

IMPLEMENTACIÓN DE LA RED DE ACCESO Y DE DISTRIBUCIÓN DE FIBRA
ÓPTICA EN EL MUNICIPIO DE LENGUAZAQUE – CUNDINAMARCA

DANIEL JULIAN FERNANDEZ ALVAREZ



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA ELECTRÓNICA SISTEMAS Y
TELECOMUNICACIONES
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES
PAMPLONA
2015

IMPLEMENTACIÓN DE LA RED DE ACCESO Y DE DISTRIBUCIÓN DE FIBRA
ÓPTICA EN EL MUNICIPIO DE LENGUAZAQUE – CUNDINAMARCA

DANIEL JULIAN FERNANDEZ ALVAREZ

PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO PRESENTADO PARA OPTAR POR EL
TÍTULO DE INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

DIRECTOR
EDWIN MAURICIO SEQUEDA ARENAS
INGENIERO ELECTRÓNICO

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA ELECTRÓNICA SISTEMAS Y
TELECOMUNICACIONES
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES
PAMPLONA
2015

TITULO DEL PPROYECTO

IMPLEMENTACIÓN DE LA RED DE ACCESO Y DE DISTRIBUCIÓN DE FIBRA
ÓPTICA EN EL MUNICIPIO DE LENGUAZAQUE – CUNDINAMARCA

FECHA INICIO DEL TRABAJO:
FECHA TERMINACION DEL TRABAJO:

NOMBRES Y FIRMAS DE AUTORIZACION PARA SUSTENTAR:

Autor: Daniel Julián Fernández Álvarez -----
Director: Ing. Edwin Mauricio Sequeda -----
Director del programa: Ing. William Villamizar -----

JURADO CALIFICADOR:

Ing. Edwin Mauricio Sequeda -----
Ing. Nydia Susana Sandoval Carrero -----
Ing. José del Carmen Santiago -----

PAMPLONA
2015

Le agradezco a Dios por regalarme la oportunidad de culminar esta etapa en mi vida, a mis padres Daniel Fernandez y Mayda Alvarez por darme la vida, por apoyarme de manera incondicional en todo momento y por brindarme la oportunidad de estudiar y realizarme como persona, a mis hermanas Ingrid y Laura a mi sobrina Danna por siempre estar conmigo y a mi familia en general, a Julie Ríos por ser ese alguien especial que me apoya a cada momento, a mis amigos Julian , Katty, Luis Orlando, gracias por apoyarme y aceptarme como soy, Por ultimo quiero agradecer al resto de mis compañeros que compartieron clases y así como también a los docentes que me ayudaron en mi formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

Principalmente le agradezco a Dios y a todos los miembros de mi familia y amigos que siempre han estado hay cuando más los necesito. Es importante resaltar que les agradezco a mis compañeros de estudio que me apoyaron siempre que los necesite, Julian, Katty, Edwin, Luis.

A todos los docentes del programa de Ingeniería en Telecomunicaciones, muchas gracias por su dedicación, su tiempo ya que todos dejan una semilla en mi formación universitaria.

A todos y cada uno de mis compañeros de BRAME COLOMBIA ya que apoyaron y aportaron en las experiencias adquiridas en el desarrollo de este proyecto.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	15
1. OBJETIVOS.....	16
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	16
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	17
2.2 JUSTIFICACIÓN.....	17
3. MARCO TEÓRICO	18
3.1 EL PLAN VIVE DIGITAL.....	18
3.2 PLAN NACIONAL DE FIBRA ÓPTICA	19
3.3 AZTECA COMUNICACIONES	20
3.4 Brame COMUNICACIONES.....	21
3.5 FIBRA ÓPTICA.....	21
3.6 ¿QUE ES FIBRA ÓPTICA?	22
3.7 CABLES DE FIBRA ÓPTICA.....	26
3.7.1 Tipos de Cable de Fibra Óptica	26
3.8 INTERCONEXIÓN DE FIBRAS ÓPTICAS	28
3.9 GPON (<i>GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK</i>)	29
3.9.1 Características de GPON	30
3.9.2 Arquitectura de Red de GPON	31
3.9.3 Potencia y Alcance	34
3.9.4 OLT (Optical Line Terminal)	34
3.9.5 ODF (Distribuidor de Fibra Óptica)	35
3.10 PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA CAÍDAS EN ALTURAS DE Brame COLOMBIA.....	36
3.10.1 Obligaciones del Empleador.....	36
3.10.2 Obligaciones del Empleado	37

3.10.3. Permiso de Trabajo en Alturas	38
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	40
4.1 MATERIALES.....	40
4.1.1 Cinta <i>Band-It</i>	40
4.1.2 Hebilla Cinta <i>Band-It</i>	40
4.1.3 Trombo Platina	41
4.1.4 Retenciones	42
4.1.5 Suspensión.....	44
4.1.6 Amarres o cintillos plásticos	46
4.1.7 Zunchadora	46
4.1.8 Ponchadoras	47
4.1.9 OTDR (<i>Optical Time Domain Reflectometer</i>)	47
4.1.10 <i>POWER METER</i>	48
4.1.11 GPS (Sistema de Posicionamiento Global)	49
4.2 METODOLOGÍA.....	50
5. DISEÑO DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA PARA EL MUNICIPIO DE LENGUAZAQUE CUNDINAMARCA.....	51
5.1 DESCRIPCIÓN DEL MUNICIPIO DE LENGUAZAQUE - CUNDINAMARCA	51
5.2 ZONA DE DEZPLIEGUE DE LA RED DE FIBRA OPTICA	53
5.3 PLANIFICACION	54
5.4 DISTRIBUCION DEL CABLEADO Y ELEMENTOS DE RED.....	57
5.5 DESCRIPCION DE LOS TRAMOS	59
5.6 CÁLCULOS ÓPTICOS	65
6. DESARROLLO DEL PROYECTO	73
6.1 VERIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES DEL ÁREA DE TRABAJO	73
6.2 REVISIÓN DE LOS ELEMENTOS DE TRABAJO EN ALTURA Y EPP	74
6.3 REVESTIMIENTO DEL POSTE	75
6.4 TENDIDO DE FIBRA ÓPTICA.....	75
6.5 EMPALME DE LA FIBRA ÓPTICA	76

6.6 APROVISIONAMIENTO E INSTALACIÓN DE ONU (<i>ÓPTICAL NETWORK UNIT</i>).....	77
6.7 RELACIÓN DE LAS POTENCIAS DE RECEPCIÓN CALCULADAS CON LAS MEDIDAS EN LAS ONU.....	78
6.8 TABLA DE MATERIALES Y COSTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN.....	85
6.9 FORMATOS Y DOCUMENTACIÓN POSTERIOR A LA IMPLEMENTACIÓN	86
CONCLUSIONES	87
RECOMENDACIONES.....	89
BIBLIOGRAFÍA.....	90

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Convenciones	58
Tabla 2. Potencias calculadas en las ONU	72
Tabla 3. Relación de la Potencia de recepción calculada y medida en las ONU ...	83
Tabla 4. Materiales y Costos.....	85

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Logotipo MinTic – Vive Digital.....	18
Figura 2. Logotipo Azteca Comunicaciones.....	20
Figura 3. Logotipo Brame Colombia	21
Figura 4. Modos de propagación en Fibra	23
Figura 5. Dispersión en la fibra óptica.....	24
Figura 6. Atenuación Fibra Monomodo y Multimodo.....	25
Figura 7. <i>Pigtail</i> o conector de fibra óptica.....	27
Figura 8. Carretes de fibra óptica <i>Spam</i> 120	27
Figura 9. Tipos de conectores.....	28
Figura 10. Red GPON.....	33
Figura 11. Puertos OLT Clase B+ y Armario de Ubicación OLT, ODF	35
Figura 12. ODF (Distribuidor de Fibra Óptica)	35
Figura 13. Cinta <i>Band-It</i>	40
Figura 14. Hebilla para cinta <i>Band-It</i>	41
Figura 15. Trombo Platina	41
Figura 16. Retención para vanos hasta de 100 metros	42
Figura 17. Retención para vanos hasta de 200 metros	43
Figura 18. Retención para vanos de hasta 600 mts.....	43
Figura 19. Retención para vanos de hasta 1200 mts.....	44
Figura 20. Suspensión para vanos de hasta 200 mts.	45
Figura 21. suspensión para vanos de hasta de 600 mts.....	45
Figura 22. Zunchadora.....	46
Figura 23. Ponchadora RJ-45.....	47
Figura 24. OTDR EXFO AXS-110.....	48
Figura 25. <i>Power meter</i> o medidor de potencia óptica.....	48
Figura 26. <i>Gps garmin etrex10</i>	49
Figura 27. Lenguazaque – Cundinamarca.....	51
Figura 28. Alcaldía Municipal y Estación de Policía.....	52
Figura 29. Vista previa del municipio sin ningún tipo de diseño.....	53
Figura 30. Aspecto Arquitectónico del Municipio de Lenguazaque.....	54
Figura 31. Polígono Lenguazaque	57
Figura 32. Diseño de la red fibra óptica	58
Figura 33. Tramo 1	59
Figura 34. Tramo 2	60
Figura 35. Tramo 3	61

Figura 36. Tramo 4	61
Figura 37. Tramo 5	62
Figura 38. Tramos Alternos, Alcaldía Municipal y Estación de Policía.....	63
Figura 39. Diagrama Unifilar de la Red de Distribución	64
Figura 40. Poste en mal estado	73
Figura 41. Poste en buen estado con demarcación del área de trabajo.	74
Figura 42. Revisión de los Elementos de Protección Personal – EPP.....	74
Figura 43. Herrajería para Revestimiento de poste	75
Figura 44. Fibra óptica y Anclaje en el poste.	76
Figura 45. Trabajos de Empalmería y Verificación de Potencia.....	76
Figura 46. Caja de Protección NEMA	77
Figura 47. Unidad de Red Óptica (ONU)	77
Figura 48. Potencia ONU 01	78
Figura 49. Potencia ONU 02	78
Figura 50. Potencia ONU 03.....	79
Figura 51. Potencia ONU 04.....	79
Figura 52. Potencia ONU 05.....	79
Figura 53. Potencia ONU 06.....	80
Figura 54. Potencia ONU 07.....	80
Figura 55. Potencia ONU 08.....	80
Figura 56. Potencia ONU 09.....	81
Figura 57. Potencia ONU 10.....	81
Figura 58. Potencia ONU 11	81
Figura 59. Potencia ONU 12.....	82
Figura 60. Potencia ONU 13.....	82
Figura 61. Potencia ONU 14.....	82
Figura 62. Potencia ONU 15.....	83
Figura 63. Potencia ONU 16.....	83
Figura 64. Gráfico de Comparación	84
Figura 65. Formato de Comisionamiento de las ONU	86

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A	91
Anexo B	93
Anexo C	95
Anexo D	97
Anexo E	99
Anexo F	100

GLOSARIO

CONECTOR: Son uniones desmontables que permiten la conexión y desconexión rápida, similar a los conectores BNC o a un enchufe eléctrico.

DISPERSIÓN: La dispersión es el fenómeno por el cual un pulso se deforma a medida que se propaga a través de la fibra óptica, debido a que las distintas componentes de la señal viajan a distintas velocidades llegando al receptor en distintos instantes de tiempo.

EMPALME: Son uniones permanentes o semipermanentes, son útiles para red de telecomunicaciones en las líneas de alto tráfico.

FIBRA ÓPTICA: Medio de transmisión empleado habitualmente en redes de datos; un hilo muy fino de material transparente, vidrio o materiales plásticos, por el que se envían pulsos de luz que representan los datos a transmitir.

GPON: Se trata de las estandarizaciones de las redes PON a velocidades superiores a 1 Gbps.

OLT: Es el elemento activo situado en la central telefónica. De él parten las fibras ópticas hacia los usuarios (cada OLT suele tener capacidad para dar servicio a varios miles de usuarios).

OTDR: Es un instrumento óptico-electrónico usado para caracterizar una fibra óptica. Un OTDR inyecta en la fibra bajo análisis una serie de pulsos ópticos. También extrae, del mismo extremo de la fibra, luz que ha sido dispersada y reflejada de vuelta desde puntos de la fibra con un cambio en el índice de refracción.

SPLITTER: Elementos de la red que permiten la conexión punto a multipunto y que permiten que las señales ópticas de una fibra puedan ser distribuidas a otras varias fibras.

RESUMEN

El presente documento tuvo como finalidad el diseño, desarrollo e implementación de una red de fibra óptica en el Municipio de Lenguazaque Cundinamarca, mediante el uso de herramientas de Ingeniería en Telecomunicaciones tales como la telemática, las comunicaciones ópticas, las líneas y medios de transmisión, así mismo, se utilizaron determinados equipos de telecomunicaciones aptos para el funcionamiento en las redes ópticas entre ellos: OLT (*Optical Line Termination*), *Splitters* ópticos, ONU (*Optical Network Unit*), cajas NEMA, OTDR (*Optical Time Domain Reflectometer*), *Power Meter*, cajas de empalme, empalmadora, así como también todo lo correspondiente a la herrajería usada en el desarrollo de la implementación de la red de fibra óptica. Posteriormente al inicio y al final de la construcción de la red se ejecutaron pruebas para comprobar los niveles óptimos de potencia necesarios que garantizan el correcto funcionamiento de la red.

De forma general, el proyecto está dirigido al programa VIVE DIGITAL del ministerio TIC, teniendo en cuenta que hace parte del PLAN NACIONAL DE FIBRA OPTICA cuyo proyecto fue adjudicado a la empresa mexicana Azteca Comunicaciones, encargados de la planeación, instalación y puesta en servicio de la infraestructura de banda ancha en 753 municipios. A raíz de la magnitud del proyecto se delegó a contratistas como BRAME COMUNICACIONES la construcción de las redes de distribución de departamentos como Cundinamarca, Casanare, Bolívar, Santander, Tolima, Caldas, Boyacá entre otros, se espera que con este proyecto se logre romper la brecha digital que aún existe en el país.

Como se mencionó anteriormente, el Municipio de Lenguazaque – Cundinamarca, es una de las tantas poblaciones beneficiadas con la implementación, el usuario final podrá acceder al servicio de internet subsidiado, cabe resaltar que el proyecto vive digital está dirigido inicialmente y más específicamente a los estratos 1 y 2. Otro potencial beneficiario de la implementación fue la alcaldía, ya que en esta se construyó una zona de internet (WiFi), así como también se beneficiaron los establecimientos cercanos a este, por ejemplo, el parque principal, donde existe considerable flujo de habitantes del municipio.

Palabras Clave: Fibra Óptica, GPON, OLT (*Optical Line Termination*), ONU (*Optical Network Unit*), Mediciones.

INTRODUCCIÓN

Los avances tecnológicos en materia de las tecnologías de la información y de la comunicación han generado desmedidamente notables cambios a lo largo de la historia. Estos cambios en la actualidad se pueden observar como por ejemplo; con la aparición del “internet de las cosas”, este consiste en innovadores aparatos u objetos de uso cotidiano conectados a internet haciendo uso de canales de comunicación como la red de fibra óptica, esto va a suponer el establecimiento de nuevas formas de relacionarnos, nuevos hábitos de trabajo y de organización. Así mismo, las velocidades que ofrece la tecnología de fibra óptica garantizan que por ejemplo; un país entero se comunique de forma ágil y segura, por tal motivo muchas de estas naciones utilizan esta tecnología en planes nacionales de interconexión de fibra óptica llevando a la vanguardia la ciencia y tecnología de los países.

Teniendo en cuenta la solicitud del MINTIC¹ se realizó el tendido del cable para proveer al municipio de Lenguazaque, Cundinamarca del servicio de internet por medio de una red GPON², la cual tuvo la OLT³ instalada en el municipio de Guachetá ubicado a 8 kilómetros de distancia en dirección noroccidente, llegando la señal óptica hasta al municipio de Lenguazaque por medio de una de las troncales de la empresa contratista del gobierno que los comunica. El hilo que se utilizó para la comunicación de los municipios fue el hilo 3 del primer buffer que interconectan estos municipios.

