una distancia aproximada de 1683,4 m, el tráfico producido por este enlace es de 1024 Kbps, como se muestra en la Tabla 4.

3.9.6. TRAMO NODO OTAVALO – CLIENTE AGRIPAC

El Cliente Agripac se ubica en la ciudad Otavalo entre las calles Av. Quito y 31 de Octubre, esta entidad es de carácter comercial, está dedicada a la venta de productos agrícolas y ganaderos.

Su ubicación exacta se encuentra en la Tabla 12, una representación geográfica del sector se muestra en el Figura 43.

El nodo Otavalo y el cliente Agripac se encuentran separados por una distancia aproximada de 1683,4 m, el tráfico producido por este enlace es de 1024 Kbps, como se muestra en la Tabla 4.

3.9.7. TRAMO NODO OTAVALO – CLIENTE BANCO PICHINCHA 2

El Cliente Banco Pichincha 2 se ubica en la ciudad Otavalo entre las calles Sucre entre Quiroga y Quito, esta entidad es de carácter financiero, está dedicada al ahorro y préstamo de dinero.

Su ubicación exacta se encuentra en la Tabla 26, una representación geográfica del sector se muestra en el Figura 43.

El nodo Otavalo y el cliente Banco Pichincha 2 se encuentran separados por una distancia aproximada de 1740,5 m, el tráfico producido por este enlace es de 2048 Kbps, como se muestra en la Tabla 4.

3.9.8. TRAMO NODO OTAVALO – CLIENTE BANCO DEL AUSTRO 2

El Cliente Banco del Austro 2 se ubica en la ciudad Otavalo entre las calles Quiroga y Sucre, esta entidad es de carácter financiero, está dedicada al ahorro y préstamo de dinero.

Su ubicación exacta se encuentra en la Tabla 36, una representación geográfica del sector se muestra en el Figura 43.

El nodo Otavalo y el cliente Banco del Austro 2 se encuentran separados por una distancia aproximada de 1796,6 m, el tráfico producido por este enlace es de 2048 Kbps, como se muestra en la Tabla 4.

3.9.9. TRAMO NODO OTAVALO – CLIENTE COOPERATIVA IMBABURAPAK

El Cliente Cooperativa Imbaburapak se ubica en la ciudad Otavalo entre las calles Cristóbal Colon y Sucre, esta entidad es de carácter financiero, está dedicada al ahorro y préstamo de dinero.

Su ubicación exacta se encuentra en la Tabla 20, una representación geográfica del sector se muestra en el Figura 43.

El nodo Otavalo y el cliente Cooperativa Imbaburapak se encuentran separados por una distancia aproximada de 2407,4 m, el tráfico producido por este enlace es de 4096 Kbps, como se muestra en la Tabla 4.

3.9.10. TRAMO NODO OTAVALO – CLIENTE COOPERATIVA ESENCIA INDÍGENA

El Cliente Cooperativa Esencia Indígena se ubica en la ciudad Otavalo entre las calles Sucre y Colon, esta entidad es de carácter financiero, está dedicada al ahorro y préstamo de dinero.

Su ubicación exacta se encuentra en la Tabla 40, una representación geográfica del sector se muestra en el Figura 43.

El nodo Otavalo y el cliente Cooperativa Esencia Indígena se encuentran separados por una distancia aproximada de 2298,2 m, el tráfico producido por este enlace es de 2048 Kbps, como se muestra en la Tabla 4.

3.9.11. TRAMO NODO OTAVALO – CLIENTE ALMACÉN TÍA

El Cliente Almacén Tía se ubica en la ciudad Otavalo entre las calles Sucre entre Abdón Calderón y Montalvo, esta entidad es de carácter comercial, está dedicada a la venta de varios productos de consumo.

Su ubicación exacta se encuentra en la Tabla 14, una representación geográfica del sector se muestra en el Figura 43.

El nodo Otavalo y el cliente Almacén Tía se encuentran separados por una distancia aproximada de 2299,2 m, el tráfico producido por este enlace es de 2048 Kbps, como se muestra en la Tabla 4.

3.9.12. TRAMO NODO OTAVALO – CLIENTE ARTEFACTA

El Cliente Artefacta se ubica en la ciudad Otavalo entre las calles Sucre y Colon, esta entidad es de carácter comercial, está dedicada a la venta de artefactos eléctricos y electrodomésticos.

Su ubicación exacta se encuentra en la Tabla 28, una representación geográfica del sector se muestra en el Figura 43.

El nodo Otavalo y el cliente Artefacta se encuentran separados por una distancia aproximada de 2355,3 m, el tráfico producido por este enlace es de 1024 Kbps, como se muestra en la Tabla 4.

3.9.13. TRAMO NODO OTAVALO – CLIENTE HOTEL INDIO INN

El Cliente Hotel Indio Inn se ubica en la ciudad Otavalo entre las calles Bolívar y Calderón, esta entidad es de carácter turístico, está dedicada al alquiler de habitaciones y venta de platos típicos.

Su ubicación exacta se encuentra en la Tabla 34, una representación geográfica del sector se muestra en el Figura 43.

El nodo Otavalo y el cliente Hotel Indio Inn se encuentran separados por una distancia aproximada de 2521,6 m, el tráfico producido por este enlace es de 1024 Kbps, como se muestra en la Tabla 4.

3.9.14. TRAMO NODO OTAVALO – CLIENTE ALMACÉN LA GANGA

El Cliente Almacén La Ganga se ubica en la ciudad Otavalo entre las calles Bolívar y Montalvo, esta entidad es de carácter comercial, está dedicada a la venta de artefactos eléctricos y electrodomésticos.

Su ubicación exacta se encuentra en la Tabla 16, una representación geográfica del sector se muestra en el Figura 43.

El nodo Otavalo y el cliente Almacén La Ganga se encuentran separados por una distancia aproximada de 2522,6 m, el tráfico producido por este enlace es de 1024 Kbps, como se muestra en la Tabla 4.

3.9.15. TRAMO NODO OTAVALO – CLIENTE FARMACIAS SANA SANA 1

El Cliente Farmacias Sana Sana 1 se ubica en la ciudad Otavalo entre las calles Sucre y Piedrahita, esta entidad es de carácter comercial, está dedicada a la venta de productos farmacéuticos.

Su ubicación exacta se encuentra en la Tabla 42, una representación geográfica del sector se muestra en el Figura 43.

El nodo Otavalo y el cliente Farmacias Sana Sana 1 se encuentran separados por una distancia aproximada de 2688,9 m, el tráfico producido por este enlace es de 1024 Kbps, como se muestra en la Tabla 4.

3.9.16. TRAMO NODO OTAVALO – CLIENTE BANCO DEL PACÍFICO

El Cliente Banco del Pacífico se ubica en la ciudad Otavalo entre las calles Bolívar y García Moreno, esta entidad es de carácter financiero, está dedicada al ahorro y préstamo de dinero.

Su ubicación exacta se encuentra en la Tabla 18, una representación geográfica del sector se muestra en el Figura 43.

El nodo Otavalo y el cliente Banco del Pacifico se encuentran separados por una distancia aproximada de 2899,3 m, el tráfico producido por este enlace es de 4096 Kbps, como se muestra en la Tabla 4.

3.9.17. TRAMO NODO OTAVALO – CLIENTE CORPORACIÓN SANTANDER

El Cliente Corporación Santander se ubica en la ciudad Otavalo entre las calles Roca y Montalvo, esta entidad es de carácter financiero, está dedicada al ahorro y préstamo de dinero.

Su ubicación exacta se encuentra en la Tabla 22, una representación geográfica del sector se muestra en el Figura 43.

El nodo Otavalo y el cliente Corporación Santander se encuentran separados por una distancia aproximada de 2900,3 m, el tráfico producido por este enlace es de 2048 Kbps, como se muestra en la Tabla 4.

3.9.18. TRAMO NODO OTAVALO – CLIENTE BANCO PICHINCHA 1

El Cliente Banco Pichincha 1 se ubica en la ciudad Otavalo entre las calles Bolívar y García Moreno, esta entidad es de carácter financiero, está dedicada al ahorro y préstamo de dinero.

Su ubicación exacta se encuentra en la Tabla 24, una representación geográfica del sector se muestra en el Figura 43.

El nodo Otavalo y el cliente Banco Pichincha 1 se encuentran separados por una distancia aproximada de 3011,5 m, el tráfico producido por este enlace es de 2048 Kbps, como se muestra en la Tabla 4.

3.9.19. TRAMO NODO OTAVALO – CLIENTE BANCO DEL AUSTRO 1

El Cliente Banco del Austro 1 se ubica en la ciudad Otavalo entre las calles Bolívar y Piedrahita, esta entidad es de carácter financiero, está dedicada al ahorro y préstamo de dinero.

Su ubicación exacta se encuentra en la Tabla 32, una representación geográfica del sector se muestra en el Figura 43.

El nodo Otavalo y el cliente Banco del Austro 1 se encuentran separados por una distancia aproximada de 3122,7 m, el tráfico producido por este enlace es de 2048 Kbps, como se muestra en la Tabla 4.

3.9.20. TRAMO NODO OTAVALO – CLIENTE FARMACIAS SANA SANA 2

El Cliente Farmacias Sana Sana 2 se ubica en la ciudad Otavalo entre las calles Bolívar y García Moreno, esta entidad es de carácter comercial, está dedicada a la venta de productos farmacéuticos.

Su ubicación exacta se encuentra en la Tabla 44, una representación geográfica del sector se muestra en el Figura 43.

El nodo Otavalo y el cliente Farmacias Sana Sana 2 se encuentran separados por una distancia aproximada de 3068,6 m, el tráfico producido por este enlace es de 1024 Kbps, como se muestra en la Tabla 4.

3.9.21. TRAMO NODO OTAVALO – CLIENTE FARMACIAS SANA SANA 3

El Cliente Farmacias Sana Sana 3 se ubica en la ciudad Otavalo entre las calles Atahualpa y Calderón, esta entidad es de carácter comercial, está dedicada a la venta de productos farmacéuticos.

Su ubicación exacta se encuentra en la Tabla 46, una representación geográfica del sector se muestra en el Figura 43.

El nodo Otavalo y el cliente Farmacias Sana Sana 3 se encuentran separados por una distancia aproximada de 3124,7 m, el tráfico producido por este enlace es de 1024 Kbps, como se muestra en la Tabla 4.

3.9.22. TRAMO NODO OTAVALO – CLIENTE ISP JOSÉ ARÉVALO

El Cliente ISO José Arévalo se ubica en la ciudad Otavalo en barrio Rey Loma en el Sector el Colibrí, esta entidad es de carácter de las Telecomunicaciones, está dedicada a la venta de planes de Internet.

Su ubicación exacta se encuentra en la Tabla 30, una representación geográfica del sector se muestra en el Figura 43.

El nodo Otavalo y el cliente ISP José Arévalo se encuentran separados por una distancia aproximada de 4021,1 m, el tráfico producido por este enlace es de 10240 Kbps, como se muestra en la Tabla 4.

3.10. SELECCIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA

La elección de la fibra óptica para este diseño depende de algunos parámetros y de la aplicación final del sistema. Dentro de las principales características a considerar para determinar la fibra óptica se tienen:

- Capacidad.
- Distancia
- Tecnología.
- Velocidad de transmisión.
- Ancho de banda
- Pérdida de potencia.
- Dispersión.
- Entre otros.

Para el caso del presente diseño, las pérdidas de potencia no tienen mayor peso al momento de la selección de la fibra; por tratarse de una red de acceso local, ya que la misma cubre un sector geográfico pequeño de aproximadamente 10 km, por lo que la atenuación por longitud del trayecto será mínima y no es necesario efectuar procesos de regeneración, amplificación o tratamiento de la señal.

La dispersión es un efecto que es proporcional a la distancia física que la señal va a recorrer por la fibra óptica y a la velocidad. La distancia que va a recorrer la señal es corta, con lo cual la dispersión tampoco será un problema en este diseño, ya que todos los fenómenos que provocan la dispersión se incrementan proporcionalmente a la distancia del enlace.

El aumento de la velocidad en transmisiones a través de fibra óptica genera pulsos cortos y por lo tanto es mayor el riesgo de solapamiento entre ellos. Este es un inconveniente que no afectaría a la red, como se muestra en la Tabla 53, las velocidades a transmitir son menores en relación a la velocidad que soporta la fibra óptica.

Para el presente diseño se va a considerar la utilización de la fibra monomodo que se normalizan bajo la recomendación G.657²⁰ de la UIT-T (Para mayores detalles revisar **ANEXO 2**), las características que presenta esta fibra es: baja atenuación y dispersión por distancia, mínima pérdida en empalmes o fusiones, compatible con tecnologías superiores como CWDM y DWDM, es la más recomendada para redes de acceso.

Se puede considerar a esta fibra óptica como la de mejor desempeño, considerando la posibilidad de aplicar la tecnología WDM, tecnologías anteriores y nuevas. Con esta fibra óptica actualmente se transmiten capacidades reales cercanas a los Tbps y en los laboratorios se alcanzan velocidades superiores a los 4 Tbps. Con este tipo de fibra óptica se trabajará en el diseño de la red de acceso.

La fibra óptica que se va a utilizar en este diseño es de 24 hilos para el enlace principal que llegara desde el Nodo hasta la manga de derivación, para acceder al cliente desde la manga de derivación se utilizara la fibra óptica de 2 hilos.

La marca que mejor se adapta al diseño de la red es la marca **PRYSMIAN OPTICAL CABLE**(Para mayores detalles revisar **ANEXO 4**), debido a que es totalmente compatible con la normativa ITU-T G.657, la recomendación internacional que define los requerimientos de prestaciones para fibras ópticas empleadas en las actuales redes ópticas de acceso. Su diseño optimizado permite presentar un excelente comportamiento al macro doblado, aun cuando se utilice en condiciones extremas, su estructura es autoportada, lo cual es recomendada para instalaciones aéreas externas.