El diseño de la red de fibra óptica para el municipio se realizó con base a la densidad de población del mismo. El proyecto estuvo dirigido a los estratos 1 y 2, teniendo en cuenta que se trata del primer despliegue nacional debido a que el objetivo del gobierno es proveer a todos los colombianos con el servicio unos años más adelante. La metodología que se usó en el desarrollo de la implementación dentro de este documento consistió en primer lugar, la investigación previa de los conceptos teóricos que abarcaron al proyecto, seguidamente, se realizó el diseño de la red así mismo su implementación, cabe resaltar que se incluyen en el análisis los cálculos, así como también su presupuesto.

¹ Ministerio de las Tecnologías de la Información y Comunicación

² De las siglas en ingles “Gigabit Passive Óptical Network”

³ De las siglas en ingles “Óptical Line Terminal”

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar la red de distribución y acceso de Fibra Óptica en el Municipio de Lenguazaque – Cundinamarca

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el Estudio de la zona y las condiciones topográficas del Municipio de Lenguazaque para el montaje de la red de fibra óptica.
- Realizar los levantamientos de carteras para para la propuesta diseño.
- Diseñar la red de fibra óptica para el Municipio de Lenguazaque, teniendo en cuenta las restricciones generadas por las redes de tensión y telemáticas existentes.
- Implementar la red de fibra óptica para el Municipio de Lenguazaque.
- Verificar el funcionamiento de la red de fibra óptica, realizando pruebas de campo y registro de mediciones de potencia de la implementación.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

A través de la Licitación Pública No. 002 de 2011 se adjudicó el Proyecto Nacional de Fibra Óptica al operador mexicano Azteca Comunicaciones Colombia, a raíz de esto, Azteca Comunicaciones ha subcontratado a otras empresas de telecomunicaciones de la región para que se dé inicio a la construcción de las redes nacionales de fibra óptica.

La Dirección de Conectividad del Ministerio TIC, además de prever el despliegue oportuno de las redes, de conformidad con los términos establecidos en el cronograma del proyecto, estima como uno de los principales retos asociados, lograr que la infraestructura sea aprovechada como instrumento para el cierre de la brecha digital en el país y el fortalecimiento de la competitividad territorial, por esta razón se ejecutan las construcciones de las redes de fibra óptica, en este caso en el municipio de Lenguazaque Cundinamarca.

2.2 JUSTIFICACIÓN

El objetivo principal del plan Vive Digital es impulsar la masificación del uso de internet para dar un salto hacia la prosperidad democrática. Se cree que a través de la masificación del uso de internet, de la apropiación de la tecnología, de la creación de empleos TIC directos e indirectos se lograra reducir el desempleo, la pobreza, aumentar la competitividad del país y dar un salto hacia la prosperidad nacional.

Como un camino para lograr este objetivo y obtener una mejora de estas condiciones y costo más viable posible, surge la tecnología en fibra óptica a través de conexiones basadas en GPON por el costo de implementación, facilidad de instalación y extensión de la red.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 EL PLAN VIVE DIGITAL

Vive Digital, es el plan de tecnología para los próximos cuatro años en Colombia, que busca que el país dé un gran salto tecnológico mediante la masificación de Internet y el desarrollo del ecosistema digital nacional.

Figura 1. Logotipo MinTic – Vive Digital



Fuente: <http://www.mintic.gov.co/porta/vivedigital/612/w3-propertyvalue-6109.html>

El Plan responde al reto de este gobierno de alcanzar la prosperidad democrática gracias a la apropiación y el uso de la tecnología. Vive Digital le apuesta a la masificación de Internet. Está demostrado que hay una correlación directa entre la penetración de Internet, la apropiación de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), la generación de empleo y la reducción de la pobreza.

El plan Vive Digital conlleva entonces importantes beneficios sociales y económicos. Según estudios de *Raul Katz*, de la Universidad de Columbia, en el caso Chileno aumentar en 10% la penetración de Internet generó una reducción en el desempleo del 2%. Según el UNCTAD *Information Economy Report 2010*, en países en desarrollo como Filipinas e India, por cada empleo generado en la industria TIC se generan entre 2 y 3.5 empleos adicionales en la Economía.

Según el Banco Mundial y el reporte del Foro Económico Mundial, *The Global Information Technology Report 2010*, hay una correlación directa entre el *Network Readiness Index*, que mide el uso y desarrollo de las TIC, y su competitividad internacional. Encontramos que Colombia debe superar diversas barreras para lograr la masificación de Internet. Tenemos barreras en todas las partes del ecosistema digital, es decir, en infraestructura, servicios, aplicaciones y usuarios. En esta propuesta de Vive Digital analizamos éstas barreras y proponemos diversas iniciativas para superarlas.

3.2 PLAN NACIONAL DE FIBRA ÓPTICA

Con el fin de fortalecer la red troncal de telecomunicaciones, esta iniciativa busca desplegar redes de transporte de fibra óptica en 753 municipios, con un horizonte de operación de 15 años, para facilitar el acceso a la autopista de la información, y por consiguiente, multiplicar el número de conexiones a internet.

La Dirección de Conectividad del Ministerio TIC, además de prever el despliegue oportuno de las redes, de conformidad con los términos establecidos en el cronograma del proyecto, estima como uno de los principales retos asociados, lograr que la infraestructura sea aprovechada como instrumento para el cierre de la brecha digital en el país y el fortalecimiento de la competitividad territorial.

A través de la Licitación Pública No. 002 de 2011 se adjudicó el Proyecto Nacional de Fibra Óptica al operador mexicano Azteca Comunicaciones Colombia, encargados de la planeación, instalación y puesta en servicio de la infraestructura de Banda Ancha en 753 nuevos municipios.

La empresa entregó el primer grupo de 226 municipios a comienzos del año 2013, y el segundo grupo, conformado por otros 226 municipios, se instaló al cierre del mes de junio. De igual forma, durante el mismo año, se emprendió la etapa de operación del servicio de conectividad a Internet en banda ancha en 1025 instituciones públicas ubicadas en las 753 cabeceras municipales. Los 301 municipios restantes se entregarán en febrero y junio del 2014.

3.3 AZTECA COMUNICACIONES

Grupo Salinas es un conjunto de empresas dinámicas, de rápido crecimiento y a la vanguardia tecnológica, con enfoque en la creación de valor y en el mejoramiento de la sociedad a través de un sólido compromiso con la excelencia. Al llevar bienestar a todos los niveles de la sociedad, Grupo Salinas fomenta el desarrollo de los países en los que opera.

Figura 2. Logotipo Azteca Comunicaciones



Fuente: <http://www.aztecomunicaciones.com>

Creado por el empresario Ricardo B. Salinas, Grupo Salinas opera como un foro de desarrollo administrativo y de toma de decisiones para los líderes de las compañías que lo integran: Azteca, Azteca America, Grupo Elektra, Advance America, Banco Azteca, Seguros Azteca, Afore Azteca, Totalplay, Enlace, Italika, Punto Casa de Bolsa y Azteca Internet.

Azteca Comunicaciones Colombia, en el año 2011, fue la empresa seleccionada por el gobierno nacional para planear, diseñar, instalar, poner en servicio, administrar, operar y mantener la red de transporte óptico en cerca de 753 municipios y 2000 instituciones públicas, orientado a la expansión de la infraestructura de fibra óptica nacional, dentro del marco del Proyecto Nacional de Fibra Óptica.

3.4 BRAME COMUNICACIONES

Brame Comunicación Digital, es una empresa Mexicana que inicia operaciones en Julio de 2004 para integrarse al creciente mercado de las Telecomunicaciones en Latinoamérica.

Figura 3. Logotipo Brame Colombia



Fuente: <http://www.brame.com.mx/index.php>

Brame existe hoy para proveer soluciones de diseño, construcción, operación y mantenimiento de Redes de Fibra Óptica y Radio Bases, de una manera simple con proyectos llave en mano.

3.5 FIBRA ÓPTICA

A comienzos de la década de 1840, El físico irlandés John Tyndall descubrió que la luz podía viajar dentro de un material (agua), al curvarse por reflexión interna, y en 1870 presentó sus estudios ante los miembros de la Real Sociedad.

En 1880, Alexander Graham Bell fue el primero en utilizar la luz como medio de transmisión y encontró que en la atmosfera se atenuaban las señales debido a las partículas de aire y vapor de agua.

La búsqueda de un medio para transmitir luz que fuera inmune a perturbaciones y más confiable continuó y, finalmente, en 1951 se encontraron atenuaciones del

haz de luz enviado a través de un hilo llamado fibra óptica en rangos que permitían una aceptable transmisión de información por este medio. A finales de la década del 70 y principios de los 80's de ese siglo el avance en la fabricación de estos cables ópticos y el desarrollo de las tecnologías LED (*Light Emmiting Diode*) y LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) permitieron iniciar el desarrollo de sistemas de comunicación eficientes, confiables y de alta capacidad que utilizan la fibra como medio de transmisión, para dar inicio a una nueva era tecnológica en materia de soluciones para la transmisión de información de gran capacidad.

3.6 ¿QUE ES FIBRA ÓPTICA?

La fibra óptica es un medio excelente para la transmisión de información por sus características: gran ancho de banda, baja atenuación de la señal que permite cubrir grandes distancias sin repetidores, integridad -proporción de errores baja (*BER: Bit Error Rate*), inmunidad a interferencias electromagnéticas, alta seguridad y larga duración resistente a la corrosión y altas temperaturas. La fibra óptica se trata de un fino hilo de vidrio o plástico que guía la luz.

El sistema de comunicación nace de la unión entre una fuente de luz lo suficientemente pura para no alterarse. Una fibra óptica pura, fuera del cable que la protege, tiene el diámetro aproximado de un cabello humano. Está compuesta por dos capas de vidrio. La parte inferior o núcleo es la que tiene mayor índice de refracción, es decir, por donde más fácilmente transcurre la luz. La pérdida de potencia óptica de un haz de luz al viajar por la fibra es conocida como "atenuación". Los materiales usados en la fabricación de la fibra óptica son seleccionados para obtener el más bajo índice de atenuación. El parámetro que define la cantidad de información que puede transmitir determinada fibra es el "ancho de banda". Un rayo de luz se ensancha al viajar por la fibra, esta dispersión limita la capacidad de información que se puede transmitir. Sus mayores desventajas son su coste de producción -superior al resto de los tipos de cable- y su fragilidad durante el manejo en producción. La terminación de los cables de fibra óptica requiere un tratamiento especial para convertir la señal óptica en eléctrica que ocasiona un aumento de los costes de instalación ("optoelectrónica").

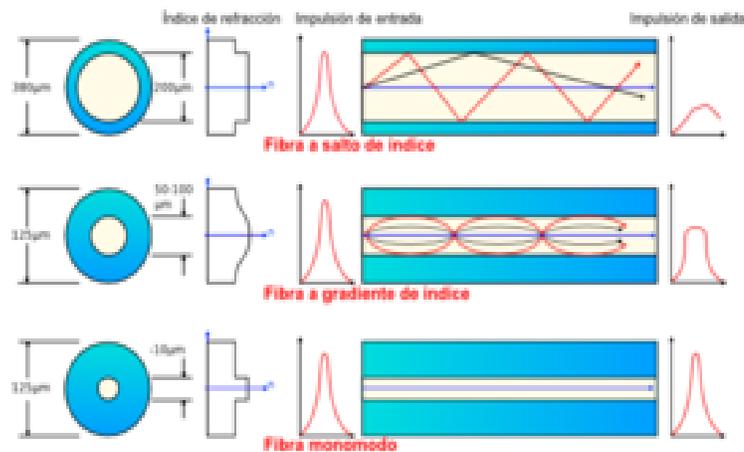
El medio de transmisión la fibra óptica es un conductor de ondas en forma de filamento recubierto por una funda óptica o cubierta. La fibra interior, llamada

núcleo, transporta el haz luminoso a lo largo de su longitud gracias a su propiedad de reflexión total interna (*TIR: Total Internal Reflection*) y la fibra exterior con un índice de refracción menor actúa como jaula para evitar que ésta escape. Gracias a la gran capacidad y a su velocidad de transmisión, las personas pueden conectarse a la red mundial de la información -Internet- de una manera rápida y obtener información de manera instantánea sobre eventos o sucesos que ocurren en el mundo, enviar información a través de correos electrónicos, disfrutar de nuevos servicios como la televisión a través de Internet y acceder a capacitaciones en línea. Todos estos beneficios se pueden obtener a través del uso de las redes de fibra óptica, que se transforman en la solución a muchos de los problemas de acceso y capacidad a redes de telecomunicaciones.

La relación entre los índices de refracción del núcleo y de la cubierta depende también del radio del núcleo y se conoce como apertura numérica. Las fibras con una baja apertura solo permiten un único modo de propagación, o camino del haz luminoso, (fibras “monomodo”), las fibras con una apertura mayor permiten varios modos (fibras “multimodo”).

La luz normalmente es emitida por un diodo de inyección láser (ILD: Injection Laser Diode) o un diodo de emisión de luz (LED: Light-Emitting Diode). Los ILDs emiten luz coherente, es decir un único rayo de luz, por tanto cada pulso de luz se propaga a través de la fibra en un solo modo, sin dispersión, y se utilizan con fibras monomodo.

Figura 4. Modos de propagación en Fibra



Fuente: <http://ocw.uc3m.es/tecnologia-electronica/dispositivos-y-medios-de-transmision-opticos/material-de-clase-1/modulo-2-propagacion-en-fibras-opticas>

Los LEDs generan luz normal no coherente, es decir cada pulso de luz genera múltiples rayos de luz que se propagan en diferentes modos con dispersión -por lo que no se puede usar en grandes distancias- y se utilizan con fibras multimodo. El equipamiento basado en fibra monomodo e LEDs proporciona un gran ancho de banda y una baja atenuación con la distancia, por lo que se utiliza para transmitir a grandes velocidades y/o a grandes distancias. En cambio el equipamiento basado en fibra multimodo y LEDs resulta más económico y sencillo de implantar. El vidrio no absorbe igual todas las longitudes de onda, es decir no es igual de “transparente” a todos los colores. En particular las longitudes de onda de menor atenuación se encuentran situadas alrededor de los 850 (multimodo), 1310 (multimodo y monomodo) y 1550 (monomodo) nm y se conocen como primera, segunda y tercera ventana, respectivamente. Todas las ventanas se encuentran en la zona infrarroja del espectro (la parte visible se encuentra entre 400 y 760 nm). Las ventanas que se encuentran a mayores longitudes de onda tienen menor atenuación; sin embargo la menor atenuación va acompañada de un mayor costo de la optoelectrónica necesaria.

Figura 5. Dispersión en la fibra óptica



Fuente: <http://www.nicefra.es.tl/cable-de-fibra-optica.htm>

Los cables pueden fabricarse en base a fibras recubiertas individualmente (cables de estructura ajustada) o basándose en tubos de material plástico que contienen cada uno hasta 12 o 24 fibras ópticas mezcladas en gel (cables de estructura holgada) y con recubrimiento de fibra de aramida (Kevlar) para grandes tendidos. La transmisión por una fibra óptica normalmente es simplex; para conseguir comunicación full-duplex es necesario instalar dos fibras, una para cada sentido. En redes locales se utilizan principalmente fibras multimodo con emisores LED de primera o segunda ventana. Estos equipos son más baratos que el láser, tienen una vida más larga, son menos sensibles a los cambios de temperatura y más seguros. A muy altas velocidades es necesario utilizar emisores láser ya que los

emisores de luz normal no pueden reaccionar con la rapidez suficiente, por eso en algunas redes locales (Gigabit Ethernet, Fibre Channel y ATM) se utilizan emisores láser de primera ventana cuando se quiere gran velocidad pero no se requiere gran alcance.

Dado que los cableados de red local no disponen normalmente de fibra monomodo se ha extendido en los últimos años el uso de emisores láser en fibra multimodo, principalmente para Fibre Channel y Gigabit Ethernet.

Figura 6. Atenuación Fibra Monomodo y Multimodo

ATENUACIÓN		
■	Pérdida potencia óptica en función de la distancia	
■	Expresado en dB/Km	
■	Las fibras operan mejor en unos puntos denominados longitudes de onda o ventanas	
□	MM Fibras	1ª Ventana 850 nm
		2ª Ventana 1300 nm
□	SM Fibras	2ª Ventana 1310 nm
		3ª Ventana 1550 nm
■	Valores típicos	
□	MM 3.2 dB/Km (850 nm) - 0.8 dB/Km (1300 nm)	
□	SM 0.5 dB/Km (1310 nm) - 0.4 dB/Km (1550nm)	

Fuente:

http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema2/imagenes_tema2_1/image032.JPG

En redes de área extensa siempre se utiliza fibra monomodo y emisores láser. Actualmente en segunda ventana se puede llegar a distancias de 40 Km y en tercera hasta 160 Km sin amplificadores intermedios. El mayor costo de los emisores se ve en este caso sobradamente compensado por la reducción en equipos intermedios (amplificadores y regeneradores de la señal). Las últimas tecnologías permiten enviar hasta 100 haces de luz en diferentes longitudes de onda sobre fibra monomodo para multiplicar la capacidad de transferencia: Multiplexación por división de frecuencias (X-WDM).

3.7 CABLES DE FIBRA ÓPTICA

3.7.1 Tipos de Cable de Fibra Óptica

3.7.1.1 Cable Auto Soportado ADSS

Es un cable diseñado para ser utilizado en estructuras aéreas, comúnmente redes eléctricas o de distribución energética (postes o torres), posee características técnicas que permiten soportar condiciones ambientales extremas y la forma de instalación es a través de soportes y abrazaderas especiales.

3.7.1.2 Cable Submarino

Es un cable diseñado para permanecer sumergido en el agua. Estos cables logran alcanzar grandes distancias, por lo que son muy utilizados para conectar continentes. Adentro, en su composición, disponen de cables de energía para alimentar los amplificadores ópticos que normalmente hacen parte de sistema de comunicaciones y, al encontrarse ubicados a grandes profundidades, se imposibilita su mantenimiento.

3.7.1.3 Cable OPGW

El cable OPGW (Optical Ground Wire) es un cable que tiene fibras ópticas insertadas dentro de un tubo, en el núcleo central del cable de tierra de los circuitos eléctricos. Sus fibras ópticas están completamente protegidas y rodeadas por pesados cables a tierra. Es utilizado por las compañías eléctricas para suministrar comunicaciones a lo largo de las rutas de las líneas de alta tensión y poseen gran disponibilidad en el servicio de transmisión de información.

Cada fibra de vidrio consta de:

Figura 7. *Pigtail* o conector de fibra óptica



Fuente: Autor

Figura 8. Carretes de fibra óptica *Spam 120*



Fuente: Autor

- Un núcleo: En sílice, cuarzo fundido o plástico por el cual se propaga la onda.
- Funda óptica o Cubierta: Generalmente de los mismos materiales que el núcleo pero con aditivos que confinan las ondas ópticas en el núcleo.
- Revestimiento de protección: Generalmente de plástico. Asegura la protección mecánica de la fibra.

Las fibras se especifican indicando el diámetro del núcleo y el de la cubierta; las fibras multimodo típicas son de 50/1252#2m y 62,5/1252#2m; las fibras

monomodo suelen ser de 9/125#2m, es decir el núcleo es mucho más estrecho puesto que el haz no se dispersa.

3.8 INTERCONEXIÓN DE FIBRAS ÓPTICAS

Para la interconexión de fibras ópticas se utilizan conectores, acopladores y soldaduras. Los conectores y acopladores ofrecen máxima versatilidad pero introducen una pérdida de la señal de 0,5 a 0,75 dB aproximadamente (un 10%). La soldadura o fusión tiene una pérdida de señal muy pequeña, pero ha de llevarla a cabo un técnico especializado con equipo altamente sofisticado.

Figura 9. Tipos de conectores

conector	pérdidas por inserción	repeatability	tipo de fibra	aplicaciones
 FC	0.50-1.00 dB	0.20 dB	SM, MM	Datacom, Telecommunications
 FDDI	0.20-0.70 dB	0.20 dB	SM, MM	Fiber Optic Network
 LC	0.15 db (SM) 0.10 dB (MM)	0.2 dB	SM, MM	High Density Interconnection
 MT Array	0.30-1.00 dB	0.25 dB	SM, MM	High Density Interconnection
 SC	0.20-0.45 dB	0.10 dB	SM, MM	Datacom
 SC Duplex	0.20-0.45 dB	0.10 dB	SM, MM	Datacom
 ST	Typ. 0.40 dB (SM) Typ. 0.50 dB (MM)	Typ. 0.40 dB (SM) Typ. 0.20 dB (MM)	SM, MM	Inter-/Intra-Building, Security, Navy

SM, Single-mode
MM, Multimode

Fuente:

http://nemesiis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema2/imagenes_tema2_1/image_032.JPG

Un acoplador es básicamente un puente, es decir una transición mecánica necesaria para dar continuidad al paso de luz del extremo de un cable de fibra óptica a otro. Existen acopladores “híbridos”, que permiten acoplar dos diseños

distintos de conector. En el pasado el conector ST se ha utilizado habitualmente en redes de datos con fibras multimodo. Actualmente el estándar ISO 11801 impone para las nuevas instalaciones el uso de SC Duplex (SC-D) -usado habitualmente en telefonía- pues mantiene la polaridad. Otro conector que se ha utilizado bastante en telefonía es el FC.

3.9 GPON (*GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK*)

A finales de los años 90, PON comenzó a ser considerado tanto por las operadoras como por los suministradores como una interesante solución para ofrecer acceso de fibra óptica hasta los usuarios residenciales. Su naturaleza punto a multipunto, resultaría en ahorros significativos en la instalación de la fibra óptica y en interfaces ópticos. Además, PON no requiere de dispositivos electrónicos u opto electrónicos activos para la conexión entre el abonado y el operador y, por lo tanto, supone una inversión y unos costes de mantenimiento considerablemente menores. A medida que la fibra se abarataba y los distintos organismos regulatorios de cada país se interesaban más por las conexiones de redes de fibra óptica, los operadores y fabricantes comenzaron a impulsar las tecnologías PON. En la primavera de 1995, se formó el FSAN (Full Service Access Network), con el fin de promover estándares mediante la definición de un conjunto básico de requerimientos y, de este modo, mejorar la interoperabilidad y reducir el precio de los equipos. Las especificaciones de PON del FSAN, formado por los principales operadores y suministradores de equipos de telecomunicación y medida del mundo, reflejan las necesidades y el consenso de sus miembros.

En 1998, APON (ATM PON) fue la primera especificación concebida por el FSAN. APON tuvo un notable éxito en cuanto a despliegue comercial, pero carecía de la capacidad requerida para ofrecer vídeo. Sus velocidades iniciales eran de 155 Mbps, aunque se mejoró posteriormente para soportar hasta 622 Mbps. El protocolo de transmisión se basa en ATM, lo cual supone problemas a la hora de adaptar y provisionar servicios, así como baja eficiencia para el transporte de datos.

En 2001, el FSAN presenta BPON (Broadband PON), una tecnología que también se basa en ATM, con el problema de costes y complejidad que ello supone, pero introduce una longitud de onda adicional para transportar vídeo RF. Mientras BPON estaba siendo desplegado, con un gran éxito en Japón y EEUU, se definían EPON y GPON.

EPON (Ethernet PON) era definido en 2004 por el grupo EFM (Ethernet First Mile) del IEEE como la técnica PON de nueva generación que, influenciada por la tecnología Gigabit Ethernet existente, permitía a los suministradores de equipos lanzar rápidamente al mercado equipos de mayores anchos de banda a precios más competitivos. No obstante, EPON carecía de muchas funcionalidades

necesarias para el transporte de otros servicios con calidad de operador que daban lugar a soluciones propietarias. Así mismo, la eficiencia de línea es baja debido a una codificación de línea con gran sobrecarga. Aun así, es una tecnología con un notable éxito en Corea del Sur, Japón y Taiwán.

Unos meses antes que EPON, también en 2004, se terminaba de definir GPON (Gigabit Passive Optical Network) por parte del ITU-T. El estándar incluye varias velocidades de línea de hasta 2,488 Gbps simétricas y asimétricas. Con una menor sobrecarga de codificación y tiempos de guarda menores, el ancho de banda neto de GPON es mucho mayor que el de EPON. Además de transportar tráfico de datos nativo, GPON también es capaz de transportar eficientemente otros servicios. El único problema en el momento de su definición era la mayor complejidad de esta tecnología y de los componentes, que hacían imposible tener productos comerciales en tan poco tiempo como en EPON. Sin embargo, desde el año 2006 este problema está resuelto y ya hay muchos operadores que han comenzado su despliegue.

Se define como la tecnología de fibra óptica que permite mayor transmisión y recepción de datos a través de una sola fibra, con una arquitectura de punto a multipunto, que permite fibra óptica al hogar (FTTH), o a un edificio (FTTB). Surgió con la necesidad de potenciar las redes de cobre, que en un momento se llegó a creer que eran obsoletas. Ahora, cobre y fibra óptica de última tecnología, brindan soluciones adecuadas a cada necesidad también como el conjunto de recomendaciones G.984.x del ITU-T donde se describen las técnicas para compartir un medio común (FO) por varios usuarios, encapsular la información y gestionar los elementos de red.

En Colombia Operadores como ETB, UNE y Azteca Comunicaciones, a través de su red para Vive Digital, serán los encargados de llevar la tecnología a los usuarios brindándoles servicio de internet subsidiado y después llevarles el servicio de telefonía IP y televisión por esta misma red.

3.9.1 Características de GPON

La ITU-T (*International Telecommunications Union – Telecommunication sector*) empezó a trabajar sobre GPON en el año 2002. La principal motivación de GPON era ofrecer mayor ancho de banda, mayor eficiencia de transporte para servicios IP, y una especificación completa adecuada para ofrecer todo tipo de servicios.

GPON está estandarizado en el conjunto de recomendaciones ITU-T G.984.X (x = 1, 2, 3, 4). Las primeras recomendaciones aparecieron durante el año 2003 y 2004, y ha habido continuas actualizaciones en años posteriores. Aunque mucha de la funcionalidad que no está relacionada con GPON se conserva respecto a sus tecnologías predecesoras, principalmente BPON, tal y como mensajes OAM, DBA, etc., GPON se basa en una capa de transmisión completamente nueva.

GPON ofrece una estructura de trama escalable de 622 Mbps hasta 2,5 Gbps, así como soporte de tasas de bit asimétricas. La velocidad más utilizada por los actuales suministradores de equipos GPON es de 2,488 Gbps *downstream* y de 1,244 Gbps *upstream*. Sobre ciertas configuraciones se pueden proporcionar hasta 100 Mbps por abonado.

La red de acceso es la parte de la red del operador más cercana al usuario final, por lo que se caracteriza por la abundancia de protocolos y servicios. El método de encapsulación que emplea GPON es GEM (*GPON Encapsulation Method*) que permite soportar cualquier tipo de servicio (Ethernet, TDM, ATM, etc.) en un protocolo de transporte síncrono basado en tramas periódicas de 125 ms. GEM se basa en el estándar GFP (*Generic Framing Procedure*) del ITU-T G.7041, con modificaciones menores para optimizarla para las tecnologías PON.

GPON de este modo, no sólo ofrece mayor ancho de banda que sus tecnologías predecesoras, es además mucho más eficiente y permite a los operadores continuar ofreciendo sus servicios tradicionales (voz basada en TDM, líneas alquiladas, etc.) sin tener que cambiar los equipos instalados en las dependencias de sus clientes.

Además, GPON implementa capacidades de OAM (*Operation Administration and Maintenance*) avanzadas, ofreciendo una potente gestión del servicio extremo a extremo. Entre otras funcionalidades incorporadas cabe destacar: monitorización de la tasa de error, alarmas y eventos, descubrimiento y ranging automático, etc.

3.9.2 Arquitectura de Red de GPON

La red de GPON consta de un OLT (*Optical Line Terminal*), ubicado en las dependencias del operador, y las ONT (*Optical Networking Terminal*) en las dependencias de los abonados para FTTH. La OLT consta de varios puertos de línea GPON, cada uno soportando hasta 64 ONT. Aunque depende del suministrador, existen sistemas que pueden alojar hasta 7.168 ONTs en el mismo espacio que un DSLAM. En las arquitecturas FTTN las ONT son sustituidas por MDU (*Multi-Dwelling Units*), que ofrecen habitualmente VDSL2 hasta las casas de los abonados, reutilizando así el par de cobre instalado pero, a su vez, consiguiendo las cortas distancias necesarias para conseguir velocidades simétricas de hasta 100 Mbps por abonado.

Para conectar la OLT con la ONT con datos, se emplea un cable de fibra óptica para transportar una longitud de onda *downstream*. Mediante un pequeño divisor pasivo que divide la señal de luz que tiene a su entrada en varias salidas, el tráfico *downstream* originado en la OLT puede ser distribuido. Puede haber una serie de divisores pasivos 1 x n (donde n = 2, 4, 8, 16, 32, o 64) en distintos emplazamientos hasta alcanzar los clientes. Esto es una arquitectura punto a multipunto, algunas veces descrita como una topología en árbol.

Los datos *upstream* desde la ONT hasta la OLT -que son distribuidos en una longitud de onda distinta para evitar colisiones en la transmisión *downstream*- es agregado por la misma unidad divisora pasiva, que hace las funciones de combinador en la otra dirección del tráfico. Esto permite que el tráfico sea recolectado desde la OLT sobre la misma fibra óptica que envía el tráfico *downstream*.

Para el tráfico *downstream* se realiza un broadcast óptico, aunque cada ONT sólo será capaz de procesar el tráfico que le corresponde o para el que tiene acceso por parte del operador, gracias a las técnicas de seguridad AES (Advanced Encryption Standard).

Para el tráfico *upstream* los protocolos basados en TDMA (Time Division Multiple Access) aseguran la transmisión sin colisiones desde la ONT hasta la OLT. Además, mediante TDMA sólo se transmite cuando sea necesario, por lo cual, no sufre de la ineficiencia de las tecnologías TDM donde el período temporal para transmitir es fijo e independiente de que se tengan datos o no disponibles.

Una de las características clave de PON es la capacidad de sobresuscripción. Esto permite a los operadores ofrecer a los abonados más tráfico cuando lo necesiten y la red esté con capacidad ociosa, es decir, cuando no haya otros abonados en el mismo PON que están empleando todo su ancho de banda disponible. Esta funcionalidad es denominada ubicación dinámica del ancho de banda o DBA (Dynamic Bandwidth Allocation) del PON punto a multipunto.

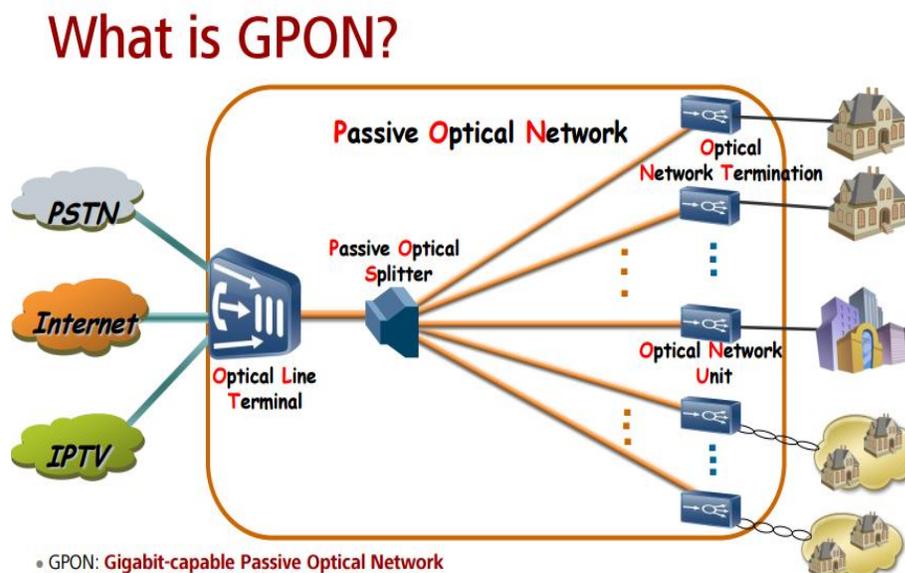
En una red GPON, se asigna una longitud de onda para el tráfico de datos (Internet, VoIP, IPTV, etc.) *downstream* (1.490 nm) y otra para el tráfico *upstream* (1.310 nm). Además, a través del uso de WDM (Wavelength Division Multiplexing), se asigna una tercera longitud de onda (1.550 nm) que está dedicada para el broadcast de vídeo RF (broadcast analógico, broadcast digital, broadcast digital y HDTV, y vídeo bajo demanda). De este modo, el vídeo/TV puede ser ofrecido mediante dos métodos distintos simultáneamente: RF (radio frecuencia) e IPTV. Mediante RF las operadoras de cable pueden hacer una migración gradual hacia IPTV.