Figura 52. Fibra Óptica PRYSMIAN

Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/prysmian/fibras-opticas-23809-906843.html>



²⁰ *Características de las fibras y cables ópticos monomodo insensibles a la pérdida por flexión para la red de acceso*

3.11. SELECCIÓN DE EQUIPOS

Los equipos necesarios para la implementación de la red, deben permitir interconectar la capa de distribución de CONECEL con el usuario final, mediante un interfaz acorde con sus características, por lo que no se necesitarán fuentes de transmisión ópticas, es decir, las señales que cursarán por la red han sido previamente transmitidas desde la Red de CONECEL al Switch de distribución para la red de acceso, lo que realizara esta fuente óptica es el proceso de conversión electro-óptica de la señal, para poder transmitir las señales por la fibra óptica.

3.11.1. TRANSMISOR ÓPTICO

Las redes de acceso que utilizan la tecnología WDM en la actualidad ya están introducidas casi en su totalidad en el mercado, la aplicación de esta red se la ha implementado también en redes troncales. En el mercado hay diversidad de equipos, se escogió al equipo **TP-LINK WDM CONVERTER MC111CS**, el cual presenta las características más adecuadas para esta red, a continuación en la Tabla 55 se hace un análisis de las prestaciones de este equipo.

Tabla 61. Características Conversor TP-LINK

Fuente: <http://www.newtekuy.com/catalog/transceiver-media-converter-tplink-mc111cs-10100m-fibra-optica-20km-p-7413.html>

| Parámetro | Especificación |
|-------------------------|---|
| Modelo | MC111CS |
| Dimensiones Físicas | 94.5*73.0*27.0 mm |
| Entrada de Voltaje | Adaptador de energía externo |
| Peso | 400 g. |
| Condiciones ambientales | Temperatura de funcionamiento: 0°C ~ 40°C |
| Desempeño del Sistema | Auto negociación de 10/100Mbps y auto MID / MID-X para el puerto TX |
| Modo de Transferencia | Dúplex/Medio del puerto FX |
| Estándares y Protocolos | IEEE 802.3, IEEE 802.3u, IEEE 802.3x |

| | |
|-----------|-------|
| Distancia | 60 Km |
|-----------|-------|

En la Figura 46 se muestra la imagen del Conversor TP-LINK WDM CONVERTER MC111CS.

Figura 53. Conversor TP-LINK

Fuente: <http://www.ds3comunicaciones.com/tplink/MC111CS.html>



El equipo MC111CS es un convertidor de medios de comunicación diseñado para convertir la señal de la fibra a señal para el cobre o viceversa. Transmite señales con tecnología WDM. Este equipo toma utiliza un hilo de fibra óptica para transmitir y recibir datos, lo que permitirá ahorrar la mitad del costo de cableado.

Diseñado para uso con cables de fibra monomodo, el conector es tipo SC. Funciona en 1550 nm para la transferencia de datos y en 1310 nm para la recepción de datos. Por lo tanto el dispositivo al otro extremo debe trabajar en 1310 nm para la transferencia de datos y en 1550 nm para la recepción de datos. El equipo que tiene que ir en el otro extremo es el TP-LINK WDM CONVERTER MC112CS

3.11.2. RECEPTOR ÓPTICO

Como se explicó en la descripción del Transmisor Óptico, el equipo que trabaja como receptor es el **TP-LINK WDM CONVERTER MC112CS**, en la Tabla 56 se muestra las características de este dispositivo.

Tabla 62. Características Conversor TP-LINK

Fuente: <http://www.newtekuy.com/catalog/transceiver-media-converter-tplink-mc111cs-10100m-fibra-optica-20km-p-7413.html>

| Parámetro | Especificación |
|-------------------------|---|
| Modelo | MC112CS |
| Dimensiones Físicas | 94.5*73.0*27.0 mm |
| Entrada de Voltaje | Adaptador de energía externo |
| Peso | 400 g. |
| Condiciones ambientales | Temperatura de funcionamiento: 0°C ~ 40°C |
| Desempeño del Sistema | Auto negociación de 10/100Mbps y auto MID / MID-X para el puerto TX |
| Modo de Transferencia | Dúplex/Medio del puerto FX |
| Estándares y Protocolos | IEEE 802.3, IEEE 802.3u, IEEE 802.3x |
| Distancia | 60 Km |

En la Figura 47 se muestra la imagen del Conversor TP-LINK WDM CONVERTER MC112CS.

Figura 54. Conversor TP-LINK

Fuente: <http://www.ds3comunicaciones.com/tplink/MC112CS.html>



El equipo MC112CS es un convertidor de medios de comunicación diseñado para convertir la señal de la fibra a señal para el cobre o viceversa. Transmite señales con tecnología WDM. Este equipo toma utiliza un hilo de fibra óptica para transmitir y recibir datos, lo que permitirá ahorrar la mitad del costo de cableado.

Diseñado para uso con cables de fibra monomodo, el conector es tipo SC. Funciona en 1310 nm para la transferencia de datos y en 1550 nm para la recepción de datos. Por lo tanto el dispositivo al otro extremo debe trabajar en 1550nm para la transferencia de datos y en 1310 nm para la recepción de datos. El equipo que tiene que ir en el otro extremo es el TP-LINK WDM CONVERTER MC111CS

3.11.3. DISTRIBUIDOR DE FIBRA ÓPTICA EN EL NODO (ODF)

La función de estas bandejas es contener las terminaciones de la fibra óptica que llega de la parte externa al rack de datos del Nodo, están construidas de acero, se las puede figar al rack de datos mediante adaptadores laterales, en el interior tiene una bandeja deslizable que sirve para organizar los empalmes.

La bandeja que se eligió para este diseño es el ODF FOAB, la cual incluye modulares frontales para conectores SC, la capacidad de esta bandeja es de 48 conectores tipo SC.

Figura 55. ODFFOAB

Fuente:

<http://ingeborda.com.ar/biblioteca/Biblioteca%20Internet/Articulos%20Tecnicos%20de%20Consulta/Fibra%20optica/Fibraoptica.pdf>



3.11.4. DISTRIBUIDOR DE FIBRA ÓPTICA EN EL CLIENTE (ODF)

Estas cajas están destinadas contener las terminaciones de la fibra óptica que llega de la parte externa al rack de datos del Cliente, están construidas de acero, se las puede figar al rack de datos en diferentes lugares, en el interior se puede organizar los empalmes.

La caja que se eligió para este diseño es el ODF Metálico FOACM, la cual incluye modulares frontales para conectores SC, la capacidad de esta bandeja es para 4 conectores tipo SC.

Figura 56. ODF FOACM

Fuente:

<http://ingeborda.com.ar/biblioteca/Biblioteca%20Internet/Articulos%20Tecnicos%20de%20Consulta/Fibra%20optica/Fibraoptica.pdf>



3.11.5. MANGAS DE EMPALME

Las Mangas son utilizadas para la protección de fusiones, tanto distribución y trabajos de mantenimiento y reparación. Pude instalarse para empalmes aéreos, canalizados o soterrados. Permitir agregar o cambiar cables de fibra óptica, son herméticos y tienen resistencia mecánica de la cubierta, poseen una bandeja de empalme para alojar a las fusiones realizadas.

La manga que mejor se adapta a este diseño es de la marca FOS, mantiene seguros los empalmes realizados a la fibra, su instalación es fácil y es resistente a la compresión y agua, cuenta con 6 puertos para la derivación de las fibras ópticas, capacidad de 4 charolas en su interior y puede soportar hasta 24 hilos de fibra óptica.

Figura 57. ODF FOACM
Fuente: <http://www.fos.ec/mangas.htm>



3.11.6. HERRAJES DE SUJECCIÓN PARA POSTES

Como se mencionó anteriormente, todo el recorrido de la fibra óptica va sobre los postes de la red eléctrica de la empresa Emelnorte, el herraje consistente en un elemento metálico con forma helicoidal que proporcionan la fuerza necesaria para retener y sujetar la fibra óptica sobre el poste.

Los herrajes y en especial el sistema de fijación del cable sobre los postes, deberán ser capaces de soportar las cargas de esfuerzos estáticos y dinámicos, sin afectar la integridad mecánica y óptica del cable. Los herrajes que son usados

por la empresa Equysum son elaborados por un Taller de Metalmecánica de la ciudad de Quito.

Figura 58: Herrajes
Fuente: Propia



Todos los dispositivos, materiales y fibra óptica que están detallados son los que actualmente utiliza la empresa EQUYSUM para realizar la instalación de este tipo de redes, anteriormente se usaban equipos de diversas marcas y los equipos antes descritos son los que mejores prestación han brindado. La empresa EQUYSUM tiene convenio con una empresa proveedora de Equipos de Telecomunicaciones, por lo cual los equipos tienen un precio menor al del mercado.

4. CAPÍTULO IV

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.

En este capítulo se describe la prueba de funcionamiento de la red, la cual consiste en realizar en el laboratorio un enlace inalámbrico con todos los equipos de última milla, similar a los que se instalan a los usuarios de la ciudad Otavalo.

El enlace con fibra óptica tiene características similares a las descritas en el diseño de la red, esta prueba tiene la finalidad de verificar que la nueva red diseñada soporte las prestaciones de la actual red, además se utilizará el software IPERF y QCHEK para medir el ancho de banda y rendimiento de la red.

4.1. INTRODUCCIÓN

Recientemente la demanda de altos anchos de banda ha crecido mucho y sigue avanzando y la tecnología inalámbrica no es una solución para hacer frente a este problema. La transmisión de datos necesita altas tasas de transferencias de datos debido a la demanda de los usuarios.

La red diseñada debe dar solución a la demanda de ancho de banda, las pruebas de funcionamiento permitirán medir el ancho de banda y la velocidad de transmisión que se podrá alcanzar con la nueva red y se comprobará si la red diseñada soportará la migración de la red actual.

4.2. SOFTWARE UTILIZADOS PARA LAS PRUEBAS

4.2.1. SOFTWARE IPERF

IPERF es un programa que sirve para realizar pruebas en redes de datos, trabaja en modo cliente-servidor, permite medir la velocidad máxima que alcanzan 2 host conectados en red. Esta herramienta es útil si queremos ver la velocidad máxima que se puede transmitir sobre una red de modo unidireccional o bidireccional. El

funcionamiento habitual es generar y transmitir flujos de datos TCP²¹ y UDP²², con lo cual mide el rendimiento de la red. Disponible para Windows y GNU/Linux.

El funcionamiento de este programa es sencillo, en los host conectados se los configura uno como cliente y el otro como servidor, a continuación se detalla la configuración.

- En modo servidor se ingresa el siguiente código: **iperf.exe -s**

Figura 59. IPERF Modo Cliente

Fuente: <http://www.bujarra.com/testeando-el-ancho-de-banda-disponible-entre-maquinas-con-iperf/>



```

C:\>
C:\>iperf.exe -s

Server listening on TCP port 5001
TCP window size: 8.00 KByte (default)

-----
[780] local 192.168.33.32 port 5001 connected with 192.168.33.31 port 49160
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth
[780] 0.0-120.0 sec  20.6 GBytes  1.48 Gbits/sec
-----
Client connecting to 192.168.33.31, TCP port 5001
TCP window size: 8.00 KByte (default)

-----
[780] local 192.168.33.32 port 1827 connected with 192.168.33.31 port 5001
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth
[780] 0.0-120.0 sec  19.8 GBytes  1.42 Gbits/sec

```

- En modo servidor se ingresa el siguiente código: **iperf.exe -c DIRECCIÓN_IP -t 120 -r**

Figura 60. IPERF Modo Servidor

Fuente: <http://www.bujarra.com/testeando-el-ancho-de-banda-disponible-entre-maquinas-con-iperf/>



```

C:\>
C:\>iperf.exe -c 192.168.33.32 -t 120 -r

Server listening on TCP port 5001
TCP window size: 8.00 KByte (default)

-----
Client connecting to 192.168.33.32, TCP port 5001
TCP window size: 8.00 KByte (default)

-----
[172] local 192.168.33.31 port 49160 connected with 192.168.33.32 port 5001
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth
[172] 0.0-120.0 sec  20.6 GBytes  1.48 Gbits/sec
[144] local 192.168.33.31 port 5001 connected with 192.168.33.32 port 1827
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth
[144] 0.0-120.0 sec  19.8 GBytes  1.42 Gbits/sec

```

²¹ Protocolo de Control de Transmisión, lenguaje que rige todas las comunicaciones entre todos los ordenadores en Internet.

²² Protocolo de Datagramas de Usuario, protocolo que permite el envío de datagramas a través de la red sin que se haya establecido previamente una conexión.

Con esta configuración podremos conectar un equipo cliente al que ejecuta el IPERF en modo servidor durante 2 minutos de conexión y se puede verificar tanto el tráfico saliente cómo el entrante.

4.2.2. SOFTWARE QCHECK

Qcheck es una poderosa herramienta de evaluación de la red que se utiliza para probar las redes y los dispositivos inalámbricos. Las características principales de este programa se muestran a continuación.

- Mide el tiempo de respuesta de las redes IP.
- Simula los flujos reales de aplicación en toda la red para comprobar la conectividad y el rendimiento.
- Mide el rendimiento de la red con los diferentes tipos de tráfico (TCP y UDP).
- Ejecuta traceroute entre dos host de trabajo en la red, independientemente de su ubicación.
- Determina la pérdida de paquetes.