En este caso, las ONT dispondrán de una salida para vídeo RF coaxial que irá conectada al STB tradicional. Con IPTV la señal de vídeo, que es transformada por la cabecera en una cadena de datos IP se transmite sobre el mismo enlace IP como datos para acceso a Internet de banda ancha.

El STB conectado mediante Gigabit Ethernet al ONT, convertirá de nuevo la cadena de datos en una señal de vídeo. Mediante IPTV y GPON, cuyos equipos incorporan capacidades de QoS y multicast IP avanzadas, los operadores puede ofrecer varios canales de alta calidad de imagen y sonido, incluidos HDTV, así como proporcionar servicios interactivos y personalizados, Este nuevo estándar surgió con el fin de establecer nuevas exigencias a la red:

- Soporte de todos los servicios: voz, telefonía IP y televisión
- Alcance máximo de 20 km, aunque el estándar se ha preparado para que pueda llegar hasta los 60 km
- Soporte de varios bitrate con el mismo protocolo, incluyendo velocidades simétricas de 622 Mbit/s, 1.25 Gbit/s, y asimétricas de 2.5 Gbit/s en el enlace descendente y 1.25 Gbit/s en el ascendente.
- OAM&P extremo a extremo.
- Seguridad del nivel de protocolo para el enlace descendente debido a la naturaleza multicast de PON.

Figura 10. Red GPON



Fuente: http://www.slideshare.net/mansoor_gr8/gpon-fundamentals

3.9.3 Potencia y Alcance

El alcance de un equipo viene dado por la atenuación máxima que es capaz de soportar sin perder el servicio. La atenuación máxima soportada por un sistema vendrá dada por la potencia máxima garantizada por la OLT (*Optical Line Terminal*) menos la potencia mínima que es capaz de percibir la ONU (*Optical Network Units*). El estándar GPON define diferentes tipos de láseres (medidos en dBm):

OLT:

TIPO	Pot. Media Mín.
A	- 4
B+	+1
C	+5

ONU:

TIPO	Sensibilidad Mínima del Receptor
A	-25
B+	-27
C	-26

3.9.4 OLT (Optical Line Terminal)

Una OLT (*TERMINAL DE LÍNEA ÓPTICA*), es un dispositivo que sirve como el proveedor de servicios de punto final de una red óptica pasiva. Proporciona dos funciones principales:

- llevar a cabo la conversión entre las señales eléctricas utilizadas por los equipos del proveedor de servicios y las señales de fibra óptica utilizados por la red óptica pasiva.
- para coordinar la multiplexación entre los dispositivos de conversión en el otro extremo de dicha red (llamada ya sea terminales de red ópticos o unidades de red óptica).

Es el elemento activo situado en la central telefónica. De él parten las fibras ópticas hacia los usuarios (cada OLT suele tener capacidad para dar servicio a varios miles de usuarios), agrega el tráfico proveniente de los clientes y lo

encamina hacia la red de principal. Realiza funciones de enrutador para poder ofrecer todos los servicios demandados por los usuarios.

Figura 11. Puertos OLT Clase B+ y Armario de Ubicación OLT, ODF



Fuente: Autor

3.9.5 ODF (Distribuidor de Fibra Óptica)

Elemento usado como punto de interconexión entre cable de fibra proveniente de la planta externa y equipos activos, suele ser una caja metálica que posee uno o varios puertos de ingreso de cables con adaptadores o transiciones, en la cual se conecta la terminación del cable de fibra por un extremo y el patchcord hacia el equipo activo por el otro extremo, dentro del ODF se colocan las bandejas de empalme, en donde se albergan las fusiones de fibra. Los ODF son de capacidades variables, y así mismo pueden tener varios tipos de adaptadores. Es conveniente que los ODFs contengan un área de para las reservas de los patchcords y que sean de bandeja deslizable.

Figura 12. ODF (Distribuidor de Fibra Óptica)



Fuente:

http://www.diytrade.com/china/pd/6170525/pre_connected_ODF.html#normal_img

3.10 PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA CAÍDAS EN ALTURAS DE Brame COLOMBIA

Entre los campos de acción de las telecomunicaciones se encuentra el garantizar las condiciones seguras dentro de una organización para desarrollar las actividades propias de los empleados.

Actualmente se ha identificado el trabajo de altura como una actividad de alto riesgo que debe ser planeada y realizada de forma tal que se reduzcan los riesgos para los trabajadores.

Cuando el ministerio de protección social identificó la caída de altura como una de las causas más comunes de muerte durante el trabajo se tomaron medidas para establecer condiciones mínimas de seguridad a fin de desarrollar estas tareas.

Este programa aplica a todos los empleados directos, a las empresas contratistas y subcontratistas de Brame COLOMBIA que realicen trabajos en alturas con peligro de caídas.

3.10.1 Obligaciones del Empleador

- Realizar las evaluaciones médicas ocupacionales y el manejo y contenido de las historias clínicas ocupacionales conforme a lo establecido en las Resoluciones 2346 de 2007 y 1918 de 2009.
- Incluir en el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), el programa de protección contra caídas, así como las medidas necesarias para la identificación, evaluación y control de los riesgos asociados al trabajo en alturas.
- Cubrir las condiciones de riesgo de caída en trabajo en alturas, mediante medidas de control contra caídas de personas y objetos, las cuales deben ser dirigidas a su prevención en forma colectiva, antes de implementar medidas individuales de protección contra caídas.
- Adoptar medidas compensatorias y eficaces de seguridad, cuando la ejecución de un trabajo particular exija el retiro temporal de cualquier

dispositivo de prevención colectiva contra caídas. Una vez concluido el trabajo particular, se volverán a colocar en su lugar los dispositivos de prevención colectiva contra caídas.

- Garantizar que los sistemas y equipos de protección contra caídas, cumplan con los requerimientos de la resolución 1409 de 2012.
- Disponer de un coordinador de trabajo en alturas, de trabajadores autorizados en el nivel requerido y de ser necesario, un ayudante de seguridad según corresponda a la tarea a realizarse; lo cual no significa la creación de nuevos cargos sino la designación de trabajadores a estas funciones.
- Garantizar que el suministro de equipos, la capacitación y el reentrenamiento, incluido el tiempo para recibir estos dos últimos, no generen costo alguno para el trabajador.
- Garantizar un programa de capacitación a todo trabajador que se vaya a exponer al riesgo de trabajo en alturas, antes de iniciar labores.

3.10.2 Obligaciones del Empleado

- Asistir a las capacitaciones programadas por BRAME SA, y aprobar satisfactoriamente las evaluaciones, así como asistir a los reentrenamientos.
- Cumplir todos los procedimientos de salud y seguridad en el trabajo establecidos por BRAME COLOMBIA.
- Informar a BRAME COLOMBIA sobre cualquier condición de salud que le pueda generar restricciones, antes de realizar cualquier tipo de trabajo en alturas.
- Utilizar las medidas de prevención y protección contra caídas que sean implementadas por BRAME COLOMBIA.
- Reportar al coordinador de trabajo en alturas el deterioro o daño de los sistemas individuales o colectivos de prevención y protección contra caídas.

- Participar en la elaboración y el diligenciamiento del permiso de trabajo en alturas, así como acatar las disposiciones del mismo.

3.10.3. Obligaciones de las administradoras de riesgos laborales

- Realizar actividades de prevención, asesoría y evaluación de riesgos de trabajo en alturas.
- Ejercer la vigilancia y control en la prevención de los riesgos de trabajo en alturas.
- Asesorar a los empleadores, sin ningún costo y sin influir en la compra, sobre la selección y utilización de los elementos de protección personal para trabajo en alturas.
- Elaborar, publicar y divulgar Guías Técnicas estandarizadas por actividades económicas.
- Las administradoras de riesgos laborales podrán establecer mecanismos, programas y acciones para la asesoría en gestión para el control efectivo de los riesgos en trabajo en alturas, a nivel individual por empresa, de manera colectiva para las empresas de la misma actividad económica, priorizando los riesgos a controlar y los sistemas de vigilancia epidemiológica a desarrollar en trabajo en alturas

3.10.3. Permiso de Trabajo en Alturas

El permiso de trabajo en alturas es un mecanismo que mediante la verificación y control previo de todos los aspectos relacionados en el presente programa, tiene como objeto prevenir la ocurrencia de accidentes durante la realización de trabajos en alturas. Este permiso de trabajo debe ser emitido para trabajos ocasionales y puede ser diligenciado, por el trabajador y debe ser revisado y verificado en el sitio de trabajo por el coordinador de trabajo en alturas.

Cuando se trate de trabajos rutinarios, a cambio del permiso de trabajo en alturas, debe implementarse una lista de chequeo que será revisada y verificada en el sitio

de trabajo por el coordinador de trabajo en alturas: PERMISO PARA EJECUTAR TRABAJOS EN ALTURAS y LISTA DE CHEQUEO PARA ALTURAS.

El permiso de trabajo debe contener como mínimo lo siguiente:

- Nombre (s) de trabajador (es).
- Tipo de trabajo.
- Altura aproximada a la cual se va a desarrollar la actividad.
- Fecha y hora de inicio y de terminación de la tarea.
- Verificación de la afiliación vigente a la seguridad social.
- Requisitos de trabajador (requerimientos de aptitud).
- Descripción y procedimiento de la tarea.
- Elementos de protección personal.
- Verificación de los puntos de anclaje por cada trabajador.
- Sistema de prevención contra caídas.
- Equipos, sistema de acceso para trabajo en alturas.
- Herramientas a utilizar.
- Constancia de capacitación o certificado de competencia laboral para prevención para caídas en trabajo en alturas.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 MATERIALES

4.1.1 Cinta *Band-It*

Cinta metálica de acero inoxidable que es utilizada para el anclaje o fijación de los diferentes herrajes que se usan al momento de la construcción de las redes de comunicaciones.

Figura 13. Cinta *Band-It*



Fuente: <http://www.scientificsatellite.net/detalle/cinta-band-it-1-2-roll-x-30m.html>

4.1.2 Hebilla Cinta *Band-It*

La hebilla es utilizada para abrochar la cinta de acero inoxidable, por lo general es fabricada de acero inoxidable.

Figura 14. Hebilla para cinta *Band-It*



Fuente: <http://www.cableservicios.com/pg.php?pa=5&p=777&t=Hebilla-para-abrochar-fleje-de-acero-Siscoax-Unidad>

4.1.3 Trombo Platina

Es utilizada en los tendidos de redes de fibra óptica, cables coaxiales, o redes HFC. Es ideal para acoplar los herrajes de retención, va sujeta por la cinta band-it por lo general es de aluminio.

Figura 15. Trombo Platina



Fuente: <http://www.cableservicios.com/pg.php?pa=5&p=778&t=Trombo-platina-Siscoax-Unidad>

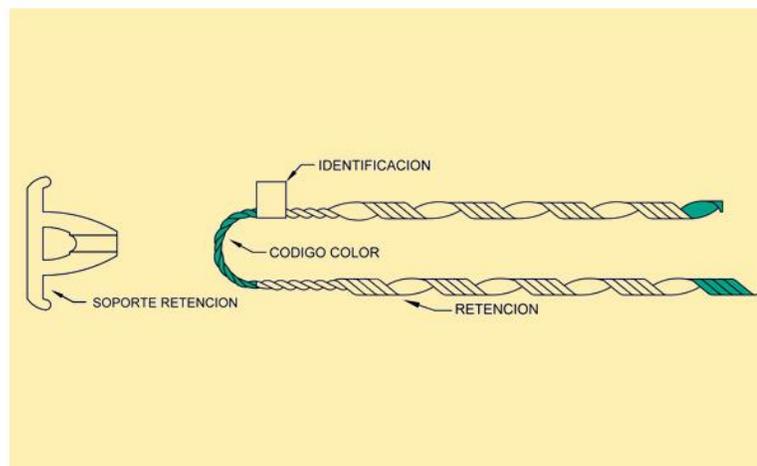
4.1.4 Retenciones

Las retenciones helicoidales tienen como función principal fijar los Cables de Fibra Óptica ADSS a estructuras y postes. Por lo general son fabricadas de Alambre de acero revestido con aluminio. Este material tiene un excelente comportamiento a la corrosión lo que garantiza una mayor vida útil, para diferenciarlas tienen un autoadhesivo donde se identifica la sigla del fabricante, rango de diámetro, vano, color y tipo de material.

4.1.4.1 Aspecto y Acabado

Las varillas que componen las retenciones helicoidales preformadas en sus extremos se han pulido y se ha aplicado pintura especial para evitar la corrosión de la misma y daños a los cables a utilizar en el montaje. A todas las retenciones helicoidales en su interior se les ha aplicado un recubrimiento de látex con óxido de aluminio para brindar un mayor agarre al cable.

Figura 16. Retención para vanos hasta de 100 metros

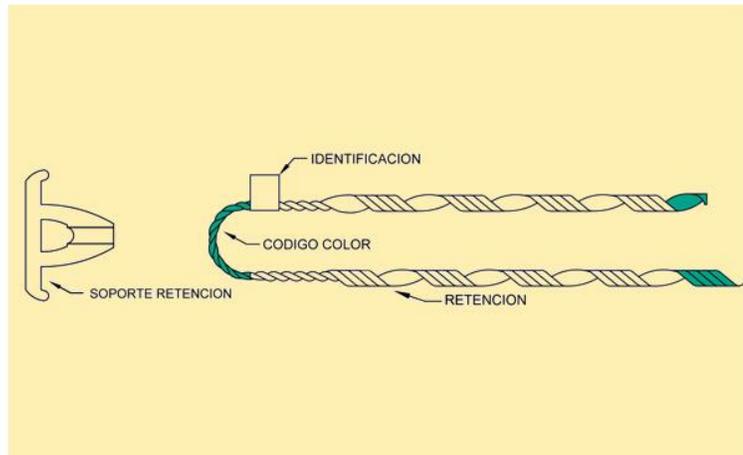


Fuente: <http://grupo3h.com/retenciones.html>

Características:

- Máxima tensión 4KN (800 Lbs).
- Vano máximo de 100 mts.
- Largo de la retención 70 cm.

Figura 17. Retención para vanos hasta de 200 metros

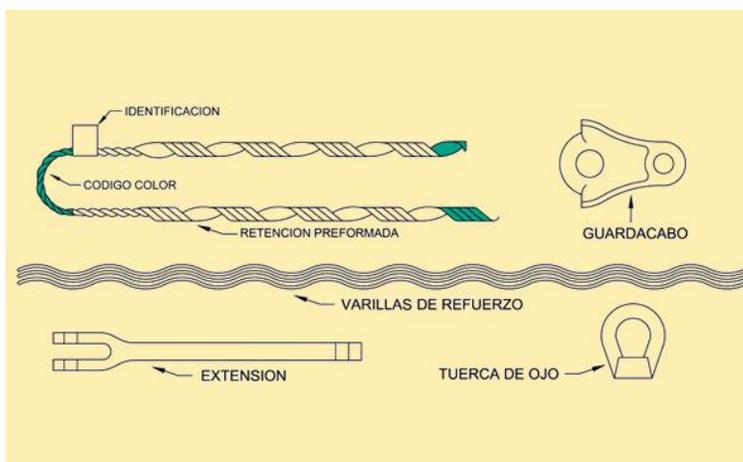


Fuente: <http://grupo3h.com/retenciones.html>

Características:

- Máxima tensión 12KN (2.400 Lbs).
- Vano máximo de 200 mts.
- Largo de la retención 90 cm.

Figura 18. Retención para vanos de hasta 600 mts

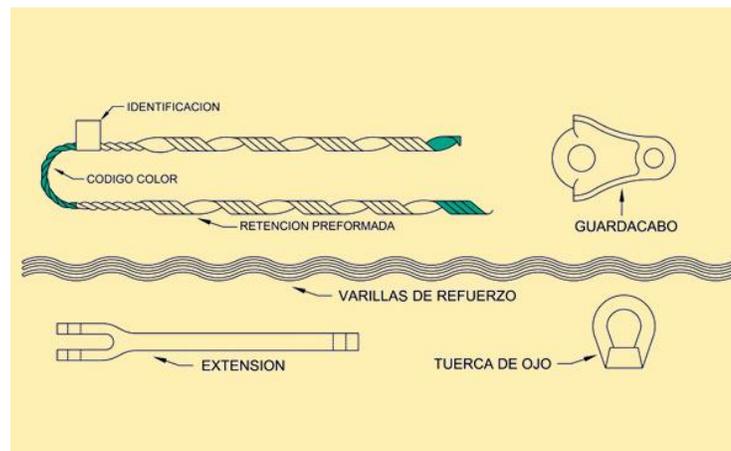


Fuente: <http://grupo3h.com/retenciones.html>

Características:

- Máxima tensión 12KN (2.400 Lbs).
- Vano máximo de 600 mts.
- Largo de la retención 120 cm a 150 cm.