Figura 61. Software Qcheck
Fuente: Propia (Software QCHECK)



Para realizar las pruebas en este programa se ingresa la dirección IP de los host de la red y se elige los parámetros que se desee comprobar.

4.3. DESCRIPCIÓN ENLACE INALÁMBRICO DE PRUEBA

El enlace al cual se va a realizar las pruebas de laboratorio es del Cliente Fertisa, en la Tabla 63 se encuentran los valores de la inspección de campo realizadas en este cliente.

Tabla 63. Información de la Inspección de Campo del Cliente Fertisa

Fuente: Propia

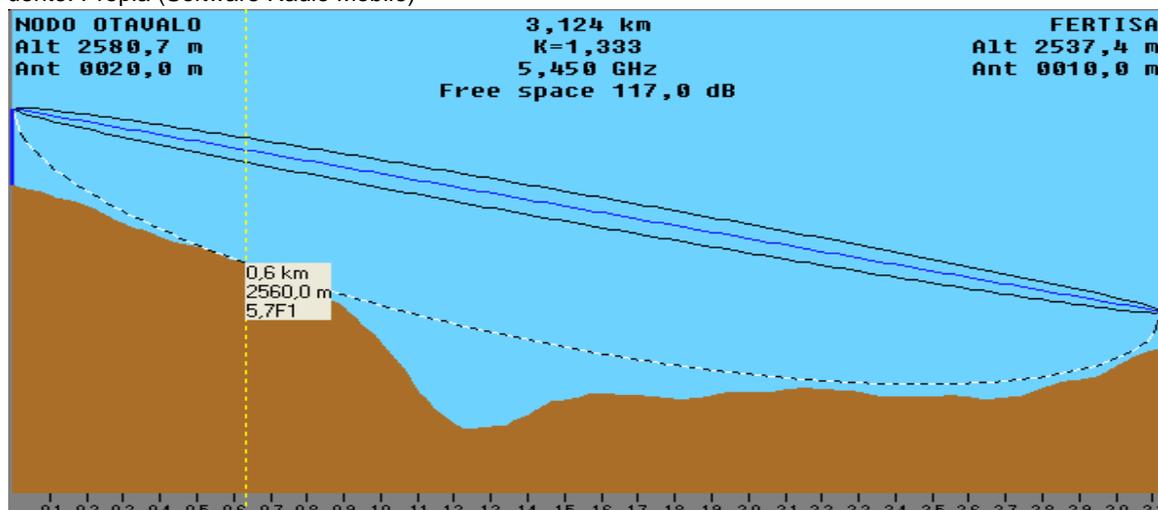
| Información General | |
|---------------------------|---|
| Dirección: | Av. Quito y 31 de Octubre |
| Coordenadas: | Latitud: 00 ⁰ 13' 55.86" Norte Longitud: 78 ⁰ 15' 45.09" Oeste |
| Altura: | 2537 MSNM |
| Tipo de Servicio: | Datos |
| Velocidad de Transmisión: | 1024 [Kbps] |
| Radios: | Nano Station 5 |

4.3.1. Análisis del Enlace Fertisa

Haciendo uso del Programa Radio Mobile se realiza el estudio del enlace inalámbrico.

Figura 62. Enlace Nodo – Fertisa

Fuente: Propia (Software Radio Mobile)



Los datos más relevantes de este enlace se muestran en la Tabla 64.

Tabla 64. Datos del Enlace Nodo Otavalo - Fertisa

Fuente: Propia

| Datos | |
|--------------------------------|----------------|
| Trayecto: | Nodo - Fertisa |
| Distancia (Km): | 3,12 |
| Frecuencia (GHz): | 5,8 |
| Potencia de Transmisión (dBm): | 22 |
| Nivel de Recepción (dBm): | - 68,3 |

4.4. DESCRIPCIÓN ENLACE CON FIBRA ÓPTICA DE PRUEBA

El nodo Otavalo y el cliente Fertisa se encuentran separados por una distancia aproximada de 1400 m, el tráfico producido por este enlace es de 1024 Kbps, como se muestra en la Tabla 4.

4.4.1. ANÁLISIS DEL CLIENTE FERTISA

En la Tabla 65 se presenta la distancia total entre el nodo y el cliente y la cantidad de postes que atraviesa este enlace.

Tabla 65: Distancia y numero de postes.

Fuente: El Autor

| ENLACE | DISTANCIA DEL ENLACE (m) | NUMERO DE POSTES |
|------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| NODO OTAVALO – FERTISA | 1400 | 32 |

4.5. RESULTADOS DE LA PRUEBA ENLACE INALÁMBRICO

Para realizar las pruebas de Ancho de Banda en el Laboratorio se utilizo los siguientes equipos que se muestran en la Tabla 66.

Tabla 66: Equipos de Prueba.

Fuente: El Autor

| ENLACE INALÁMBRICO | |
|---------------------------|--------------------------------|
| HOST UNO | LAPTOP ACER ASPIRE ONE 3690 |
| HOST DOS | LAPTOP HP COMPAQ I3 |
| ANTENA UNO | RADIO UBIQUITI NANO SATATION 5 |
| ANTENA DOS | RADIO UBIQUITI NANO SATATION 5 |

4.5.1. ESQUEMA Y TOPOLOGÍA DE LA RED INALÁMBRICA

Las pruebas se realizaron utilizando un enlace Punto a Punto similar a las que se instala a los clientes de CONECEL. En la Figura 63 se muestra el esquema de la red, con el direccionamiento IP correspondiente, el direccionamiento configurado es el que adjudica personal de CONECEL a sus clientes.

Figura 63. Esquema de Red
Fuente: Propia

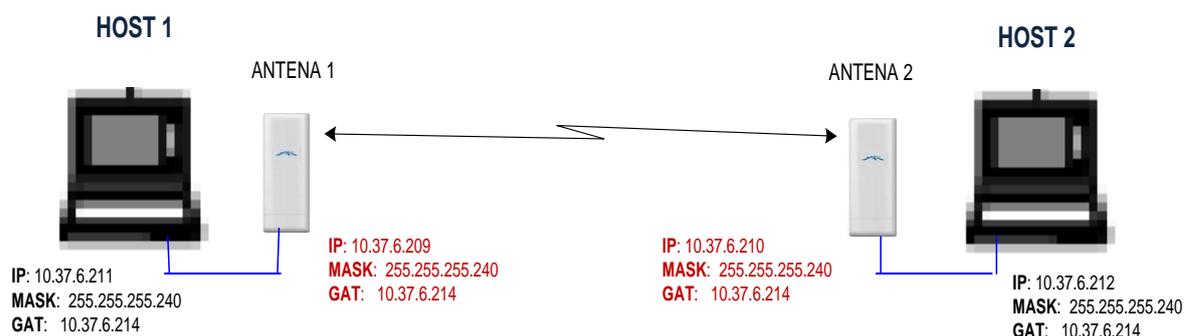


Tabla 67. Direccionamiento IP
Fuente: Propia

| DIRECCIONAMIENTO IP | | | |
|---------------------|-------------|-----------------|--------------|
| EQUIPO | IP | MASCARA | GATEWAY |
| HOST UNO | 10.37.6.211 | 255.255.255.240 | 10.37.6.2.14 |
| HOST DOS | 10.37.6.212 | 255.255.255.240 | 10.37.6.2.14 |
| ANTENA UNO | 10.37.6.209 | 255.255.255.240 | 10.37.6.2.14 |
| ANTENA DOS | 10.37.6.210 | 255.255.255.240 | 10.37.6.2.14 |

a. Resultados con el Software IPERF

El Software se lo instaló en los dos Host, se realizaron las pruebas simultáneas en Modo Servidor-Esclavo y Esclavo-Servidor, donde se obtuvieron los siguientes resultados.

- Prueba Host Uno Servidor y Host Dos Esclavo

Figura 64. Resultados Modo Servidor-Esclavo
Fuente: Propia (Software IPERF)

```
C:\Documents and Settings\Administrador1\Escritorio>iperf -c 10.37.6.212
-----
Client connecting to 10.37.6.212, TCP port 5001
TCP window size: 8.00 KByte (default)
-----
[1916] local 10.37.6.211 port 1634 connected with 10.37.6.212 port 5001
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth
[1916]  0.0-10.0 sec  7.36 MBytes  6.16 Mbits/sec
```

```
C:\Users\Usuario>C:\Users\Usuario\Desktop\iperf -s
-----
Server listening on TCP port 5001
TCP window size: 8.00 KByte (default)
-----
[260] local 10.37.6.212 port 5001 connected with 10.37.6.211 port 1634
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth
[260]  0.0-10.0 sec  7.36 MBytes  6.16 Mbits/sec
```

- Prueba: Host Uno Esclavo y Host Dos Servidor

Figura 65. Resultados Modo Esclavo- Servidor
Fuente: Propia (Software IPERF)

```
C:\Users\Usuario>C:\Users\Usuario\Desktop\iperf -c 10.37.6.211
-----
Client connecting to 10.37.6.211, TCP port 5001
TCP window size: 8.00 KByte (default)
-----
[156] local 10.37.6.212 port 49805 connected with 10.37.6.211 port 5001
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth
[156]  0.0-10.0 sec  7.68 MBytes  6.43 Mbits/sec
```

```
C:\Documents and Settings\Administrador1\Escritorio>iperf -s
-----
Server listening on TCP port 5001
TCP window size: 8.00 KByte (default)
-----
[1876] local 10.37.6.211 port 5001 connected with 10.37.6.212 port 49805
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth
[1876]  0.0-10.0 sec  7.68 MBytes  6.43 Mbits/sec
```

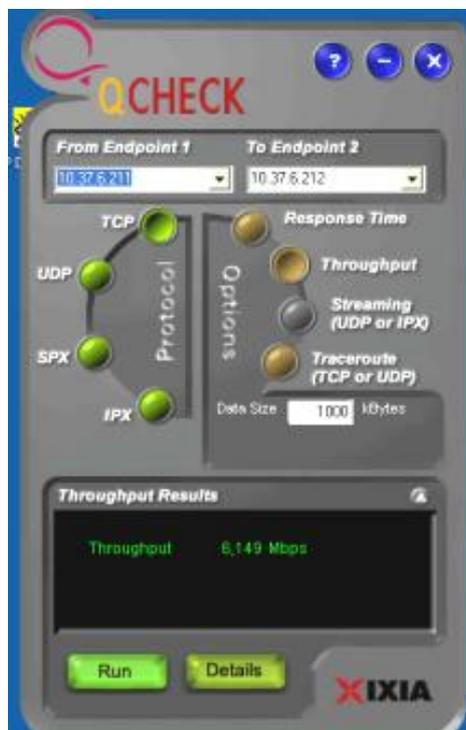
Como se puede observar en el resultado de las pruebas del enlace Inalámbrico, se puede transmitir en este tipo de enlaces un Ancho de Banda de 6.43 Mbps, tanto al transmitir como al recibir.

b. Resultados con el Software QCHECK

El Software se lo instalo en los dos Host, se realizo las pruebas en los dos Host para verificar el nivel de Throughput que puede soportar el canal con paquetes TCP y UDP, donde se obtuvo los siguientes resultados.

- Prueba Host Uno -Paquetes TCP

Figura 66. Resultados Host 1
Fuente: Propia (Software QCHECK)



Settings

| | |
|--------------------------|---------------------|
| From (Endpoint 1) | 10.37.6.211 |
| To (Endpoint 2) | 10.37.6.212 |
| Protocol | TCP |
| Start Time | 22/06/2013 12:05:02 |
| Stop Time | 22/06/2013 12:05:04 |
| Data Size | 1000 kBytes |

Throughput Results

| | |
|-------------------|------------|
| Throughput | 6,149 Mbps |
|-------------------|------------|

Endpoint Details

| | Endpoint 1 | Endpoint 2 |
|-------------------------|---|---|
| IP Address | 10.37.6.211 | 10.37.6.212 |
| Endpoint Version | 7.10 SP3 Build 207 (Retail) | 7.10 SP3 Build 207 (Retail) |
| Operating System | Windows XP (32-bit) 5.1 Build 2600 Service Pack 2 | Windows 7 x64 (64-bit endpoint) 6.1 Build 7601 Service Pack 1 |
| Memory | 1011 (MB) | 2933 (MB) |

- Prueba: Host Dos - Paquetes TCP

Figura 67. Resultados Host Dos
Fuente: Propia (Software QCHECK)



| Settings | |
|-------------------|---------------------|
| From (Endpoint 1) | 10.37.6.212 |
| To (Endpoint 2) | 10.37.6.211 |
| Protocol | TCP |
| Start Time | 22/08/2013 11:58:23 |
| Stop Time | 22/08/2013 11:58:25 |
| Data Size | 1000 kBytes |

| Throughput Results | |
|--------------------|------------|
| Throughput | 5,517 Mbps |

| Endpoint Details | | |
|------------------|---|---|
| | Endpoint 1 | Endpoint 2 |
| IP Address | 10.37.6.212 | 10.37.6.211 |
| Endpoint Version | 7.10 SP3 Build 207 (Retail) | 7.10 SP3 Build 207 (Retail) |
| Operating System | Windows 7 x64 (64-bit endpoint) 6.1 Build 7601 Service Pack 1 | Windows XP (32-bit) 5.1 Build 2600 Service Pack 2 |
| Memory | 2933 (MB) | 1011 (MB) |

Como se puede observar en el resultado de las pruebas del enlace Inalámbrico, el nivel de Throughput²³ que se puede transmitir por el canal en este tipo de enlaces es hasta 6,14 Mbps con paquetes TCP.

²³Volumen de trabajo o de información que fluye a través de un sistema o red.

- Prueba Host Uno Paquetes UDP

Figura 68. Resultados Host 1
Fuente: Propia (Software QCHECK)



Settings

| | |
|--------------------------|---------------------|
| From (Endpoint 1) | 10.37.6.211 |
| To (Endpoint 2) | 10.37.6.212 |
| Protocol | UDP |
| Start Time | 22/06/2013 12:05:26 |
| Stop Time | 22/06/2013 12:05:28 |
| Data Size | 1000 kBytes |

Throughput Results

| | |
|-------------------|------------|
| Throughput | 5,618 Mbps |
|-------------------|------------|

Endpoint Details

| | Endpoint 1 | Endpoint 2 |
|-------------------------|---|---|
| IP Address | 10.37.6.211 | 10.37.6.212 |
| Endpoint Version | 7.10 SP3 Build 207 (Retail) | 7.10 SP3 Build 207 (Retail) |
| Operating System | Windows XP (32-bit) 5.1 Build 2600 Service Pack 2 | Windows 7 x64 (64-bit endpoint) 6.1 Build 7601 Service Pack 1 |
| Memory | 1011 (MB) | 2933 (MB) |

- Prueba: Host Dos Paquetes UDP

Figura 69. Resultados Host Dos
Fuente: Propia (Software QCHECK)



| Settings | | |
|--------------------|---|---|
| From (Endpoint 1) | 10.37.6.212 | |
| To (Endpoint 2) | 10.37.6.211 | |
| Protocol | UDP | |
| Start Time | 22/06/2013 11:59:02 | |
| Stop Time | 22/06/2013 11:59:04 | |
| Data Size | 1000 kBytes | |
| Throughput Results | | |
| Throughput | 5,674 Mbps | |
| Endpoint Details | | |
| | Endpoint 1 | Endpoint 2 |
| IP Address | 10.37.6.212 | 10.37.6.211 |
| Endpoint Version | 7.10 SP3 Build 207 (Retail) | 7.10 SP3 Build 207 (Retail) |
| Operating System | Windows 7 x64 (64-bit endpoint) 6.1 Build 7601 Service Pack 1 | Windows XP (32-bit) 5.1 Build 2600 Service Pack 2 |
| Memory | 2933 (MB) | 1011 (MB) |

Como se puede observar en el resultado de las pruebas del enlace Inalámbrico, el nivel de Throughput que se puede transmitir por este canal en este tipo de enlaces es hasta 5,67 Mbps con paquetes UDP.

4.6. RESULTADOS DE LA PRUEBA ENLACE CON FIBRA ÓPTICA

Para realizar las pruebas de Ancho de Banda en el Laboratorio se utilizo los siguientes equipos que se muestran en la Tabla 68.

Tabla 68. Equipos de Prueba.
Fuente: El Autor

| ENLACE CON FIBRA ÓPTICA | |
|-------------------------|--------------------------------|
| HOST UNO | LAPTOP ACER ASPIRE ONE 3690 |
| HOST DOS | LAPTOP HP COMPAQ I3 |
| CONVERSOR UNO | TP-LINK WDM CONVERTER MC111CS |
| CONVERSOR DOS | TP-LINK WDM CONVERTER MC112CS |
| FIBRA ÓPTICA | PRYSMIAN OPTICAL CABLE 2 HILOS |

4.6.1. ESQUEMA Y TOPOLOGÍA DE LA RED CON FIBRA ÓPTICA

La pruebas se las realizo utilizando un enlace Punto a Punto similar a las que se pretende instalar a los clientes de CONECEL, En la Figura 70 se muestra el esquema de la red, con el direccionamiento Ip correspondiente.

Figura 70. Esquema de Red
Fuente: Propia



Tabla 69. Direccionamiento IP
Fuente: Propia

| DIRECCIONAMIENTO IP | | | |
|---------------------|-------------|-----------------|--------------|
| EQUIPO | IP | MASCARA | GATEWAY |
| HOST UNO | 10.37.6.211 | 255.255.255.240 | 10.37.6.2.14 |
| HOST DOS | 10.37.6.212 | 255.255.255.240 | 10.37.6.2.14 |

a. Resultados con el Software IPERF

El Software se lo instalo en los dos Host, se realizo las pruebas simultáneas en Modo Servidor-Esclavo y Esclavo-Servidor, donde se obtuvo los siguientes resultados.

- Prueba Host Uno Servidor y Host Dos Esclavo

Figura 71. Resultados Modo Servidor-Esclavo
Fuente: Propia (Software IPERF)

```
C:\Documents and Settings\Administrador1\Escritorio>iperf -c 10.37.6.212
-----
Client connecting to 10.37.6.212, TCP port 5001
TCP window size: 8.00 KByte (default)
-----
[1916] local 10.37.6.211 port 1667 connected with 10.37.6.212 port 5001
[ ID] Interval      Transfer      Bandwidth
[1916] 0.0-10.0 sec  102 MBytes   85.5 Mbits/sec

C:\Users\Usuario>C:\Users\Usuario\Desktop\iperf -s
-----
Server listening on TCP port 5001
TCP window size: 8.00 KByte (default)
-----
[260] local 10.37.6.212 port 5001 connected with 10.37.6.211 port 1666
[ ID] Interval      Transfer      Bandwidth
[260] 0.0-10.0 sec  103 MBytes   86.0 Mbits/sec
[276] local 10.37.6.212 port 5001 connected with 10.37.6.211 port 1667
```

- Prueba: Host Uno Esclavo y Host Dos Servidor

Figura 72. Resultados Modo Esclavo- Servidor
Fuente: Propia (Software IPERF)

```
C:\Users\Usuario>C:\Users\Usuario\Desktop\iperf -c 10.37.6.211
-----
Client connecting to 10.37.6.211, TCP port 5001
TCP window size: 8.00 KByte (default)
-----
[156] local 10.37.6.212 port 49820 connected with 10.37.6.211 port 5001
[ ID] Interval      Transfer      Bandwidth
[156] 0.0-10.0 sec  93.2 MBytes   78.1 Mbits/sec

C:\Documents and Settings\Administrador1\Escritorio>iperf -s
-----
Server listening on TCP port 5001
TCP window size: 8.00 KByte (default)
-----
[1876] local 10.37.6.211 port 5001 connected with 10.37.6.212 port 49820
[ ID] Interval      Transfer      Bandwidth
[1876] 0.0-10.0 sec  93.2 MBytes   78.2 Mbits/sec
```

Como se puede observar en el resultado de las pruebas del enlace con Fibra Óptica, se puede transmitir en este tipo de enlaces un Ancho de Banda de 78.2 Mbps, tanto al transmitir como al recibir.

b. Resultados con el Software QCHECK

El Software se lo instalo en los dos Host, se realizo las pruebas en los dos Host para verificar el nivel de Throughput que puede soportar el canal con paquetes TCP y UDP, donde se obtuvo los siguientes resultados.

- Prueba Host Uno - Paquetes TCP

Figura 73. Resultados Host 1
Fuente: Propia (Software QCHECK)



Settings

| | |
|-------------------|---------------------|
| From (Endpoint 1) | 10.37.6.211 |
| To (Endpoint 2) | 10.37.6.212 |
| Protocol | TCP |
| Start Time | 22/06/2013 12:07:39 |
| Stop Time | 22/06/2013 12:07:40 |
| Data Size | 1000 kBytes |

Throughput Results

| | |
|------------|-------------|
| Throughput | 85,106 Mbps |
|------------|-------------|

Endpoint Details

| | Endpoint 1 | Endpoint 2 |
|------------------|---|---|
| IP Address | 10.37.6.211 | 10.37.6.212 |
| Endpoint Version | 7.10 SP3 Build 207 (Retail) | 7.10 SP3 Build 207 (Retail) |
| Operating System | Windows XP (32-bit) 5.1 Build 2600 Service Pack 2 | Windows 7 x64 (64-bit endpoint) 6.1 Build 7601 Service Pack 1 |
| Memory | 1011 (MB) | 2933 (MB) |

- Prueba: Host Dos - Paquetes TCP

Figura 74. Resultados Host Dos
Fuente: Propia (Software QCHECK)



Settings

| | |
|-------------------|---------------------|
| From (Endpoint 1) | 10.37.6.212 |
| To (Endpoint 2) | 10.37.6.211 |
| Protocol | TCP |
| Start Time | 22/08/2013 12:09:24 |
| Stop Time | 22/08/2013 12:09:25 |
| Data Size | 1000 kBytes |

Throughput Results

| | |
|------------|-------------|
| Throughput | 91,954 Mbps |
|------------|-------------|

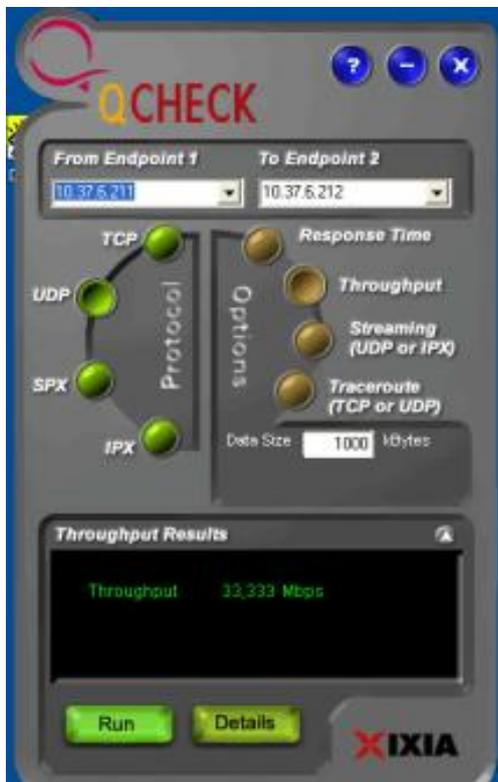
Endpoint Details

| | Endpoint 1 | Endpoint 2 |
|------------------|---|---|
| IP Address | 10.37.6.212 | 10.37.6.211 |
| Endpoint Version | 7.10 SP3 Build 207 (Retail) | 7.10 SP3 Build 207 (Retail) |
| Operating System | Windows 7 x64 (64-bit endpoint) 6.1 Build 7601 Service Pack 1 | Windows XP (32-bit) 5.1 Build 2600 Service Pack 2 |
| Memory | 2933 (MB) | 1011 (MB) |

Como se puede observar en el resultado de las pruebas del enlace Inalámbrico, el nivel de Throughput que se puede transmitir por el canal en este tipo de enlaces es hasta 91,95 Mbps con paquetes TCP.

- Prueba Host Uno - Paquetes UDP

Figura 75. Resultados Host 1
Fuente: Propia (Software QCHECK)



Settings

| | |
|-------------------|---------------------|
| From (Endpoint 1) | 10.37.6.211 |
| To (Endpoint 2) | 10.37.6.212 |
| Protocol | UDP |
| Start Time | 22/06/2013 12:08:10 |
| Stop Time | 22/06/2013 12:08:11 |
| Data Size | 1000 kBytes |

Throughput Results

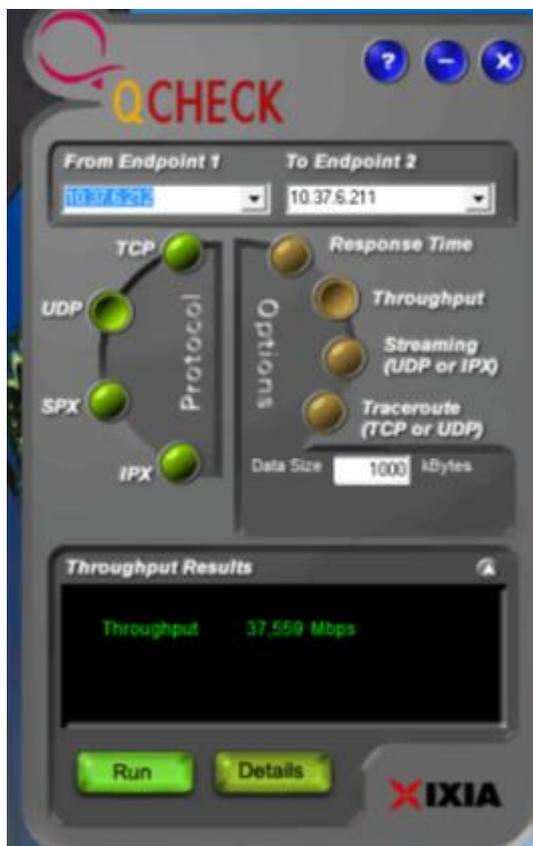
| | |
|------------|-------------|
| Throughput | 33,333 Mbps |
|------------|-------------|

Endpoint Details

| | Endpoint 1 | Endpoint 2 |
|------------------|---|---|
| IP Address | 10.37.6.211 | 10.37.6.212 |
| Endpoint Version | 7.10 SP3 Build 207 (Retail) | 7.10 SP3 Build 207 (Retail) |
| Operating System | Windows XP (32-bit) 5.1 Build 2600 Service Pack 2 | Windows 7 x64 (64-bit endpoint) 6.1 Build 7601 Service Pack 1 |
| Memory | 1011 (MB) | 2933 (MB) |

- Prueba: Host Dos Paquetes UDP

Figura 76. Resultados Host Dos
Fuente: Propia (Software QCHECK)



| Settings | | |
|--------------------|---|---|
| From (Endpoint 1) | 10.37.6.212 | |
| To (Endpoint 2) | 10.37.6.211 | |
| Protocol | UDP | |
| Start Time | 22/06/2013 12:09:01 | |
| Stop Time | 22/06/2013 12:09:02 | |
| Data Size | 1000 kBytes | |
| Throughput Results | | |
| Throughput | 37,559 Mbps | |
| Endpoint Details | | |
| | Endpoint 1 | Endpoint 2 |
| IP Address | 10.37.6.212 | 10.37.6.211 |
| Endpoint Version | 7.10 SP3 Build 207 (Retail) | 7.10 SP3 Build 207 (Retail) |
| Operating System | Windows 7 x64 (64-bit endpoint) 6.1 Build 7601 Service Pack 1 | Windows XP (32-bit) 5.1 Build 2600 Service Pack 2 |
| Memory | 2933 (MB) | 1011 (MB) |

Como se puede observar en el resultado de las pruebas del enlace con Fibra Óptica, el nivel de Throughput que se puede transmitir por el canal en este tipo de enlaces es hasta 37,59 Mbps con paquetes UDP.