Figura 19. Retención para vanos de hasta 1200 mts



Fuente: <http://grupo3h.com/retenciones.html>

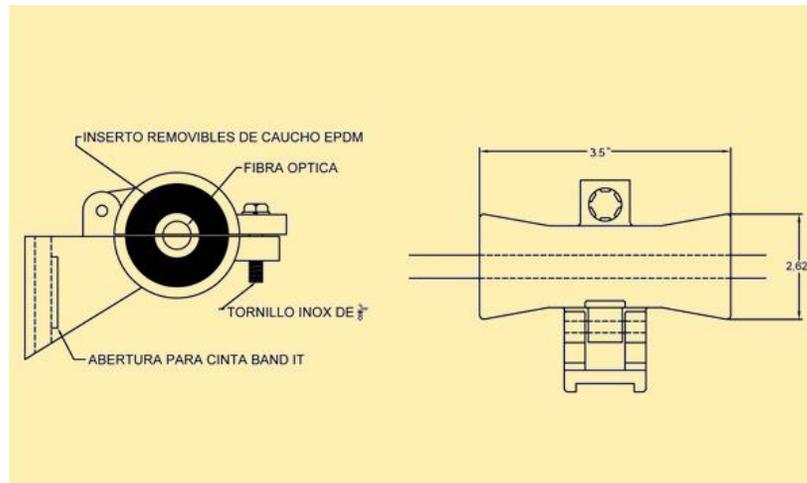
Características:

- Máxima tensión 18KN (3.800 Lbs).
- Vano máximo de 1.200 mts.
- Largo de la retención 230 cm a 270 cm

4.1.5 Suspensión

Utilizado en las redes de fibra óptica va fijo en el poste con fleje de acero, por lo general son fabricadas de aluminio y en su interior caucho que ayuda en la suspensión de la fibra óptica.

Figura 20. Suspensión para vanos de hasta 200 mts.

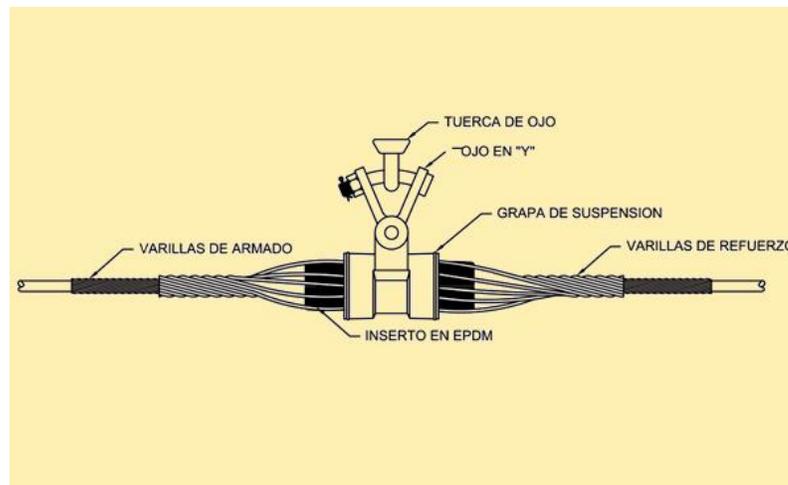


Fuente: <http://grupo3h.com/suspensiones.html>

Características:

- Máxima carga vertical: 4.5 KN (900 Lbs.)
- Vano máximo de 200 mts

Figura 21. suspencion para vanos de hasta de 600 mts



Fuente: <http://grupo3h.com/suspensiones.html>

Características:

- Máxima tensión 4 KN (900 Lbs.)
- Vano máximo de 600 mts

4.1.6 Amarres o cintillos plásticos

Son utilizados para el arreglo de reservas de fibra óptica o para dar un poco de estética en la red.

4.1.7 Zunchadora

Herramienta mecánica con la cual se ajustan al poste la cinta band-it y las respectivas herrajerías necesarias para la implementación de la red de fibra óptica.

Figura 22. Zunchadora



Fuente: <http://www.fierros.com.co/guia/classified/zunchadora-490.html>

4.1.8 Ponchadoras

Son unas pinzas que ejercen una gran presión y sirven para ponchar empalmes

Figura 23. Ponchadora RJ-45



Fuente: <http://www.ferreteriabogota.com/herramientas-para-instalacion-redes/ponchadoras-cable-rj-45-rj-11/ponchadora-proskit-rj45-rj11/>

4.1.9 OTDR (*Optical Time Domain Reflectometer*)

En telecomunicaciones, un OTDR (*Optical Time Domain Reflectometer*) es un instrumento óptico-electrónico usado para analizar una fibra óptica.

Un OTDR puede ser utilizado para estimar la longitud de la fibra, y su atenuación, incluyendo pérdidas por empalmes y conectores. También puede ser utilizado para detectar fallos, tales como roturas de la fibra.

Para realizar su función, el OTDR inyecta en la fibra bajo análisis una serie de pulsos ópticos. También extrae, del mismo extremo de la fibra, luz que ha sido dispersada y reflejada de vuelta desde puntos de la fibra con un cambio en el índice de refracción.

Este dispositivo es el equivalente en óptica al reflectómetro en el dominio de tiempo (TDR), que mide los cambios producidos en la impedancia de un cable de F.O.

Figura 24. OTDR EXFO AXS-110



Fuente: <http://www.exfo.com/es/productos/pruebas-red-campo/bu3-optico/otdr-iolm-pruebas/axs-110>

4.1.10 POWER METER

Un medidor de potencia óptica mide la intensidad luminosa de una señal óptica. Se utiliza para medir la pérdida de energía durante la transmisión, controlar la potencia del láser en la generación de una señal óptica y evaluar la electrónica de un receptor de señales.

Figura 25. *Power meter* o medidor de potencia óptica



Fuente: <http://www.fibraoptica hoy.com/medidor-de-potencia-3/>

4.1.11 GPS (Sistema de Posicionamiento Global)

Sistema de posicionamiento global (GPS) es un sistema que permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto (una persona, un vehículo) con una precisión de hasta centímetros (si se utiliza GPS diferencial), aunque lo habitual son unos pocos metros de precisión. El sistema fue desarrollado, instalado y empleado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos. Para determinar las posiciones en el globo, el sistema GPS está constituido por 24 satélites

Gps garmin etrex10: es un dispositivo electrónico receptor GPS con WAAS de alta sensibilidad y predicción por satélite HotFix®, la unidad eTrex 10 localiza tu posición de forma rápida y precisa, y mantiene la ubicación GPS, utilizado al momento de realizar el levantamiento de la información contenida en la cartera ya que es una herramienta que facilita la introducción de las rutas de los tramos que conforman la red de distribución de fibra óptica.

Figura 26. Gps garmin etrex10



Fuente: <https://buy.garmin.com/es-AR/AR/explorando/gps-cartografia/etrex-10/prod87768.html>

4.2 METODOLOGÍA

Las etapas que se llevaron a cabo durante el desarrollo del proyecto consistieron en:

- Etapa de estudio

En esta etapa se hizo un recorrido de los posibles sitios con el fin de observar los obstáculos que deben salvarse para el tendido de la red y su dificultad para el acceso de los usuarios y de la instalación por parte de la empresa.

- Etapa de diseño

En esta etapa se establecieron las soluciones de comunicación para tomar el camino más óptimo, seguro y económico durante la implementación de la red.

- Etapa de selección

En esta etapa se estudió la viabilidad económica de cada solución con el fin de elegir la que se considere más viable.

- Etapa de implementación

En esta etapa se adquieren los equipos de telecomunicaciones de la solución elegida y se instalan en cada uno de los sitios seleccionados.

- Etapa de pruebas y análisis de resultados

En esta etapa se probó el correcto funcionamiento del sistema de comunicación de fibra óptica, verificando la conectividad constante entre las terminales y analizando los resultados obtenidos para realizar las mejoras necesarias.

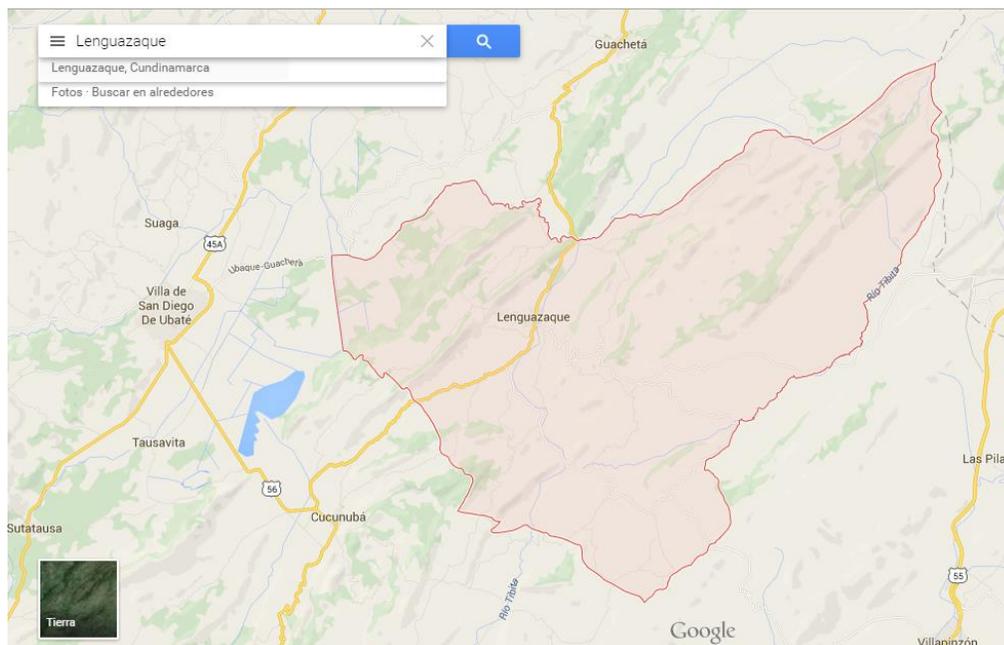
5. DISEÑO DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA PARA EL MUNICIPIO DE LENGUAZAQUE CUNDINAMARCA

El presente diseño de red contempla la primera etapa dentro de la implementación en el despliegue de la tecnología de fibra óptica para el municipio de Lenguazaque (Cundinamarca), los temas tratados en este primer apartado consta de la descripción y análisis estructural del área de trabajo, análisis de los cálculos de potencia, y por último los detalles de los planos utilizados, suministrados por la contratista Brame Colombia.

5.1 DESCRIPCIÓN DEL MUNICIPIO DE LENGUAZAQUE - CUNDINAMARCA

El municipio de Lenguazaque se encuentra ubicado en el departamento de Cundinamarca a una distancia de 116 kilómetros al noreste de la ciudad de Bogotá D.C, cuenta con una extensión total de 15356 Km² donde la zona urbana ocupa un área de 39 Km².

Figura 27. Lenguazaque – Cundinamarca



Fuente: Google Maps

Su población consta de 10.268⁴ habitantes en total, pero 2.282⁵ habitantes tan solo en su zona urbana. Este municipio forma parte de uno de los 735 municipios beneficiados en el primer despliegue del gobierno, más exactamente Vive Digital y el plan nacional de fibra óptica. Cabe resaltar que a este municipio se implementa el tendido de fibra óptica en una primera etapa, dirigido a los estratos 1 y 2 como servicios subsidiados por el estado, posteriormente está planeado abarcar la red en la totalidad el municipio.

Otro aspecto a tener en cuenta consiste en proporcionar estos servicios a dos entes pertenecientes al municipio, los cuales son; la alcaldía y la estación de policía de Lenguazaque. Cabe resaltar que la implementación de estos dos establecimientos forma parte de otro proyecto gubernamental denominado *Compartel*, este a su vez está encargado de conectar a las escuelas y colegios. Este despliegue de red que se hace a los dos puntos anteriormente mencionados es debido a prescripción de la empresa *Brame Colombia*.

Figura 28. Alcaldía Municipal y Estación de Policía



Fuente: Google Street View

Las entidades que forman parte del municipio de Lenguazaque corresponden al Consejo Municipal, Entidades descentralizadas como empresas privadas, el hospital municipal, un jardín infantil, dos escuelas y por último la estación de policía mostrada también en la figura 28.

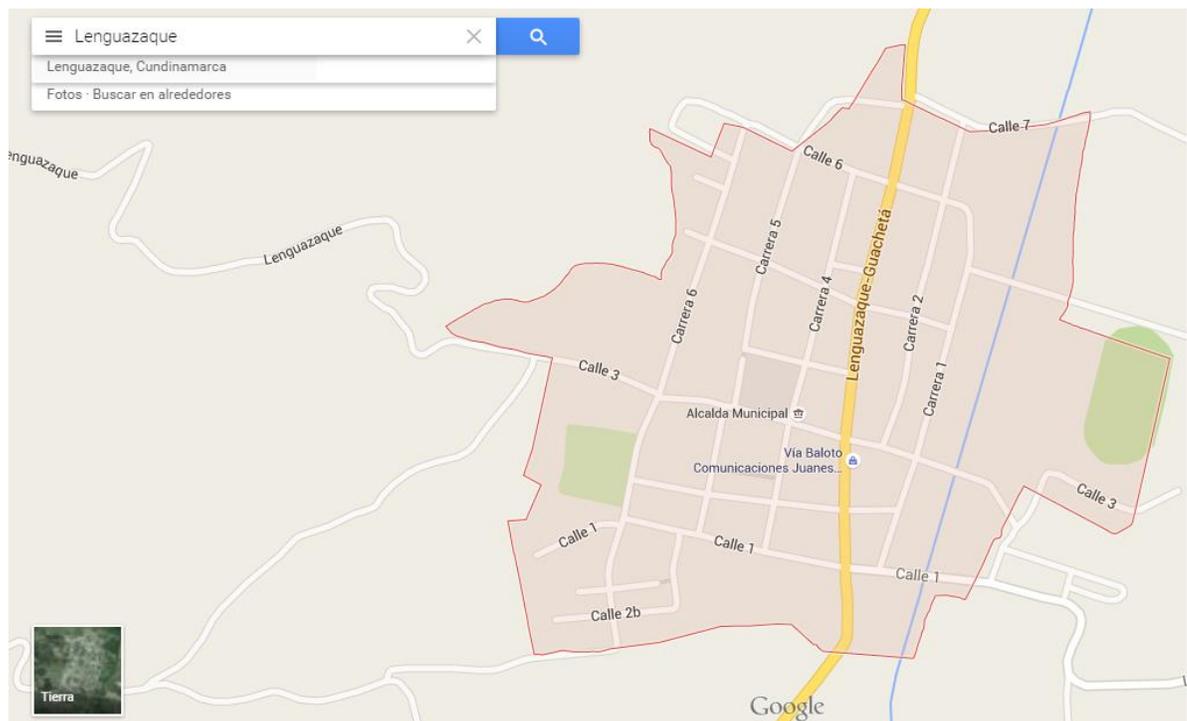
⁴ Cifra soportada por el DANE

⁵ Cifra soportada por el DANE

5.2 ZONA DE DEZPLIEGUE DE LA RED DE FIBRA OPTICA

En la figura 29 se puede observar en detalle el municipio de Lenguazaque objeto de implementación de la red de fibra óptica.

Figura 29. Vista previa del municipio sin ningún tipo de diseño



Fuente: Google Maps

Unas de las exigencias del plan nacional de fibra óptica, además de realizar el tendido de la red consisten en implementar 2 zonas con acceso inalámbrico de servicio de internet, una ubicada en la alcaldía del municipio y otra ubicada en el parque principal. Siguiendo el desarrollo del diseño, se hace un análisis de las características constructivas del municipio.