4.7. CONCLUSIONES DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

Luego de realizar las pruebas respectivas, se obtuvo los valores que se muestran en la Tabla 70.

Tabla 70. Resultados de la Pruebas
Fuente: Propia

| RESULTADOS DE LAS PRUEBAS | | | |
|---------------------------|----------------|----------------|----------------|
| ENLACE | SOFTWARE IPERF | SOFTWARE QCHEK | |
| | ANCHO DE BANDA | THROUGHPUT TCP | THROUGHPUT UDP |
| INALÁMBRICO | 6.43 Mbps | 6,14 Mbps | 5,67 Mbps |
| FIBRA ÓPTICA | 78.2 Mbps | 91,95 Mbps | 37,59 Mbps |

- La valores de la tasa de transferencia, ancho de banda y throughput obtenidos con la red de fibra óptica supera aproximadamente 10 veces a la red inalámbrica.
- Los datos obtenidos alcanzan valores similares a los de una Red PON.
- El resultado de las pruebas nos garantiza que la red diseñada soportara la migración de la red actual, adaptándose al incremento de ancho de banda que pueden solicitar los usuarios en el futuro.
- En la red de fibra óptica se pueden aumentar servicios y aplicaciones debido a que tiene mayor capacidad en la tasa de transmisión.

5. CAPÍTULO V

ANÁLISIS ECONÓMICO.

En este capítulo se realizará un estudio general acerca del costo estimado de la red, se utilizarán las variables económicas VAN y TIR para determinar la factibilidad de implementación del proyecto, todo esto basado en precios referenciales obtenidos del proveedor de equipos de telecomunicaciones de la Empresa EQUYSUM, hay que mencionar que este tipo de información es confidencial, por lo tanto los valores presentados son aproximados a los reales, también se debe tomar en cuenta que los costos varían dependiendo de la influencia de la oferta y demanda en el mercado.

En esta sección se dará un presupuesto referencial para la implementación, operación y mantenimiento del sistema, también el tiempo estimado en que se va a recuperar la inversión.

5.1. INTRODUCCIÓN

En todo proyecto el aspecto económico es un pilar fundamental, y como el trabajo está orientado a brindar los servicios de comunicaciones a clientes corporativos, se considera como un proyecto de inversión, es decir que va a ser ejecutado a través de una entidad que espera recuperar dicha inversión y obtener ganancias con la implementación del mismo.

5.2. PRESUPUESTO

5.2.1. ESTIMACIÓN DE COSTOS

De acuerdo con el diseño realizado en el capítulo III, la red de acceso se estructura de la siguiente manera:

- La red diseñada consiste de 21 Clientes o Usuarios finales, de los cuales todos requieren la instalación de la fibra óptica, dispositivos y equipos para la transmisión de datos.
- El Nodo Otavalo está considerado como la Estación Central de donde se realizara la conexión para todos los clientes.

Para la estimación de costos del proyecto se divide en varios grupos y estos se clasifican de la siguiente forma:

- Costos de Equipos
- Costos de Infraestructura
- Costos de Implementación
- Costos Totales estimados para la implementación del sistema.
- Costos de operación y mantenimiento

5.2.1.1. Costos de Equipos

En primer lugar vamos a determinar los costos de los equipos para el Nodo Otavalo y luego los costos de los equipos para los Clientes.

Los costos que se presentan de los equipos son valores aproximados facilitados por el Proveedor de Equipos de la Empresa EQUYSUM.

1. Costo de equipos para el Nodo.

El Nodo se encargara de transmitir la información de Todos los Clientes, en la Tabla 71 se indican los costos de los equipos.

Tabla 71: Costo de Equipos Para el Nodo
Fuente: (Empresa Proveedor de Equipos)

| EQUIPOS PARA EL NODO | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------------------------|
| EQUIPO | COSTO UNITARIO (USD) | CANTIDAD | COSTO TOTAL (USD) |
| Convertor Óptico | 75 | 21 | 1575 |
| PatchCord Óptico | 4 | 21 | 84 |
| ODF 48 PUERTOS | 150 | 1 | 150 |
| PatchCord UTP | 2 | 21 | 42 |
| TOTAL (USD) | 265 | | 1851 |

2. Costo de Equipos para los Clientes

El costo de los equipos para todos los Clientes es el mismo, por lo cual se va a realizar el análisis de costos de un Cliente y este se lo multiplicara para el número total de Clientes y nos dará el costo Total.

En la Tabla 72 se indica los costos estimados de los Equipos para los diferentes Clientes.

Tabla 72: Costo de Equipos para un Cliente
Fuente: (Empresa Proveedor de Equipos)

| EQUIPOS PARA UN CLIENTE | | | |
|--------------------------------|-----------------------------|-----------------|--------------------------|
| EQUIPO | COSTO UNITARIO (USD) | CANTIDAD | COSTO TOTAL (USD) |
| Convertor Óptico | 75 | 1 | 75 |
| PatchCord Óptico | 4 | 1 | 4 |
| ODF 2 PUERTOS | 50 | 1 | 50 |
| PatchCord UTP | 2 | 1 | 2 |
| TOTAL (USD) | 146 | | 131 |

3. Costo total de Equipos para la Red

La Tabla 73 muestra el costo Total de los equipos, tanto para el Nodo y los Clientes.

Tabla 73: Costos Total de los Equipos
Fuente: (Empresa Proveedor de Equipos)

| COSTO TOTAL | | | |
|--------------------|-----------------------------|-----------------|--------------------------|
| EQUIPO | COSTO UNITARIO (USD) | CANTIDAD | COSTO TOTAL (USD) |
| Equipos Nodo | 1851 | 1 | 1851 |
| Equipos Cliente | 131 | 21 | 2751 |
| TOTAL (USD) | 2092 | | 4602 |

5.2.1.2. Costos de Infraestructura

Dentro de la infraestructura se considera los costos de herrajes para los postes, pinzas de agarre y la fibra óptica.

Tabla 74: Costo de Infraestructura
Fuente: (Empresa Proveedor de Equipos)

| COSTO DE INFRAESTRUCTURA | | | |
|---------------------------------|----------------------------|-----------------|-------------------------|
| MATERIAL | COSTO UNITARIO(USD) | CANTIDAD | COSTO TOTAL(USD) |
| Herrajes | 3 | 151 | 453 |
| Pinzas | 0,35 | 302 | 105,70 |
| Mangas de Empalme | 95 | 5 | 475 |
| Fibra Óptica 24 Hilos | 1,45 | 6301 m | 9136,45 |
| Fibra Óptica 2 Hilos | 0,65 | 6857 m | 4457,05 |
| Fusión de la Fibra Óptica | 3 | 63 | 189 |
| TOTAL (USD) | 5,72 | | 14816,2 |

5.2.1.3. Costos de Implementación

El costo de implementación se lo considera al costo de la mano de obra y la movilización para la instalación de esta red.

1. Mano de Obra y Movilización

Estos rubros corresponden a los honorarios del personal encargado del diseño e instalación de la red. Este costo se determina considerando los siguientes aspectos:

- El costo de instalación de la fibra óptica se lo considera a los valores que se gastarán en los técnicos que realicen este trabajo.

Para la instalación de toda la red se requiere de 4 técnicos, el tiempo estimado para terminar los trabajos es de 15 días (trabajando 8 horas al día), se realizará la instalación de 2 clientes por día.

Un técnico de la empresa recibe mensualmente la remuneración de 500 dólares, por 160 horas trabajadas, esto da un valor de 3,125 dólares el valor por cada hora trabajada.

El costo por técnico para esta instalación se obtiene multiplicando el número de horas trabajadas por el precio de la hora.

Cálculo: Costo técnico = 120 x 3,125 = 375 dólares.

Los valores del Décimo Tercer y Cuarto Sueldo se obtienen según las leyes de trabajo vigentes en el Ecuador a Junio del 2013.

- El costo de la movilización se la obtiene del consumo de combustible de las camionetas que se utilizan para movilizar las herramientas y el personal. El valor de combustible que se consume en promedio para estas instalaciones es de 5 dólares diarios por camioneta, como son 2 camionetas y se utilizaran por 15 días, la cantidad total se muestra en la Tabla 75.

Tabla 75: Costo de Mano de Obra y Movilización
Fuente: El autor

| COSTO DE MANO DE OBRA Y MOVILIZACIÓN | | | |
|---|--------------------|-----------------|--------------------|
| Indicador | Costo (USD) | Cantidad | Total (USD) |
| Remuneración | 375 | 4 | 1500 |
| Décimo Tercer Sueldo | 31,25 | 4 | 125 |
| Décimo Cuarto Sueldo | 19,87 | 4 | 79,48 |
| Movilización | 10 | 15 | 150 |
| TOTAL (USD) | | | 1854,48 |

5.2.1.4. Imprevistos

Se toma como imprevistos a costos de elementos pequeños que no se han considerado en los otros rubros, además de posibles variaciones de los precios en el tiempo que demora implementar el proyecto, se recomienda tomar un valor aproximado del 5% de la suma de los costos anteriores

Tabla 76: Costos Imprevistos
Fuente: El autor

| IMPREVISTOS | | |
|---------------------|--------------------|-----------------------------|
| Indicador | Total (USD) | Imprevisto 5 % (USD) |
| Equipos | 4602 | 230,10 |
| Infraestructura | 14816,2 | 740,81 |
| Mano de Obra y Mov. | 1854,48 | 92,72 |
| TOTAL (USD) | | 1063,33 |

5.2.1.5. Costos totales estimados para la Implementación

Para determinar los costos totales estimados de la implementación del sistema debemos tomar en consideración los costos obtenidos anteriormente, cabe recalcar que este valor puede variar según la fecha de la implementación.

Tabla 77: Costos totales estimados para la Implementación
Fuente: El autor

| COSTOS TOTALES ESTIMADOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN | |
|--|-----------------|
| Equipos (USD) | 4602 |
| Infraestructura (USD) | 14816,2 |
| Mano de Obra (USD) | 1854,48 |
| Imprevistos (USD) | 1063,33 |
| TOTAL (USD) | 22336,01 |

5.2.1.6. Costos de Operación y Mantenimiento

Los costos de operación y mantenimiento son los que se generan durante todo el tiempo de vida delared. Estos costos aparecen cada que ocurra un problema en la red, considerando los siguientes:

- Pago de salarios al personal, en este caso se asume el costo del tiempo que se realicen los trabajos, debido a que lo realizaran personal de la empresa, se asume
- Transporte e insumos necesarios para realizar el mantenimiento y operación de la red.

Tabla 78: Costos Operación y Mantenimiento
Fuente: El autor

| COSTO OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO | | | |
|--|-------------------|-----------------|-------------------------|
| COSTO | COSTO(USD) | CANTIDAD | COSTO TOTAL(USD) |
| Técnicos | 3,125 | 16 | 50 |
| Transporte e Insumos | 30 | 1 | 30 |
| TOTAL | | | 80 |

De acuerdo a la Tabla 77 el costo total de la red diseñada, para su implementación es de 22336,01 dólares, presupuesto que está sujeto a cambio debido a la variación de precios de los equipos, el diseño debe tener una evaluación previa por parte de la empresa Equysum para la toma de la decisión de su implementación.

5.3. INDICADORES ECONÓMICOS

Para el cálculo de los indicadores económicos como son el VAN y TIR, es necesario calcular el Flujo de Caja donde se presentan los ingresos y egresos en períodos iguales.

5.3.1. INGRESOS Y EGRESOS

El objetivo del Flujo de Caja es proveer información relevante sobre los ingresos y egresos de dinero después de la implementación de un proyecto durante un período de tiempo. Es un estado financiero dinámico y acumulativo

a. Arriendo de Red

En la Tabla 79 se muestra los valores del ingreso que se obtendrá por concepto de arrendamiento de la Red de Acceso a la empresa CONECEL, cabe indicar que esta información es confidencial, esto significa que los valores indicados son aproximados a los valores reales.

Tabla 79: Ingreso por arriendo
Fuente: El autor

| INGRESO POR ARRIENDO DE RED | |
|------------------------------------|----------------------------|
| Indicador | Valor Mensual (USD) |
| Red Inalámbrica | 25 |
| Red con Fibra Óptica | 40 |

El número de usuarios se incrementan aproximadamente 3 por año, este dato se lo puede observar en la Figura 42, con este dato se estima los nuevos usuarios para un tiempo de 5 años.

Tabla 80: Ingreso por valores de arrendamiento de la Red
Fuente: Departamento Comercial Equysum

| INGRESO POR VALORES ARRENDAMIENTO | | | |
|--|-----------------|------------------------------|----------------------------|
| TIEMPO (Años) | USUARIOS | INGRESO MENSUAL (USD) | INGRESO ANUAL (USD) |
| 1 | 21 | 840 | 10080 |
| 2 | 24 | 960 | 11520 |
| 3 | 27 | 1080 | 12960 |
| 4 | 30 | 1200 | 14400 |
| 5 | 33 | 1320 | 15840 |

b. Implementación de Red.

Los egresos se consideran a todos los valores involucrados para la implementación de la red diseñada, cabe señalar que el precio de los equipos varía y el precio actual no será el mismo para los nuevos usuarios que solicite el servicio en los próximos años.

Los clientes se incrementan 3 por año, para la implementación de un nuevo cliente tiene el costo que se muestra en la Tabla 81.

Tabla 81: Costo Total Estimados para la Implementación de un cliente
Fuente: El autor

| COSTO TOTAL ESTIMADOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN | |
|---|---------------|
| Equipos (USD) | 206 |
| Infraestructura (USD) | 50 |
| Mano de Obra y Movilización (USD) | 50 |
| Imprevistos (USD) | 15,30 |
| TOTAL (USD) | 321,30 |

El costo de instalación para 3 nuevos clientes al año es de 963,90 dólares, con este valor en la Tabla 82 se aprecia el valor que se debe invertir para la instalación de nuevos usuarios en un periodo de 5 años.

Tabla 82: Egreso por Implementación de la Red
Fuente: Propia

| EGRESO POR IMPLEMENTACIÓN DE LA RED | | |
|--|-----------------|---------------------------|
| TIEMPO (Años) | USUARIOS | EGRESO ANUAL (USD) |
| 0 | 21 | 22336,01 |
| 1 | 24 | 963,90 |
| 2 | 27 | 963,90 |
| 3 | 30 | 963,90 |
| 4 | 33 | 963,90 |
| 5 | 36 | 963,90 |

c. Mantenimiento de la Red

Este valor se muestra en la Tabla 78, se planifica realizar dos mantenimientos al año.

d. Depreciación de Equipos.

Los equipos de cómputo y software según la página web del Servicio de Rentas Internas del Ecuador tienen un costo o gasto de **Depreciación Anual** del 33%, con este indicador en un periodo de 3 años los equipos pierden su valor.

Para el proyecto los equipos que se utiliza son los Conversores Ópticos, según el Datasheet de estos equipos el tiempo operativo es de 10 años, para el diseño este valor no se tomara en cuenta, debido a que estos dispositivos se ha utilizado por más de 5 años en la empresa Equysum y hasta el momento no han presentado problemas en este periodo.

Tabla 83: Costos o Gastos de Depreciación anual de Activos Fijos
Fuente: http://descargas.sri.gov.ec/download/pdf/instructivo_101.pdf

| Activos Fijos | % Anual |
|--|----------------|
| Inmuebles (excepto terrenos), naves, aeronaves, barcasas y similares | 5 % |
| Instalaciones, maquinarias, equipos y muebles | 10 % |
| Vehículos, equipos de transporte y equipocaminero móvil. | 20 % |
| Equipos de cómputo y software | 33 % |

e. Financiamiento

Actualmente la empresa Equysum no posee todo el capital para la elaboración del proyecto, por lo cual se tiene planificado hacer un Crédito a una entidad bancaria para proceder con la implementación.

La cantidad planificada para el crédito es de 15000 dólares, a un plazo de 5 años, según la página web del Banco Central del Ecuador a Agosto del 2013 la Tasa de Interés para un préstamo productivo anual es de 9,53%.

Tabla 84: Datos del Crédito Bancario
Fuente: Propia

| | |
|------------------------------|----------|
| Monto del crédito (USD): | 15000,00 |
| Tasa de interés (anual): | 9,53% |
| Número de pagos (mensuales): | 60 |
| Pago (mensualUSD): | 315,25 |

La Tabla 85, muestra la Tabla de Amortización con el detalle de cada uno de los pagos hasta la liquidación total del préstamo

Tabla 85: Datos del Crédito Bancario
Fuente: <http://exceltotal.com/tabla-de-amortizacion-en-excel/>

| # Pago | Pago Interés (Dólares) | Pago Capital (Dólares) | Saldo (Dólares) |
|--------|------------------------|------------------------|-----------------|
| 1 | 119,13 | 196,12 | 14803,88 |
| 2 | 117,57 | 197,68 | 14606,20 |
| 3 | 116,00 | 199,25 | 14406,95 |
| 4 | 114,42 | 200,83 | 14206,11 |
| 5 | 112,82 | 202,43 | 14003,69 |
| 6 | 111,21 | 204,04 | 13799,65 |
| 7 | 109,59 | 205,66 | 13594,00 |
| 8 | 107,96 | 207,29 | 13386,71 |
| 9 | 106,31 | 208,94 | 13177,77 |
| 10 | 104,65 | 210,59 | 12967,18 |
| 11 | 102,98 | 212,27 | 12754,91 |
| 12 | 101,30 | 213,95 | 12540,96 |
| 13 | 99,60 | 215,65 | 12325,31 |
| 14 | 97,88 | 217,36 | 12107,94 |
| 15 | 96,16 | 219,09 | 11888,85 |
| 16 | 94,42 | 220,83 | 11668,02 |
| 17 | 92,66 | 222,58 | 11445,44 |
| 18 | 90,90 | 224,35 | 11221,08 |
| 19 | 89,11 | 226,13 | 10994,95 |

| | | | |
|--------------|----------------|--------------|----------|
| 20 | 87,32 | 227,93 | 10767,02 |
| 21 | 85,51 | 229,74 | 10537,28 |
| 22 | 83,68 | 231,56 | 10305,72 |
| 23 | 81,84 | 233,40 | 10072,31 |
| 24 | 79,99 | 235,26 | 9837,06 |
| 25 | 78,12 | 237,13 | 9599,93 |
| 26 | 76,24 | 239,01 | 9360,92 |
| 27 | 74,34 | 240,91 | 9120,02 |
| 28 | 72,43 | 242,82 | 8877,20 |
| 29 | 70,50 | 244,75 | 8632,45 |
| 30 | 68,56 | 246,69 | 8385,76 |
| 31 | 66,60 | 248,65 | 8137,10 |
| 32 | 64,62 | 250,63 | 7886,48 |
| 33 | 62,63 | 252,62 | 7633,86 |
| 34 | 60,63 | 254,62 | 7379,24 |
| 35 | 58,60 | 256,64 | 7122,60 |
| 36 | 56,57 | 258,68 | 6863,91 |
| 37 | 54,51 | 260,74 | 6603,18 |
| 38 | 52,44 | 262,81 | 6340,37 |
| 39 | 50,35 | 264,89 | 6075,47 |
| 40 | 48,25 | 267,00 | 5808,48 |
| 41 | 46,13 | 269,12 | 5539,36 |
| 42 | 43,99 | 271,26 | 5268,10 |
| 43 | 41,84 | 273,41 | 4994,69 |
| 44 | 39,67 | 275,58 | 4719,11 |
| 45 | 37,48 | 277,77 | 4441,34 |
| 46 | 35,27 | 279,98 | 4161,36 |
| 47 | 33,05 | 282,20 | 3879,16 |
| 48 | 30,81 | 284,44 | 3594,72 |
| 49 | 28,55 | 286,70 | 3308,02 |
| 50 | 26,27 | 288,98 | 3019,04 |
| 51 | 23,98 | 291,27 | 2727,77 |
| 52 | 21,66 | 293,58 | 2434,19 |
| 53 | 19,33 | 295,92 | 2138,27 |
| 54 | 16,98 | 298,27 | 1840,01 |
| 55 | 14,61 | 300,64 | 1539,37 |
| 56 | 12,23 | 303,02 | 1236,35 |
| 57 | 9,82 | 305,43 | 930,92 |
| 58 | 7,39 | 307,85 | 623,06 |
| 59 | 4,95 | 310,30 | 312,76 |
| 60 | 2,48 | 312,76 | 0,00 |
| TOTAL | 3914,87 | 15000 | |

Realizando los cálculos sobre el interés y el plazo a pagar de la Tabla de Amortización, se determina que el valor a pagar por el interés es de 3914,87 dólares, por lo tanto el valor a cancelar anualmente es de 782.98 dólares.

f. Estado de Pérdidas y Ganancias

Un estado de ganancias y pérdidas mide la actividad de una empresa a lo largo de un período, indica los ingresos, los gastos, las ganancias y las pérdidas.

Tabla 86: Estado de Pérdidas y Ganancias
Fuente: Propia

| INGRESOS OPERATIVOS | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|--|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Ventas de productos (USD) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ventas de servicios (USD) | 10080 | 11520 | 12960 | 14400 | 15840 |
| Ingresos operativos totales(USD) | 10080 | 11520 | 12960 | 14400 | 15840 |
| GASTOS OPERATIVOS | | | | | |
| Costo de implementación (USD) | 22336,01 | 963,9 | 963,9 | 963,9 | 963,9 |
| Ganancia bruta(USD) | -12256,01 | 10556,1 | 11996,1 | 13436,1 | 14876,1 |
| GASTOS FIJOS | | | | | |
| Mantenimiento(USD) | 160 | 160 | 160 | 160 | 160 |
| Seguro(USD) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Artículos de oficina(USD) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Servicios públicos(USD) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total de gastos fijos(USD) | 160 | 160 | 160 | 160 | 160 |
| INGRESOS OPERATIVOS(USD) | -12416,01 | 10396,1 | 11836,1 | 13276,1 | 14716,1 |
| OTROS GASTOS | | | | | |
| Interés por préstamos (USD) | 3783 | 3783 | 3783 | 3783 | 3783 |
| GANANCIAS ANTES DE IMPUESTOS(USD) | -16199,01 | 6613,1 | 8053,1 | 9493,1 | 10933,1 |
| Impuestos a la renta(USD) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| GANANCIA BRUTA(USD) | -16199,01 | 6613,1 | 8053,1 | 9493,1 | 10933,1 |

g. Flujo Efectivo

Se presenta en la Tabla 87 el flujo de efectivo del proyecto mostrando tanto ingresos como egresos, en este caso se lo realiza para un periodo de cinco años.

Tabla 87: Flujo de Efectivo
Fuente: Propia

| ACTIVIDADES DE OPERACIÓN | INICIO | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|--|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| Cobranza a los clientes | 0 | 10080 | 11520 | 12960 | 14400 | 15840 |
| Otros cobros de efectivo relativos a la actividad | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Pago a proveedores | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Pago de remuneraciones y beneficios sociales | 0 | 160 | 160 | 160 | 160 | 160 |
| Pagos de tributos | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Otros Pagos Relativos a la Actividad | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Efectivo proveniente de actividades de operación | 0 | 9920 | 11360 | 12800 | 14240 | 15680 |
| ACTIVIDADES DE INVERSIÓN | | | | | | |
| Ingresos por Venta de Valores | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ingresos por venta de inmuebles, Maq. Y E. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Otros ingresos relativos a la actividad | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Pagos por compra de valores | -22336,01 | 963,9 | 963,9 | 963,9 | 963,9 | 963,9 |
| Pagos por Compra de Inmuebles, Maq. y Equipo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Otros Pagos Efectuados Relat. A la Act. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Efectivo y Equivalente de efectivo proveniente de actividades de Inversión | -22336,01 | -963,9 | -963,9 | -963,9 | -963,9 | -963,9 |
| ACTIVIDADES DE FINANCIAMIENTO | | | | | | |
| Ingresos por Emisión de Acciones o Nuevos Aportes | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ingresos por Préstamos Bancarios a Corto y Largo Plazo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ingresos por Emisión de Bonos Hipotecas y Otros | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Otros Ingresos de Efec. Relat. A la Actividad | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Amortización de Préstamo Obtenidos | 0 | 3783 | 3783 | 3783 | 3783 | 3783 |
| Redención de Emisión de Títulos Valores | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Pago de Dividendos y otras Distribuciones | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Otros Pagos Efectuados Relat. A la Act. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Efectivo y Equivalente de efectivo proveniente de actividades de Financiamiento | 0 | -3783 | -3783 | -3783 | -3783 | -3783 |
| Saldo de Efectivo al final del año | -22336,01 | 5173,1 | 6613,1 | 8053,1 | 9493,1 | 10933,1 |

Todos los valores de la Tabla 87 tienen como unidad monetaria el dólar.

5.3.2. FLUJO DE CAJA

El objetivo del Flujo de Caja es proveer información relevante sobre los ingresos y egresos de dinero después de la implementación de un proyecto durante un período de tiempo. Es un estado financiero dinámico y acumulativo

Para realizar el Flujo de Caja se toman en cuenta los valores calculados de los Ingresos y Egresos, estos valores de egreso se muestran en la Tabla 88.

Tabla 88: Egresos
Fuente: Propia

| EGRESOS | | | | |
|----------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------|
| Tiempo (Años) | Implementación (USD) | Mantenimiento (USD) | Financiamiento(USD) | Total (USD) |
| Inicio | 22336,01 | 0 | 0 | 22336,01 |
| 1 | 963,90 | 160 | 3783 | 4906,90 |
| 2 | 963,90 | 160 | 3783 | 4906,90 |
| 3 | 963,90 | 160 | 3783 | 4906,90 |
| 4 | 963,90 | 160 | 3783 | 4906,90 |
| 5 | 963,90 | 160 | 3783 | 4906,90 |

Tabla 89: Flujo de Caja
Fuente: Propia

| TIEMPO (Años) | INGRESO (USD) | EGRESO (USD) | FLUJO DE CAJA (USD) |
|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------------|
| Inicio | 0 | 22336,01 | -22336,01 |
| 1 | 10080 | 4906,90 | 5173,10 |
| 2 | 11520 | 4906,90 | 6613,10 |
| 3 | 12960 | 4906,90 | 8053,10 |
| 4 | 14400 | 4906,90 | 9493,10 |
| 5 | 15840 | 4906,90 | 10933,10 |

Para determinar la rentabilidad del proyecto se utilizaran los siguientes indicadores para determinar la viabilidad del diseño.