En primer lugar el municipio de Lenguazaque se define como un lugar arquitectónicamente en desarrollo, pues como se puede observar en la figura 29, la estructura de sus viviendas es del tipo colonial y algunas otras se están remodelando a la época actual, esto desde el punto de vista de la ingeniería de

diseño es muy importante, porque al momento de que los trabajadores realizan el tendido se pueda tener en detalle los parámetros de seguridad en cuanto a por ejemplo, los techos de las viviendas y la antigüedad del material de algunos postes (madera, concreto, metal, fibra).

Figura 30. Aspecto Arquitectónico del Municipio de Lenguazaque



Fuente: Google Street View

Uno de los factores importantes antes de la implementación, consistió en verificar si el municipio cuenta con la red de alumbrado público, telemáticos, y en su defecto la red eléctrica.

5.3 PLANIFICACION⁶

Se enumeran los diferentes puntos a cumplir para la realización del proyecto:

1. Completar el proyecto de ingeniería e identificar las características, incluyendo las siguientes actividades de planificación:

- 1.1. Identificar el recorrido exacto del cable de fibra óptica y asegurarse de que cumple con todas las especificaciones de la instalación. Conseguir la autorización para la instalación del cable de fibra óptica a lo largo de toda la ruta.

⁶ Planificación recomendada por parte de la empresa contratista Brame Colombia.

- 1.2. Determinar el tipo de fibra – multimodo, de índice escalón, de índice gradual o monomodo- y diámetro.
- 1.3. Determinar el tipo de cable – tubo de estructura holgada, ajustada y número de fibras.
- 1.4. Asegurarse de que el tipo de cable y los equipos son los correctos para el ambiente al que van destinados.
- 1.5. Seleccionar cable para exteriores o interiores ignífugo y con la cubierta adecuada.
- 1.6. Determinar el tipo de conector para la fibra óptica y el procedimiento de conexión del mismo (latiguillo o conexión directa a la fibra).
- 1.7. Determinar sobre el terreno los requerimientos de localización e instalación para los cables de interconexión, latiguillos, paneles de conexión, conectores y cajas de empalmes.
2. Determinar todo lo concerniente a la seguridad.
3. Asegurarse de que se dispone del adecuado equipamiento e instrumentación de ensayo. Estar seguros de que todo el personal está debidamente entrenado en el manejo de cables de fibra óptica y equipos. Determinar el procedimiento de instalación correcto.
4. Adquirir el o los cables de fibra óptica que se necesiten así como todo el equipamiento, de acuerdo al proyecto, y obtener el correspondiente plazo de entrega.
5. Una vez recibidos el o los cables, revisar el carrete de cable de fibra óptica antes de proceder a su instalación.
6. Preparar la ruta del cable de fibra óptica e instalar todas las tuberías, conductos y sub conductos, cables fiadores y cuanto sea necesario.
7. Instalar el cable de fibra óptica de acuerdo al proyecto de ingeniería.

8. Empalmar todos los largos de cable, según se necesiten, y ensayar toda la fibra del enlace completo.
9. Terminar cada fibra del cable óptico con su panel de conexiones o caja de empalmes apropiados y completar la instalación y los ensayos.
10. Someter a ensayo toda la instalación de fibra óptica.
11. Instalar todos los equipos terminales ópticos, terminales de línea, entre otros.
12. Conectar los equipos de prueba en los extremos de la instalación y ensayarla.
13. Registrar todos los datos y detalles que se necesiten.
14. Preparar los planes de mantenimiento y reparación.

5.4 DISTRIBUCION DEL CABLEADO Y ELEMENTOS DE RED

Inicialmente en la ingeniería de diseño, la empresa contratista Brame Colombia recibe polígonos donde se realizara el tendido de fibra óptica, estos polígonos son enviados por parte de la contratista del estado Azteca comunicaciones y por ende se debe seguir estrictamente el comisionamiento de dicha empresa. El polígono de Lenguazaque se puede observar en la figura 30.

Figura 31. Polígono Lenguazaque

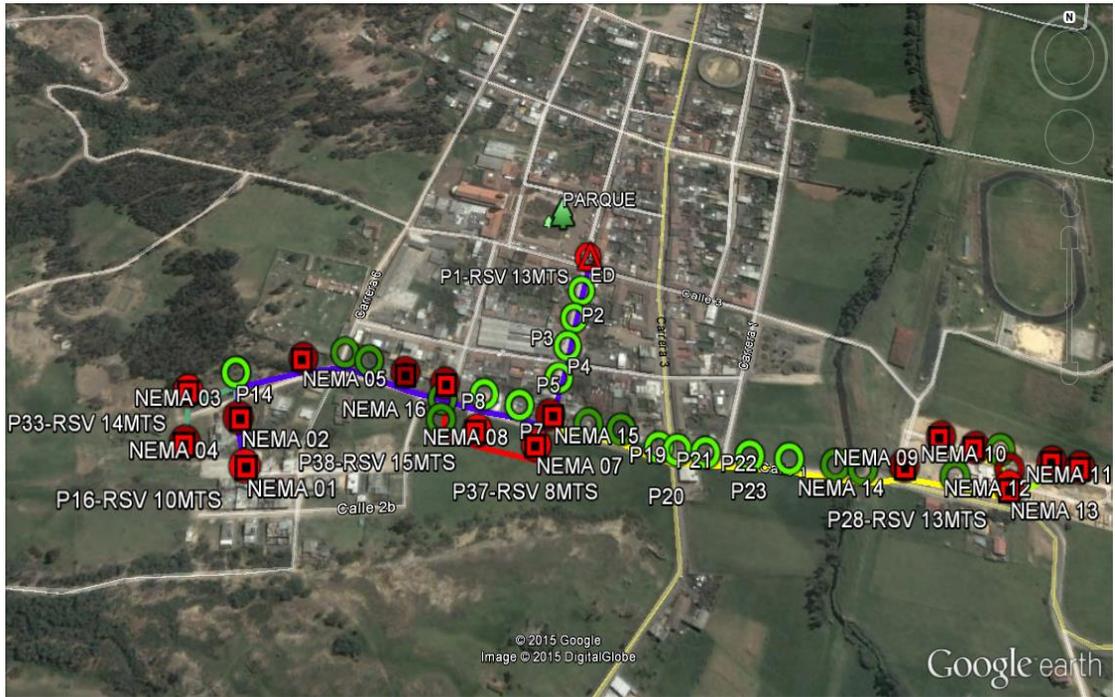


Fuente: Área de Diseño Brame Colombia

Posteriormente al conocer la zona donde la empresa contratista del estado desea realizar el tendido de fibra óptica, se asigna una cuadrilla para que inicie labores. El primer paso dentro del diseño del despliegue de la red, consiste en realizar la cartera del polígono establecido, el termino cartera se define como un documento donde se encuentran registrados la totalidad de postes ubicados dentro la zona de polígono suministrado por Azteca comunicaciones.

Seguidamente, se procede a crear el diseño previo de la red, cabe resaltar que este boceto es la primera referencia usada por el equipo de trabajo antes de la implementación.

Figura 32. Diseño de la red fibra óptica



Fuente: Autor y Google Earth

Para este caso se hace uso de la herramienta Google Earth, en la figura anterior se puede observar el diseño de la red de distribución de fibra óptica, también se puede observar que el diseño contiene ciertas convenciones que más adelante se explicaran, a continuación se aclara cómo está establecido el sistema.

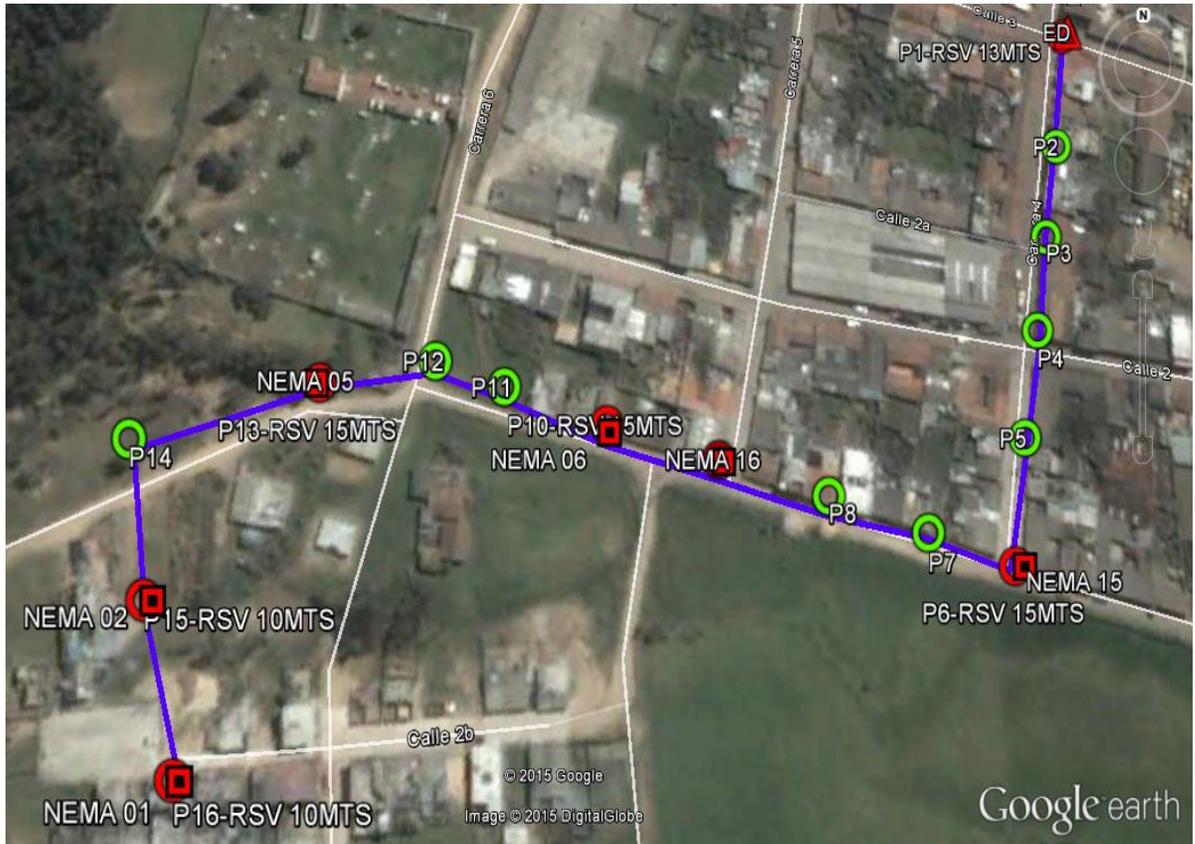
Tabla 1. Convenciones

ELEMENTO	NOMBRE
	Splitter o Divisor
	Numero de Poste con Reserva de Fibra
	Numero de Poste sin Reserva de Fibra
	Caja de Protección NEMA
	Tramo 1
	Tramo 2
	Tramo 3
	Tramo 4
	Tramo 5

Fuente: Autor

5.5 DESCRIPCION DE LOS TRAMOS

Figura 33. Tramo 1

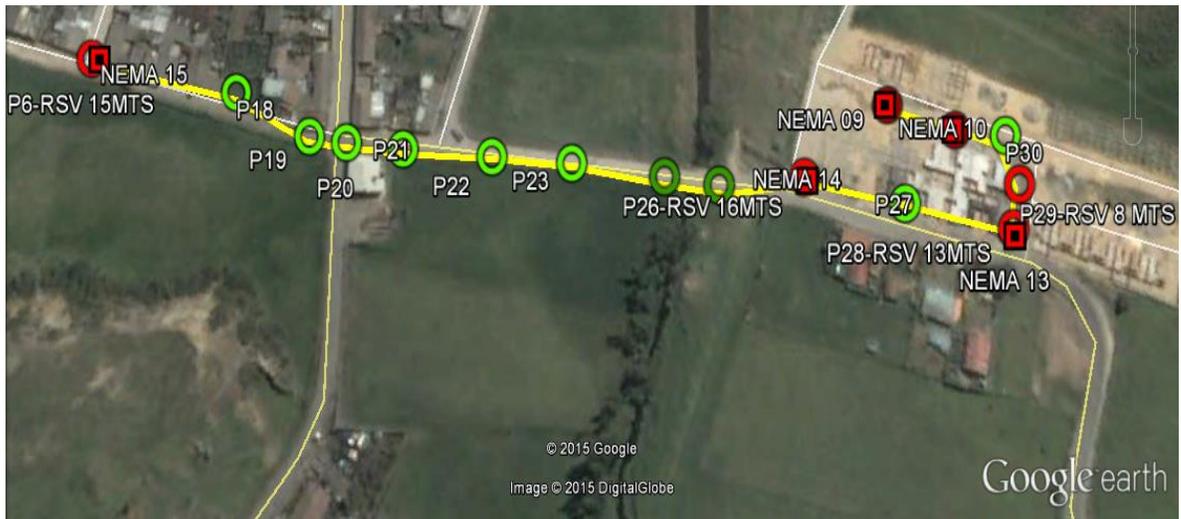


Fuente: Autor

Para este primer tramo consta de 16 postes, de los cuales 7 poseen cajas de protección NEMA, estas son marcadas con círculo rojo, que significa que en este poste se aloja una caja NEMA, Las cajas NEMA son identificadas por un cuadrado rojo con centro de color negro en los mapas de diseño, algo muy importante es que las cajas NEMA contienen dentro una Unidad de Red Óptica, comúnmente conocida como ONU. Los círculos en verde consisten en postes por donde se engancha el cable que contiene la fibra óptica.

El tramo 1 comprende una extensión de 603 metros más una reserva de 93 metros, esto equivale al 15% de la longitud de la ruta, por otro lado, el tramo 2 comprende un tendido de 498 metros más una reserva de 50 metros lo cual corresponde al 10%.

Figura 34. Tramo 2



Fuente: Autor

Al igual que el tramo 1, el tramo 2 posee amplia longitud en su trayecto, consta de 16 postes, se aclara que el poste numero 6 (P6) también forma parte del primer tramo debido que en este se inicia este tramo. Un aspecto importante a tener en cuenta en la fase de diseño, consiste en la asignación de reserva de fibra óptica, por ejemplo, el posta numero 6 (P6) aloja 15 metros de reserva, la razón es que estos archivos con extensión KMZ⁷ son sujetos a cambios dependiendo directamente de la implementación.

Los tramos 3 y 4 poseen las trayectorias más cortas mientras que el tramo 5 constituye una longitud media con respecto a los tramos 1 y 2. Al contar con esta parte del diseño se procede a realizar la implementación, este ejercicio que se acaba de realizar con respecto al conteo de postes, materiales y equipos a utilizar es comúnmente conocido cartera. Por último, se puede realizar un primer análisis acerca de la red, por lo tanto son necesarios para el despliegue de fibra óptica, un Splitter de primer nivel ubicado en el poste número uno (P1), dos Splitter de segundo nivel en el poste número seis (P6), 16 Cajas de protección NEMA y dentro de estos 16 ONU, carretes de fibra óptica y la herrajería necesario, esto hablando de forma generalizada pues es necesarios más equipamiento que se identificaran durante la composición de la implementación.

⁷ Esta extensión (.kmz), corresponde al tipo de archivo del software Google Earth.

Figura 35. Tramo 3



Fuente: Autor

El tramo 3 comprende 131 metros más 23 metros de reserva lo que corresponde al 18%, por otro lado, para el tramo 4 se utilizaron 83 metros y 22 metros de reserva lo cual corresponde al 27%.

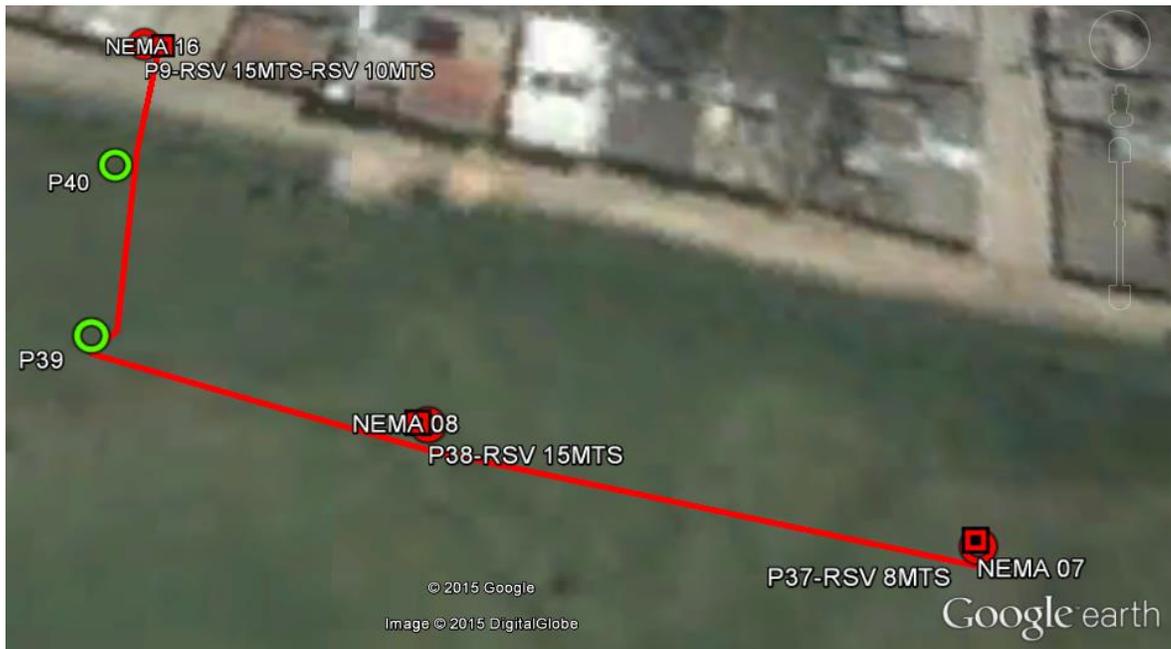
Figura 36. Tramo 4



Fuente: Autor

Por último, para el tramo 5 se usaron 152 metros más 33 metros de reserva, lo que corresponde al 22%. Estos valores se pueden observar en la cartera final de la implementación.

Figura 37. Tramo 5

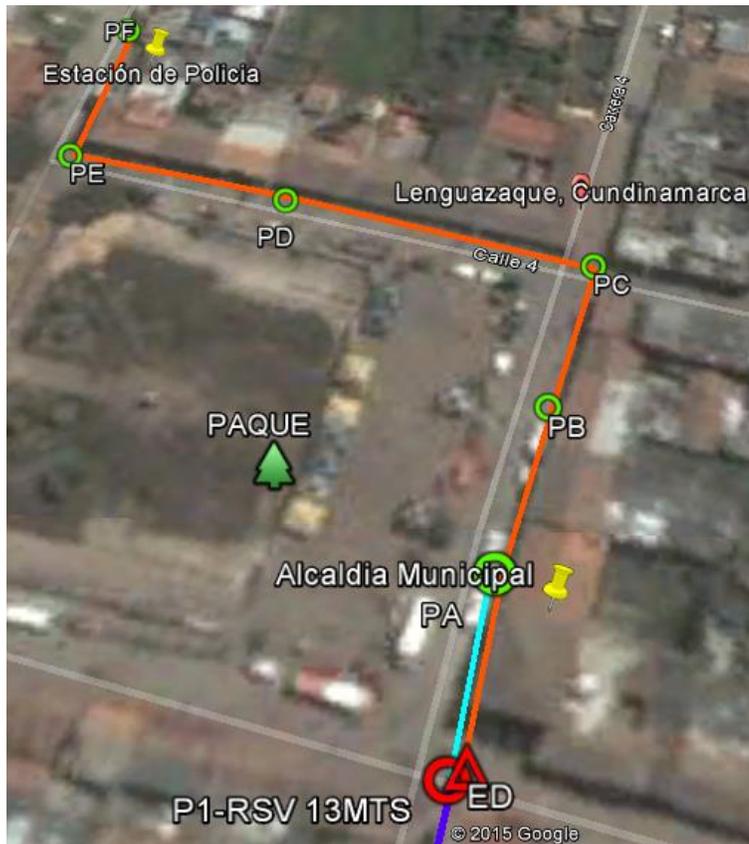


Fuente: Autor

Posteriormente, y por prescripción de la empresa *Brame Colombia*, se debe realizar 2 extensiones alternadamente, la primera con ruta a la alcaldía y la segunda con ruta a la estación de policía, en la figura 37 se puede observar el diseño para estos dos puntos.

La red alterna hasta la alcaldía abarca 26.3 metros esta distancia es corta debido a que la caja de empalme se encuentra muy cerca, por otro lado la red alterna hasta la estación de policía corresponde a 181 metros, la reserva consta de 6 metros y 37 metros respectivamente.

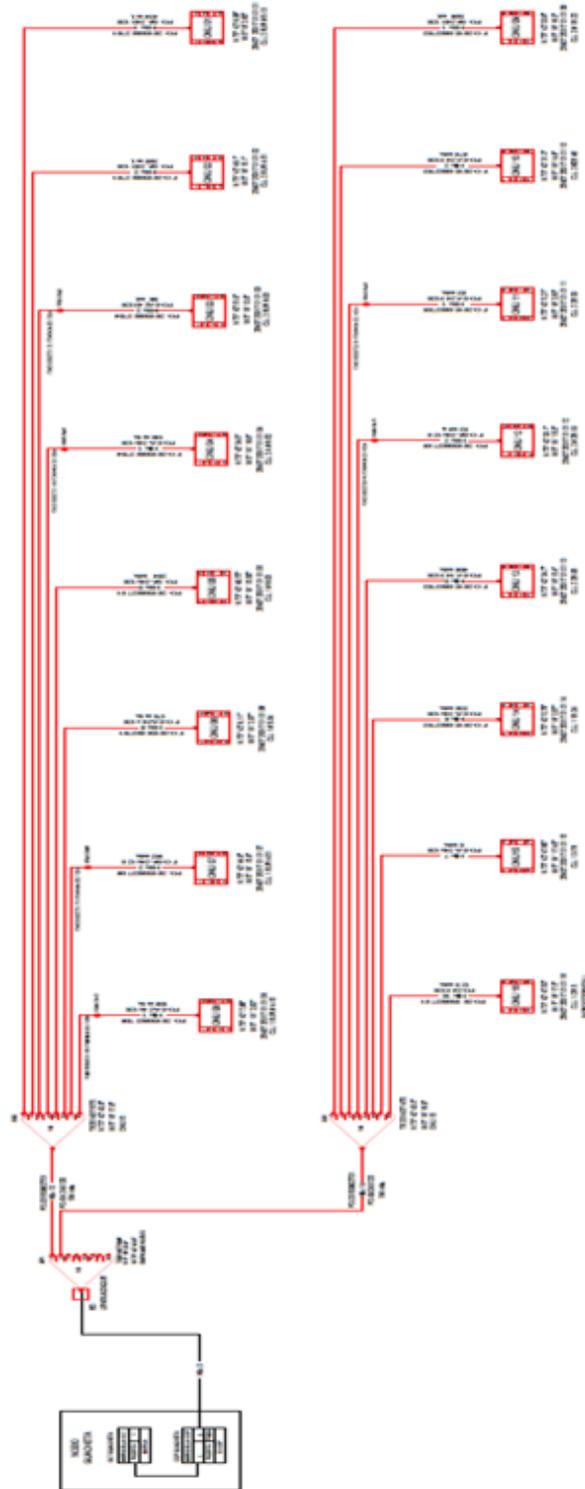
Figura 38. Tramos Alternos, Alcaldía Municipal y Estación de Policía



Fuente: Autor

Teniendo el diseño de los tramos de fibra óptica, la empresa proporciona tres tipos de esquemas, estos comprenden, el Diagrama Unifilar, Plano As-Built, y el Plano KMZ, estos mostrados como anexos A,B y C respectivamente. En la figura 39, se muestra el diseño del diagrama unifilar donde se representa la distribución de la red de fibra óptica, desde la OLT a cada una de las ONU donde se conectan los clientes finales, este diagrama posee una estructura jerárquica o de diagrama de árbol, con el fin de organizar la información de la estructura de la red, como lo son, hilos de fibra usados, divisores (splitters), ONU y puertos de OLT.

Figura 39. Diagrama Unifilar de la Red de Distribución



Fuente: Autor y Brame Colombia

5.6 CÁLCULOS ÓPTICOS

Para calcular la pérdida estimada de un enlace, es necesario saber la atenuación (dB/Km) que el fabricante proporciona. También dependerá mucho de qué tipo de fibra se esté usando, Multi-modo o Mono-modo. En caso de no conocerse la atenuación por kilómetro de la fibra, se podrá extraer el valor que ANSI⁸ suministra.

Si se trata de Fibra Multimodo trabajando a 850nm (Longitud de Onda) la atenuación por kilómetro será de 3.5 dB/Km, si trabaja a 1300nm (longitud de Onda) la atenuación será de 1.5 dB/Km.

Si la fibra en cuestión es Monomodo se registran los siguientes valores, 1.0 dB/Km si la fibra es instalada en Planta Interna y 0.5 dB/Km si la fibra es instalada en Planta Externa.

Potencia de Recepción en Empalme de Distribución;

$$P_{(Rx)ED} = P_{(Tx)OLT} - a_t \quad \text{Ecuación 1.}$$

$$a_t = l * a_l + n_e * a_e + n_c * a_c \quad \text{Ecuación 2.}$$

Dónde:

L = longitud del cable en Km.

a_L = coeficiente de atenuación en dB/Km

n_e = número de empalmes

a_e = atenuación por empalme

n_c = número de conectores

a_c = atenuación por conector

a_r = reserva de atenuación en dB/Km

Cálculos que abarcan de la OLT hasta el empalme de distribución (ED) antes del splitter de primer nivel.

Para calcular la potencia de recepción en el cierre óptico ED, la OLT⁹ suministra en su salida una potencia de transmisión de 2.5 dBm, existe una distancia de tramos de 8 km, dejando una reserva del 15% de la distancia de este trayecto, se

⁸ American National Standards Institute

⁹ Optical Line Terminal

determina que la distancia total del vano es de 9,2 km con 5 empalmes del trayecto que comprende la OLT hasta el cierre óptico ED.

Aplicando la ecuación 2 se obtiene que;

$$a_t = l * a_l + n_e * a_e + n_c * a_c$$

$$a_{t \text{ hasta la ED}} = 9,2km * \frac{0,4dB}{km} + 5 * 0,1dB$$

$$a_{t \text{ hasta la ED}} = 4,18 \text{ dBm}$$

Aplicando la ecuación 1

$$P_{(Rx)ED} = P_{(Tx)OLT} - a_t$$

$$P_{(Rx)ED} = 2,5 \text{ dBm} - 4,18 \text{ dBm}$$

$$P_{(Rx)ED} = -1,68 \text{ dBm}$$

Por lo tanto la potencia de recepción en el Empalme de distribución (ED) antes del splitter de primer nivel corresponde a -1.68 dBm.

Potencia de recepción en las ONU (Óptical Network Unit)

- ONU 01

Del ED a la ONU 01 existe una distancia con reservas de 591 metros, 9 empalmes y 2 splitter ópticos cuyas pérdidas es aproximadamente -9dB cada uno, más pérdidas por conectores de 0.3dB.

$$a_{t \text{ ONU } 1} = 0,591Km * \frac{0,4dB}{km} + 9 * 0,1dB + 18dB + 03dB$$

$$a_{t \text{ ONU } 1} = 19,4364dBm$$

$$Pt \text{ ONU } 01 = -1,68dBm - 19,4364dBm$$

$$Pt \text{ ONU } 01 = -20,1164dBm$$

- ONU 02

Del ED a la ONU 02 existe una distancia con reservas de 551 metros, 8 empalmes y 2 splitter ópticos cuyas pérdidas es aproximadamente -9dB cada uno, más pérdidas por conectores de 0.3dB.

$$a_{t\text{ ONU } 2} = 0,551\text{Km} * \frac{0,4\text{dB}}{\text{km}} + 8 * 0,1\text{dB} + 18\text{dB} + 0,3\text{dB}$$

$$a_{t\text{ ONU } 2} = 19,3204\text{dBm}$$

$$Pt\text{ ONU } 02 = -1,68\text{dBm} - 19,3204\text{dBm}$$

$$Pt\text{ ONU } 02 = -21.0004\text{dBm}$$

- ONU 03

Del ED a la ONU 03 existe una distancia con reservas de 557 metros, 8 empalmes y 2 splitter ópticos cuyas pérdidas es aproximadamente -9dB cada uno, más pérdidas por conectores de 0.3dB.

$$a_{t\text{ ONU } 3} = 0,557\text{Km} * \frac{0,4\text{dB}}{\text{km}} + 8 * 0,1\text{dB} + 18\text{dB} + 0,3\text{dB}$$

$$a_{t\text{ ONU } 3} = 19,3228\text{dBm}$$

$$Pt\text{ ONU } 03 = -1,68\text{dBm} - 19,3228\text{dBm}$$

$$Pt\text{ ONU } 03 = -21.0028\text{dBm}$$

- ONU 04

Del ED a la ONU 04 existe una distancia con reservas de 597 metros, 9 empalmes y 2 splitter ópticos cuyas pérdidas es aproximadamente -9dB cada uno, más pérdidas por conectores de 0.3dB.

$$a_{t\text{ ONU } 4} = 0,597\text{Km} * \frac{0,4\text{dB}}{\text{km}} + 9 * 0,1\text{dB} + 18\text{dB} + 0,3\text{dB}$$

$$a_{t\text{ ONU } 4} = 19,3648\text{dBm}$$

$$Pt\text{ ONU } 04 = -1,68\text{dBm} - 19,3648\text{dBm}$$

$$Pt\text{ ONU } 04 = -21.0448\text{dBm}$$

- ONU 05

Del ED a la ONU 05 existe una distancia con reservas de 442 metros, 7 empalmes y 2 splitter ópticos cuyas pérdidas es aproximadamente -9dB cada uno, más pérdidas por conectores de 0.3dB.

$$a_{t\text{ ONU }5} = 0,442\text{Km} * \frac{0,4\text{dB}}{\text{km}} + 7 * 0,1\text{dB} + 18\text{dB} + 0,3\text{dB}$$

$$a_{t\text{ ONU }5} = 19,1768\text{dBm}$$

$$Pt\text{ ONU }05 = -1,68\text{dBm} - 19,1768\text{dBm}$$

$$Pt\text{ ONU }05 = -20,8568\text{dBm}$$

- ONU 06

Del ED a la ONU 06 existe una distancia con reservas de 354 metros, 7 empalmes y 2 splitter ópticos cuyas pérdidas es aproximadamente -9dB cada uno, más pérdidas por conectores de 0.3dB.

$$a_{t\text{ ONU }6} = 0,345\text{Km} * \frac{0,4\text{dB}}{\text{km}} + 7 * 0,1\text{dB} + 18\text{dB} + 0,3\text{dB}$$

$$a_{t\text{ ONU }6} = 19,138\text{dBm}$$

$$Pt\text{ ONU }06 = -1,68\text{dBm} - 19,138\text{dBm}$$

$$Pt\text{ ONU }06 = -20,818\text{dBm}$$

- ONU 07

Del ED a la ONU 07 existe una distancia con reservas de 440 metros, 7 empalmes y 2 splitter ópticos cuyas pérdidas es aproximadamente -9dB cada uno, más pérdidas por conectores de 0.3dB.

$$a_{t\text{ ONU }7} = 0,440\text{Km} * \frac{0,4\text{dB}}{\text{km}} + 7 * 0,1\text{dB} + 18\text{dB} + 0,3\text{dB}$$

$$a_{t\text{ ONU }7} = 19,176\text{dB}$$

$$Pt\text{ ONU }07 = -1,68\text{dBm} - 19,176\text{dBm}$$

$$Pt\text{ ONU }07 = -20,856\text{dBm}$$

- ONU 08

Del ED a la ONU 08 existe una distancia con reservas de 382 metros, 6 empalmes y 2 splitter ópticos cuyas pérdidas es aproximadamente -9dB cada uno, más pérdidas por conectores de 0.3dB.

$$a_{t \text{ ONU } 08} = 0,382\text{Km} * \frac{0,4\text{dB}}{\text{km}} + 6 * 0,1\text{dB} + 18\text{dB} + 0,3\text{dB}$$

$$a_{t \text{ ONU } 8} = 19,0528\text{dBm}$$

$$Pt \text{ ONU } 08 = -1,68\text{dBm} - 19,0528\text{dBm}$$

$$Pt \text{ ONU } 08 = -20.7328\text{dBm}$$

- ONU 09

Del ED a la ONU 09 existe una distancia con reservas de 678 metros, 8 empalmes y 2 splitter ópticos cuyas pérdidas es aproximadamente -9dB cada uno, más pérdidas por conectores de 0.3dB.