- Valor Actual Neto (VAN)
- Tasa Interna de Retorno (TIR)

5.3.3. VALOR ACTUAL NETO (VAN)

El VAN es un procedimiento que permite evaluar a los proyectos de inversión, se obtiene el VAN calculando la diferencia entre el valor actual de los ingresos esperados de una inversión y el valor actual de los egresos. Con el resultado obtenido del VAN se verifica si el proyecto es rentable, el proyecto es rentable si se tiene un VAN positivo, cuando se tiene un VAN igual a cero el proyecto puede considerarse aceptable, pero si el VAN es menor a cero el proyecto debe descartarse, para calcular el VAN se utiliza la siguiente fórmula:

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=1}^m \frac{F_n}{(1+i)^n} \quad (4)$$

Donde:

I_0 = Inversión Inicial

F_n = Flujos Netos

m = Número de períodos considerados

i = Tasa de interés

Según la página web del Banco Central del Ecuador a junio de 2013, la tasa de interés a utilizarse vigente en el mercado es de $i=10,21$ % anual, el tiempo en el que se realiza el análisis de rentabilidad es de 5 años, la tasa de interés puede variar durante este periodo.

Remplazando los valores de la Tabla 89 en la Ecuación 4, tenemos:

$$VAN = -22336,01 + \frac{5173,10}{(1+0,1021)^1} + \frac{6613,10}{(1+0,1021)^2} + \frac{8053,10}{(1+0,1021)^3} + \frac{9493,10}{(1+0,1021)^4} + \frac{10933,10}{(1+0,1021)^5}$$

$$\mathbf{VAN = 6977,10 \text{ Dólares}}$$

El resultado del VAN es mayor que cero, por lo tanto el proyecto es rentable para su implementación.

⁽⁴⁾Ecuación 4. Calculo del VAN. Recuperado de: <http://www.slideshare.net/elizmaragreda/calculo-del-van-y-el-tir>

5.3.4. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

El TIR es un procedimiento que puede utilizarse como un indicador de rentabilidad de un proyecto, es la tasa que iguala la suma del valor actual de los gastos con la suma del valor actual de los ingresos previstos. Un proyecto es rentable cuando el TIR es mayor que la tasa de interés mínima vigente en el mercado. Para calcular el TIR se utiliza la siguiente fórmula:

$$-I_0 + \sum_{n=1}^m \frac{F_n}{(1+r)^n} \quad (5)$$

Donde:

I_0 = Inversión Inicial

F_n = Flujos Netos

m = Número de períodos considerados

r = Tasa de interés

Reemplazando los valores de la Tabla 89 en la Ecuación 5, tenemos:

$$-22336,01 + \frac{5173,10}{(1+0,1021)^1} + \frac{6613,10}{(1+0,1021)^2} + \frac{8053,10}{(1+0,1021)^3} + \frac{9493,10}{(1+0,1021)^4} + \frac{10933,10}{(1+0,1021)^5}$$

Haciendo uso del programa Microsoft Excel, se obtiene el valor del TIR.

Figura 77: Calculo del TIR en Excel
Fuente: Propia (Software Excel)

| | A | B |
|---|--------|---------------|
| 1 | AÑO | FLUJO DE CAJA |
| 2 | Inicio | -22336,01 |
| 3 | 1 | 5173,1 |
| 4 | 2 | 6613,1 |
| 5 | 3 | 8053,1 |
| 6 | 4 | 9493,1 |
| 7 | 5 | 10933,1 |
| 8 | TIR | 20% |

TIR = 20 %

⁽⁵⁾ Ecuación 5. Calculo del TIR. Recuperado de: <http://www.slideshare.net/elizmaragreda/calculo-del-van-y-el-tir>

El resultado del TIR es mayor que tasa de interés vigente, por lo tanto el proyecto es rentable para su implementación.

5.3.5. TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

Con esta variable económica conocemos el tiempo necesario que tenemos que esperar para recuperar el capital invertido, entre menos sea el tiempo de recuperación la utilidad económica incrementará. Para determinar el tiempo de inversión se utiliza el tiempo estimado de proyección y los flujos de caja anuales, los valores se muestra en la Tabla 89.

Conociendo que la inversión del proyecto es de 21926,82 dólares, se puede analizar que el periodo de recuperación de la inversión se daría aproximadamente en el tercer año, para determinar el PRI se selecciona el flujo neto de dos años de inversión y se lo resta de la inversión inicial.

$$PRI = (Fn2 - I_o) + I_N / Fn3 \quad (6)$$

Donde:

PRI = Tiempo de Recuperación de la Inversión

I_0 = Inversión Inicial

I_N = Inversión no Recuperada

F_{n1} = Flujos Netos Año 2

F_{n2} = Flujos Netos Año 3

Remplazando los valores de la Tabla 89 en Ecuación 6, tenemos:

$$PRI = 19839,3 - 22336,01 = -2496,76$$

Luego se divide el valor aun no recuperado para el valor del tercer año de flujos netos.

$$2496,76 / 9493,1 = 0.26$$

⁽⁶⁾ Ecuación 6. Calculo del PRI. Recuperado de: <http://www.pymesfuturo.com/pri.htm>

Los valores obtenidos serian:

3,26 años.

Transformado el valor a años, meses y días obtenemos:

3 años, 2 meses con 25días.

Como podemos observar en el resultado obtenido, la inversión inicial se la recuperara en aproximadamente 4 años.

5.3.6. RELACIÓN COSTO - BENEFICIO

Este valor indica que ganancia se obtendrá con el costo de la inversión realizada. La relación Costo – Beneficio básicamente responde a: **Por cada dólar que se invierte ¿Cuánto ganó?**

Este indicador puede llegar a tener los siguientes valores.

Relación Costo - Beneficio < 1 (No atractivo)

Relación Costo - Beneficio = 1 (Indiferente)

Relación Costo - Beneficio > 1 (Atractivo)

Su fórmula es:

$$CB = \frac{I}{C+I_0} \quad (7)$$

Donde:

CB = Relación Costo - Beneficio

I= Ingresos Totales Actuales

C = Costos Totales Actuales

I₀= Inversión Inicial

⁽⁷⁾Ecuación 7. Calculo del Costo - Beneficio. Recuperado de: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/7810/2/17821_10.pdf

En la Tabla 90 se muestra los valores de Ingreso, Costo nuevos Usuarios e Inversión del proyecto.

Tabla 90: Valores del Proyecto
Fuente: Propia

| Indicador (Año) | INGRESO (Dólares) | COSTO NUEVOS USUARIOS (Dólares) | Inversión (Dólares) |
|------------------------|--------------------------|--|----------------------------|
| 1 | 10080 | 963,90 | 22336,01 |
| 2 | 11520 | 963,90 | |
| 3 | 12960 | 963,90 | |
| 4 | 14400 | 963,90 | |
| 5 | 15840 | 963,90 | |
| TOTAL | 40265,5 | 4819.5 | 22336,01 |

Remplazando los valores de la Tabla 89 en la Ecuación 7, tenemos:

$$CB = \frac{40265,5}{4819.5 + 22336,01}$$

$$CB = 1,4827 \text{ Dólares}$$

El valor Costo – Beneficio es (1.48 dólares) significa que por cada dólar invertido se recupera 0.48dólares adicionales en cinco años.

5.4. FINANCIAMIENTO

Para financiar este tipo de proyecto es importante verificar la viabilidad y su rentabilidad, estos proyectos de inversión tienen como objetivo principal recuperar su inversión y generar ganancias. Como se puede revisar en los cálculos realizados anteriormente la inversión se la podrá recuperar en tres años.

La empresa Equysum es la entidad que después de analizar el presente proyecto decidirá la implementación de esta Red de Acceso diseñada, la manera de financiamiento se la realizará mediante un Crédito a una Entidad Bancaria..

6. CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- La elección de la fibra óptica como medio de transmisión en las redes de acceso, no representa un parámetro demasiado crítico, debido a que la distancia máxima para la red diseñada es de 10 km, por lo cual no presentara atenuaciones o pérdidas que puedan afectar al funcionamiento de la red.
- La red diseñada permite el crecimiento de: usuarios, servicios, aplicaciones y ancho de banda: debido a que la tecnología WDM amplía las prestaciones de la red sin necesidad de instalar nuevos hilos de fibra óptica, esto se soluciona realizando cambios en los equipos.
- El estudio desarrollado para esta red contempla la transmisión de datos, el dimensionamiento se lo realizó en base al incremento de este servicio, sin embargo la red diseñada permitirá en el futuro aumentar servicios y aplicaciones.
- Se ha seleccionado la topología punto a punto en el diseño de la red, debido a que esta configuración es la que actualmente está implementada en la red de acceso inalámbrica de Otavalo, con lo que la migración hacia Fibra Óptica con Tecnología WDM implicaría el cambio Total de los equipos y medio de transmisión.
- La facilidad de implementación y manejo de este tipo de proyectos logrará que los beneficios con esta red de acceso sean numerosos, ya que abren posibilidades de mejorar el servicio brindado actualmente en Otavalo, con

lo cual se justificara la inversión debido a que existe la posibilidad de captar a nuevos usuarios..

6.2. RECOMENDACIONES

- En este proyecto se recomienda utilizar la Fibra Óptica que sea compatible con la norma ITU-T G.657, debido a que este tipo de fibra tiene un buen desempeño trabajando con la tecnología WDM, el comportamiento de la red es óptimo en cuanto a eficiencia en la transmisión.
- En el diseño se recomendó el uso de la Tecnología WDM porque la red no necesita gran capacidad de transmisión y la distancia de los enlaces no supera los 10 km; y esta tecnología permite aumentar la capacidad de transmisión y aplicaciones.
- La implementación de un enlace Punto a Punto no garantiza una operación continua de la red, por ese se recomienda utilizar a la actual red de acceso como red Back Up, para que en caso de fallos en la red de Fibra Óptica la comunicación no se pierda.
- La implementación o instalación de la red la debe realizar personal calificado y con experiencia, esto permitirá que la red funcione de manera eficiente y no presente inconvenientes a futuro.
- Se recomienda realizar un mantenimiento de la planta externa de la red, esto permitirá determinar el desempeño de los equipos y el estado del servicio que ofrece la red.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS EN INTERNET

Alfon, T. (2013). *Seguridad y Redes*. Recuperado de: <http://seguridadyredes.wordpress.com/2008/06/18/iperf-midiendo-ancho-de-banda-entre-dos-hosts/>

Anónimo. (Abril, 2013). *Financiación para Emprendedores*. Recuperado de: <http://financiacion-crowdfunding.blogspot.com/2013/04/como-calculo-el-presupuesto.html>

Anónimo. (2013). *WDM una Tecnología con Fibra*. Recuperado de: <http://docente.ucol.mx/al021527/Practica%203.4.htm>

Apablaza, F. (2013). *Redes de Telecomunicaciones EIE 551*. Recuperado de: <http://www.slideshare.net/fapablaza/redes-de-telecomunicaciones-cap-43>

Banco Central del Ecuador. (Enero, 2013). *Tasa de inflación de los últimos dos años*. Recuperado de: http://www.bce.fin.ec/resumen_ticker.php?ticker_value=inflacion

Gabilos. (Mayo, 2013). *Definiciones y formulas del VAN y TIR*. Recuperado de: http://www.gabilos.com/calculadoras/van_tir/definiciones_van_tir.htm

IXIA. (2013). *Qcheck Gestión de Rendimiento de la Red*. Recuperado de: <http://www.ixchariot.com/products/datasheets/qcheck.html>

Rojas, A. (2010). *Comunicaciones por fibra óptica*. Recuperado de: <http://es.scribd.com/doc/64650777/FIBRA-OPTICA-ROJAS>

Supertel, RSS. (2013). Recuperado de http://www.supertel.gob.ec/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=312

Textos Científicos. (Abril, 2010). *Cálculo de enlace de fibra óptica*. Recuperado de: <http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica/emisores-receptores>

Telnet. (2012). *Características y consideraciones de la Fibra Óptica para Redes*. Recuperado de: www.telnet-ri.es/soluciones/cable-fibra-optica-y-componentes-pasivos/fibra-optica-para-redes-de-nueva-generacion-ngn/

TP-LINK Technologies. (2013). *Convertidor Multimedia WDM*. Recuperado de: <http://www.tp-link.com/ar/products/details/?model=MC111CS>

TESIS

Mena, E, Mendoza, E. (2009). *“Diseño de una Red WDM para ANDINATEL S.A. en la provincia de Tungurahua”*. Proyecto de Titulación, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

Mera, D, Pabón, B. (2002). *“Estudio y Diseño de las Redes Ópticas WDM (Wavelength División Multiplexing) y su aplicación en Redes de Acceso”*. Proyecto de Titulación, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

Narváez, S. (2010). *“Diseño de una Red de Backbone con Tecnología MPLS para el soporte de Servicios Triple Play en la Empresa ECUANET-MEGADATOS S.A.”*. Proyecto de Titulación, Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.

Ramos, B. (2005). *“Diseño de un enlace WDM Sobre la Red Troncal de Fibra Óptica Quito-Guayaquil de ANDINATEL S.A.”*. Proyecto de Titulación, Escuela Politécnica del Ejército. Sangolquí, Ecuador.

Rivera, Y. (2002). *“Multiplexación por División de Longitud de Onda (WDM, Wavelength Division Multiplexing)”*. Proyecto de Titulación, Universidad Francisco Marroquín. Guatemala.

Torres, C. (2006). *“Metodología de diseño de Redes de Fibra Óptica”*. Proyecto de Titulación, Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí, Ecuador.

RECOMENDACIONES UIT-T

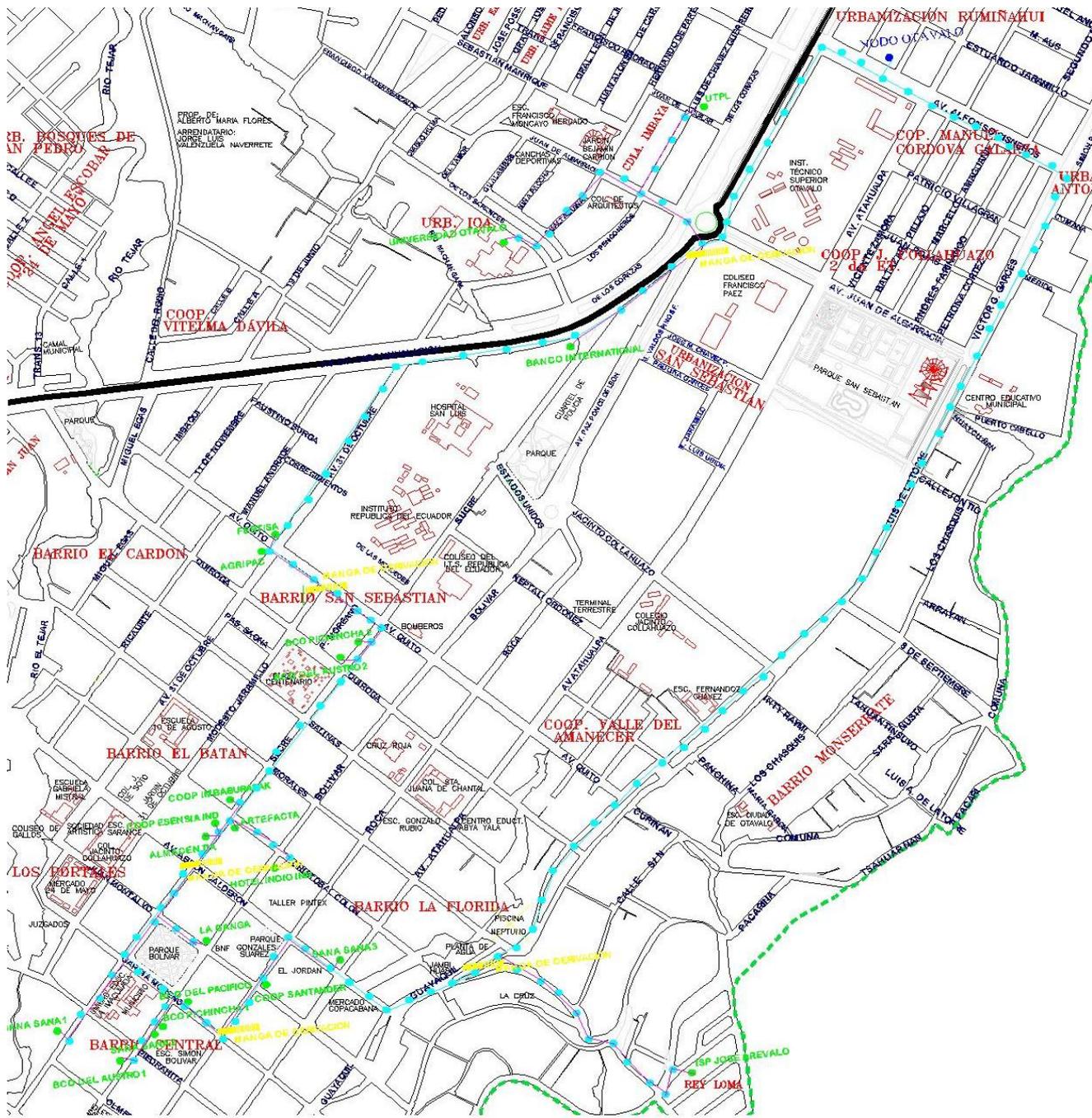
G.657 UIT-T Recomendación (Octubre, 2012) Características de las fibras y cables ópticos monomodo insensibles a la pérdida por flexión para la redes de acceso.

G.652 UIT-T Recomendación (Noviembre, 2019) Características de las fibras y cables ópticos monomodo.

DOCUMENTOS

EQUYSUM Documento PDF – Datos Clientes de Servicios Portadores de Conecel en Otavalo 2012

ANEXO 1 – RECORRIDO DE LA FIBRA ÓPTICA



| Simbología | |
|---|---------------------------|
| ● | Postes. |
| ● | Nodo Otavalo |
| ● | Clientes |
| | Manga de Derivación |
| — | Fibra Óptica de 24 Hilos. |
| — | Fibra Óptica de 2 Hilos. |

ANEXO 2 – RESUMEN DE LA RECOMENDACIÓN UIT-T G.657

Características de las fibras y cables ópticos monomodo insensibles a la pérdida por flexión para la redes de acceso.

A nivel mundial, las tecnologías de redes de acceso de banda ancha están avanzando rápidamente. Entre éstos, la aplicación de la tecnología de fibra monomodo proporciona un medio de transmisión de alta capacidad que puede responder a la creciente demanda de servicios de banda ancha.

La experiencia con la instalación y operación de la fibra monomodo y las redes basadas en cable es enorme, y de la Recomendación UIT-T G.652, que describe sus características se ha adaptado a esta experiencia. Sin embargo, el uso específico en una red de acceso óptica pone diferentes demandas en la fibra y cable, que afecta a sus características óptimas de funcionamiento. Las diferencias con respecto al uso en la red de transporte en general se deben principalmente a la red de alta densidad de distribución y tendido de los cables en la red de acceso. El espacio limitado y las muchas manipulaciones exigen una fibra con rendimiento y baja sensibilidad a la flexión. Además, el tendido del cableado en los cuartos de telecomunicaciones donde el espacio es un factor limitante tiene que mejorar.

Es el objetivo de la Recomendación UIT-T G.657 para apoyar esta optimización es, mejorar el rendimiento de flexión en comparación con la recomendación UIT-T G.652. Esto se realiza por medio de dos tipos de fibras monomodo, una de ellas, la categoría A, es totalmente compatible con la ITU-T G.652 y puede ser desplegado en todo el acceso a la red. La otra, la categoría B, no es necesariamente compatible con la Recomendación UIT-T G.652, pero es capaz de bajos valores de pérdidas por macrocurvatura, tienen bajo radio de curvatura y es destinado a ser utilizado dentro de los edificios o edificios cercanos (por ejemplo, en las afueras de cableado vertical de la construcción). Estas fibras de categoría B son el sistema compatible con ITU-T G.657.A (y UIT-T G.652.D) fibras para redes de acceso.

Esta tercera edición de la Recomendación UIT-T G.657 incluye varias modificaciones, en particular, relativa a las fibras de categoría B. También el nuevo

Apéndice I (acordado en 2010 y publicada como Enmienda 1 (06/2010)) se ha introducido con las revisiones.

Fuente: ITU-T Recomendación G.657 (06/2010).

ANEXO 3 – RESUMEN DE LA RECOMENDACIÓN UIT-T G.652

CARACTERÍSTICAS DE LAS FIBRAS Y CABLES ÓPTICOS MONOMODO.

Esta Recomendación describe las características geométricas y de transmisión de fibras y cables monomodo cuya dispersión cromática y longitud de onda de corte no esté desplazada de la región de longitud de onda de 1310 nm. En UIT-T G.650 se incluyen definiciones y métodos de prueba. Se presentan cuadros con valores recomendados para distintas subcategorías de este tipo de fibra a fin de permitir una fácil referencia con relación al tipo de sistemas que se soportan. Las subcategorías descritas en los cuadros pueden diferir en aspectos tecnológicos o en función de la aplicación deseada. Se recomiendan rangos de valores permitidos para los atributos de fibra y de cable.

1. Alcance

Esta Recomendación describe un cable de fibra monomodo cuya longitud de onda de dispersión nula está situada en torno a 1310 nm, optimizado para uso en la región de longitud de onda de 1310 nm, y que puede utilizarse también a longitudes de onda en la región de 1550 nm (en las que la fibra no está optimizada). Esta fibra puede utilizarse para transmisión analógica y digital.

Las características geométricas, ópticas y de transmisión de esta fibra, se describen más adelante en tres categorías de atributos.

- Los atributos de la fibra son aquellos que se mantienen en el cableado y la instalación.
- Los atributos del cable, que son los recomendados para el suministro del cable.
- Los atributos de enlace, que son las características de cables concatenados, y que describen los métodos de estimación de los parámetros de las interfaces del sistema basadas en medidas, modelado u otras consideraciones.

2. Características de la Fibra

Aquí se recomiendan las características de la fibra que proporcionan una mínima estructura de diseño esencial para la fabricación de fibras.

- Diámetro del campo modal. El valor nominal y la tolerancia del mismo se especifican para 1310 nm.
- Diámetro del revestimiento. El valor nominal recomendado del diámetro del revestimiento es 125 μm .
- Pérdida por macroflexiones. Las pérdidas por macroflexiones varían con la longitud de onda, el radio de curvatura y el número de vueltas alrededor del mandril con un radio determinado.

3. Propiedades materiales de la Fibra.

- Materiales de la fibra. Deben indicarse las sustancias que intervienen en la composición de las fibras.
- Materiales protectores. Deben indicarse las propiedades físicas y químicas del material utilizado para el recubrimiento primario de la fibra, y la mejor manera de retirarlo (si es necesario).

4. Características del cable

Dado que las características geométricas y ópticas de las fibras se presentan recomendaciones principalmente relativas a las características de transmisión de los largos de fabricación cableados. Las condiciones ambientales y de prueba son de gran importancia y se describen en las directrices sobre los métodos de prueba.

Información de los atributos del enlace y de diseño del sistema

Un enlace concatenado incluye generalmente largos tramos de cable de fibra óptica. Los parámetros de transmisión de enlaces concatenados deben tener en cuenta no sólo el comportamiento de los distintos largos del cable, sino también las estadísticas de la concatenación.

Las características de transmisión de la distancia del cable de fibra óptica tendrán una determinada distribución probabilística que hay que tener en cuenta para conseguir los diseños más económicos. Los atributos del enlace se ven afectados por factores ajenos al propio cable de fibra óptica, tales como los empalmes, los conectores y la instalación. Estos factores no pueden especificarse en esta Recomendación. A los efectos de la estimación de los valores de las características del enlace, en los cuadros siguientes se presentan valores típicos de cables de fibra óptica. Los métodos de estimación de parámetros necesarios para el diseño del sistema están basados en medidas, en el modelado o en otras consideraciones.

Cuadro de valores recomendados para la fibra.

Tabla A1: Flujo de Caja

Fuente: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.652-200010-S/es>

| | Región de longitud de onda | Valor típico del enlace |
|--|---|------------------------------|
| Coeficiente de atenuación | 1260 nm-1360 nm | 0,5 dB/km |
| | 1530 nm-1565 nm | 0,28 dB/km |
| | 1565 nm-16XX nm | 0,35 dB/km |
| Coeficiente de dispersión cromática | D_{1550} | 17 ps/nm·km |
| | S_{1550} | 0,056 ps/nm ² ·km |
| Retardo de grupo diferencial | Longitud de referencia del enlace | 400 km |
| | Longitud típica máxima de la sección de cable | 10 km |
| | DGD máximo | 25 ps |
| | Probabilidad máxima | $6,5 \cdot \text{km}^{-8}$ |

ANEXO 4 – CARACTERÍSTICAS FIBRA ÓPTICA: OPTICAL CABLE

Completamente compatible con la recomendación internacional de ITU-T G.657 clase A, que define los requisitos de funcionamiento más resistentes para las fibras ópticas en redes de acceso ópticas. Su diseño optimizado permite que el funcionamiento excelente de la macrocurvatura, aun cuando es usado bajo condiciones extremas.

Compatible con la recomendación ITU-T G.652 y ha superado todas las prueba de funcionamiento de transmisión, manipulación y en diferentes condiciones ambientales. Tiene capacidad de empalme óptimo con las fibras G.652, gracias a su composición química muy similar y a sus parámetros geométricos. Esto hace una fibra verdaderamente compatible con otros tipos de la fibra y con algunos sistemas ópticos empleados.

En las Tablas A1 y A2 se muestran las características principales de la Fibra Óptica Prysmian.

Tabla A 1. Especificaciones de Dimensión de la Fibra Óptica

Fuente: <http://pdf.directindustry.com/pdf/prysmian-group/casalight-fibre/23809-78184.html>

| ESPECIFICACIONES DE DIMENSIÓN | |
|--------------------------------------|----------------|
| Medidas del Núcleo de Vidrio | Unidad |
| Diámetro Recubrimiento | um 125,0 ± 0,7 |
| Recubrimiento no circulatorio. | % ≤ 1,0 |
| Recubrimiento/Núcleo | |
| Concentración de Error | um ≤ 0,5 |
| Medidas de Revestimiento | Unidad |
| Material Primario de Revestimiento | Neón |
| Diámetro Revestimiento Externo | um 245,0 ± 5 |
| Recubrimiento/Revestimiento | |
| Concentración de Error | um ≤ 10 |

Tabla A 2. Especificaciones de Dimensión de la Fibra Óptica

Fuente: <http://pdf.directindustry.com/pdf/prysmian-group/casalight-fibre/23809-78184.html>

| ESPECIFICACIONES ÓPTICAS | |
|--------------------------------------|-------------------|
| Coefficientes de Atenuación | Unidad |
| 1310 nm | dB/Km $\leq 0,25$ |
| 1550 nm | dB/Km $\leq 0,21$ |
| Atenuación por Macrocurbatura | Unidad |
| 1 curva, 20 mm en diámetro 1550 nm | dB $\leq 0,5$ |
| 10 curva, 30 mm en diámetro 1550 nm | dB $\leq 0,05$ |