$$a_{t \text{ ONU } 9} = 0,678\text{Km} * \frac{0,4\text{dB}}{\text{km}} + 8 * 0,1\text{dB} + 18\text{dB} + 0,3\text{dB}$$

$$a_{t \text{ ONU } 9} = 19,3712\text{dBm}$$

$$Pt \text{ ONU } 09 = -1,68\text{dBm} - 19,3712\text{dBm}$$

$$Pt \text{ ONU } 09 = -21.0512\text{dBm}$$

- ONU 10

Del ED a la ONU 10 existe una distancia con reservas de 648 metros, 7 empalmes y 2 splitter ópticos cuyas pérdidas es aproximadamente -9dB cada uno, más pérdidas por conectores de 0.3dB.

$$a_{t \text{ ONU } 10} = 0,648\text{Km} * \frac{0,4\text{dB}}{\text{km}} + 7 * 0,1\text{dB} + 18\text{dB} + 0,3\text{dB}$$

$$a_{t \text{ ONU } 10} = 19,2592\text{dBm}$$

$$Pt \text{ ONU } 10 = -1,68\text{dBm} - 19,2592\text{dBm}$$

$$Pt \text{ ONU } 10 = -20.9392\text{dBm}$$

- ONU 11

Del ED a la ONU 11 existe una distancia con reservas de 673 metros, 8 empalmes y 2 splitter ópticos cuyas pérdidas es aproximadamente -9dB cada uno, más pérdidas por conectores de 0.3dB.

$$a_{t \text{ ONU } 11} = 0,673\text{Km} * \frac{0,4\text{dB}}{\text{km}} + 8 * 0,1\text{dB} + 18\text{dB} + 0,3\text{dB}$$

$$a_{t \text{ ONU } 11} = 19,3692\text{dBm}$$

$$Pt ONU 11 = -1,68dBm - 19,3692dBm$$

$$Pt ONU 11 = -21.0492dBm$$

- ONU 12

Del ED a la ONU 12 existe una distancia con reservas de 641 metros, 7 empalmes y 2 splitter ópticos cuyas pérdidas es aproximadamente -9dB cada uno, más pérdidas por conectores de 0.3dB.

$$a_{t ONU 12} = 0,641Km * \frac{0,4dB}{km} + 7 * 0,1dB + 18dB + 0,3dB$$

$$a_{t ONU 12} = 19,2564dBm$$

$$Pt ONU 12 = -1,68dBm - 19,2564dBm$$

$$Pt ONU 12 = -20.9364dBm$$

- ONU 13

Del ED a la ONU 13 existe una distancia con reservas de 585 metros, 6 empalmes y 2 splitter ópticos cuyas pérdidas es aproximadamente -9dB cada uno, más pérdidas por conectores de 0.3dB.

$$a_{t ONU 13} = 0,585Km * \frac{0,4dB}{km} + 6 * 0,1dB + 18dB + 0,3dB$$

$$a_{t ONU 13} = 19,134dB$$

$$Pt ONU 13 = -1,68dBm - 19,134dBm$$

$$Pt ONU 13 = -20.814dBm$$

- ONU 14

Del ED a la ONU 14 existe una distancia con reservas de 497 metros, 5 empalmes y 2 splitter ópticos cuyas pérdidas es aproximadamente -9dB cada uno, más pérdidas por conectores de 0.3dB.

$$a_{t ONU 14} = 0,497Km * \frac{0,4dB}{km} + 5 * 0,1dB + 18dB + 0,3dB$$

$$a_{t ONU 14} = 18,9988dBm$$

$$Pt ONU 14 = -1,68dBm - 18,9988dBm$$

$$Pt ONU 14 = -20.6788dBm$$

- ONU 15

Del ED a la ONU 15 existe una distancia con reservas de 195 metros, 5 empalmes y 2 splitter ópticos cuyas pérdidas es aproximadamente -9dB cada uno, más pérdidas por conectores de 0.3dB.

$$a_{t\ ONU\ 15} = 0,195Km * \frac{0,4dB}{km} + 5 * 0,1dB + 18dB + 0,3dB$$

$$a_{t\ ONU\ 15} = 18,878dBm$$

$$Pt\ ONU\ 15 = -1,68dBm - 18,878dBm$$

$$Pt\ ONU\ 15 = -20.558dB$$

- ONU 16

Del ED a la ONU 16 existe una distancia con reservas de 305 metros, 5 empalmes y 2 splitter ópticos cuyas pérdidas es aproximadamente -9dB cada uno, más pérdidas por conectores de 0.3dB.

$$a_{t\ ONU\ 16} = 0,305Km * \frac{0,4dB}{km} + 5 * 0,1dB + 18dB + 0,3dB$$

$$a_{t\ ONU\ 16} = 18,992dBm$$

$$Pt\ ONU\ 16 = -1,68dBm - 18,992dBm$$

$$Pt\ ONU\ 16 = -20.602dBm$$

Tabla 2. Potencias calculadas en las ONU

ONU (#)	Atenuación Total (dBm)	Potencia de Recepción (dBm)
01	19.4364	-20.1164
02	19.3204	-21.0004
03	19.3228	-21.0028
04	19.3648	-21.0448
05	19.1768	-20.8568
06	19.138	-20.818
07	19.176	-20.856
08	19.0528	-20.7328
09	19.3712	-21.0512
10	19.2592	-20.9392
11	19.3692	-21.0492
12	19.2564	-20.9364
13	19.134	-20.814
14	18.9988	-20.6788
15	18.878	-20.558
16	18.992	-20.602

Fuente: Autor

En la tabla 2 se pueden observar el registro de los datos calculados de la potencia de recepción y atenuación total en cada una de las ONU, más adelante en este documento se realiza un análisis de los datos medidos con los datos calculados.

6. DESARROLLO DEL PROYECTO

La implementación consiste en hacer uso del registro o cartera durante la fase de diseño de la red, esto consiste en iniciar labores de instalación con los elementos que forman parte de la red. Para un mejor entendimiento de este proceso, a continuación se explicara en detalle la construcción del proyecto.

6.1 VERIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES DEL ÁREA DE TRABAJO

El primer paso consiste en examinar que las condiciones atmosféricas sean idóneas así como también el estado de la portería y cualquier amenaza que se presente en el entorno, por ejemplo; material del poste, red eléctrica segura, base del poste sin desgastes, entre otros del mismo tipo.

La figura a continuación muestra el estado en el cual se puede encontrar un poste, para este caso se debe tener mucha precaución al momento de ascender en ella.

Figura 40. Poste en mal estado



Fuente: Autor

Figura 41. Poste en buen estado con demarcación del área de trabajo.



Fuente: Autor

6.2 REVISIÓN DE LOS ELEMENTOS DE TRABAJO EN ALTURA Y EPP¹⁰

Consiste en comprobar que el técnico use correctamente los elementos de protección personal, así mismo, los elementos de trabajo en altura, esto lo podemos observar a continuación.

Figura 42. Revisión de los Elementos de Protección Personal – EPP



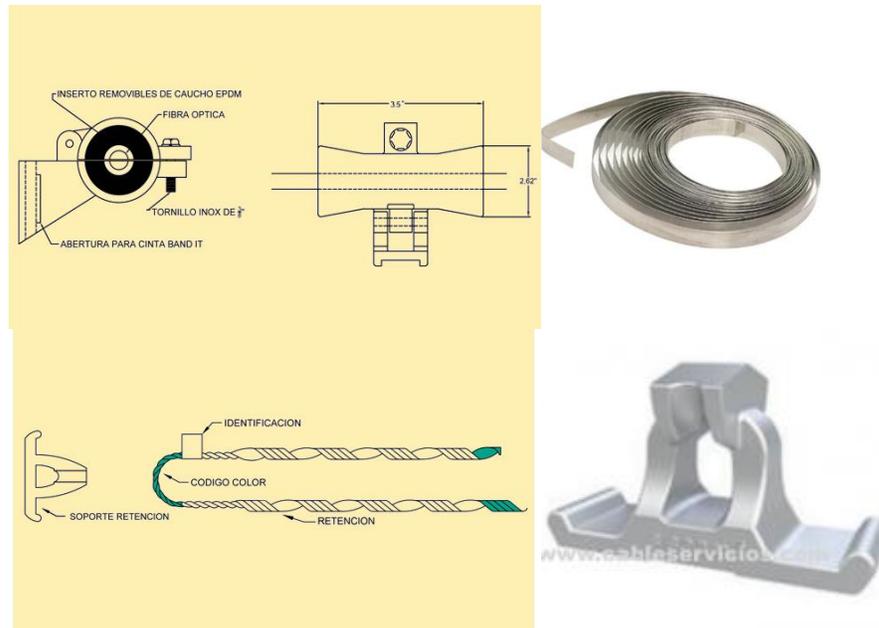
Fuente: Autor

¹⁰ Elementos de Protección Personal

6.3 REVESTIMIENTO DEL POSTE

Se procede a revestir los postes con la cinta *Band – It* asegurando Trombo platinas, retenciones helicoidales o suspensiones conforme sea necesario. A continuación se muestra los elementos mencionados.

Figura 43. Herrajería para Revestimiento de poste



Fuente: Autor

6.4 TENDIDO DE FIBRA ÓPTICA

Teniendo en cuenta que los postes pasaron por un trabajo de revestimiento, se procede a anclar la fibra óptica. Se aclara que la fibra óptica a usar es de tipo Monomodo, que trabaja en la tercera ventana.

Figura 44. Fibra óptica y Anclaje en el poste.



Fuente: Autor

6.5 EMPALME DE LA FIBRA ÓPTICA

Consiste en realizar fusiones por medio de la empalmadora de marca Fujikura 50S para conectar el tendido de fibra que proviene del empalme anterior.

Figura 45. Trabajos de Empalmería y Verificación de Potencia.



Fuente: Autor

6.6 APROVISIONAMIENTO E INSTALACIÓN DE ONU (ÓPTICAL NETWORK UNIT)

Consiste en configurar las unidades de red óptica (ONU) con el fin de que estas puedan acceder a la red de servicio. Cabe resaltar que estas unidades se encuentran ubicadas dentro de las cajas de protección NEMA.

Figura 46. Caja de Protección NEMA



Fuente: Autor

Figura 47. Unidad de Red Óptica (ONU)



Fuente: Autor

Se aclara que en la construcción de la red se instalan 1494 metros de fibra óptica de referencia Span 120, 158 metros de cinta *Band – It*, 158 hebillas, 80 Trombo Platinas con herraje helicoidal y 16 cajas de protección NEMA con su dispositivo de polo a tierra, además, de encontrar dentro de cada una de estas a la unidad de red óptica (ONU). Una vez terminada la construcción de la red se procede a marcar los diferentes tramos con etiquetas que identifican el número del tramo al que pertenecen, esta actividad no se realizó conforme se construyó la red, debido

a contratiempos en el despacho de materiales en la bodega de Azteca Comunicaciones, generando una semana de retraso en la culminación del despliegue de la red.

6.7 RELACIÓN DE LAS POTENCIAS DE RECEPCIÓN CALCULADAS CON LAS MEDIDAS EN LAS ONU.

La relación de las potencias de recepción calculadas en el apartado de diseño junto con las mediciones reales realizadas en las ONU, consiste en comparar datos teóricos con datos prácticos mediante el uso de la tabla 2 y los registros fotográficos que se muestran a continuación:

Figura 48. Potencia ONU 01



Fuente: Autor

Figura 49. Potencia ONU 02



Fuente: Autor

Figura 50. Potencia ONU 03



Fuente: Autor

Figura 51. Potencia ONU 04



Fuente: Autor

Figura 52. Potencia ONU 05



Fuente: Autor

Figura 53. Potencia ONU 06



Fuente: Autor

Figura 54. Potencia ONU 07



Fuente: Autor

Figura 55. Potencia ONU 08



Fuente: Autor

Figura 56. Potencia ONU 09



Fuente: Autor

Figura 57. Potencia ONU 10



Fuente: Autor

Figura 58. Potencia ONU 11



Fuente: Autor

Figura 59. Potencia ONU 12



Fuente: Autor

Figura 60. Potencia ONU 13



Fuente: Autor

Figura 61. Potencia ONU 14



Fuente: Autor

Figura 62. Potencia ONU 15



Fuente: Autor

Figura 63. Potencia ONU 16



Fuente: Autor

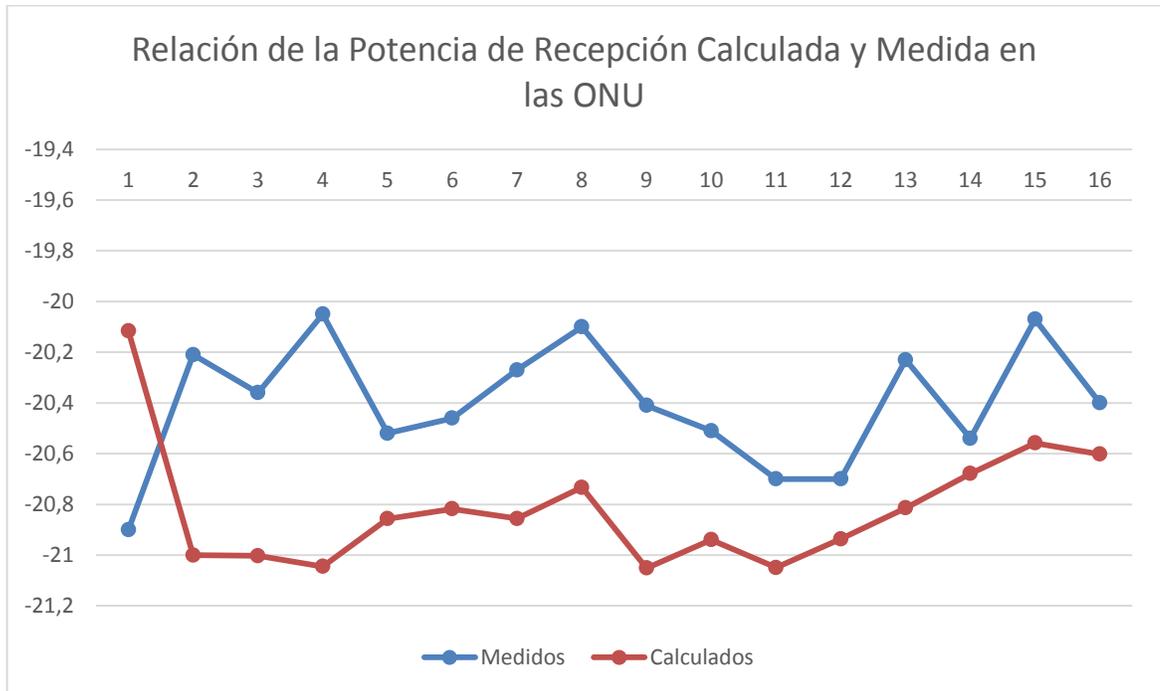
Tabla 3. Relación de la Potencia de recepción calculada y medida en las ONU

ONU (#)	Potencia Rx Medida (dBm)	Potencia Rx Calculada (dBm)
01	-20.9	-20.1164
02	-20.21	-21.0004
03	-20.36	-21.0028
04	-20.05	-21.0448
05	-20.52	-20.8568
06	-20.46	-20.818
07	-20.27	-20.856
08	-20.10	-20.7328
09	-20.41	-21.0512
10	-20.51	-20.9392
11	-20.70	-21.0492
12	-20.70	-20.9364
13	-20.23	-20.814
14	-20.54	-20.6788
15	-20.07	-20.558
16	-20.40	-20.602

Fuente: Autor

En la figura 64, se detalla la comparación entre los datos de las potencias de recepción de las ONU medidas y calculadas, en primera instancia, las medidas de ambas variables están dentro del rango de funcionalidad ideal, ya que para que lo anterior sea cierto, estos deben estar entre los -19 dBm y los -27 dBm.

Figura 64. Gráfico de Comparación



Fuente: Autor

De la figura 64 también se puede analizar, la atribución del error humano que se da en la mayoría de las mediciones, estos se dan a que por ejemplo; el Pigtail es un elemento sensible a estrés causado por curvaturas cuando el personal realiza la adquisición de las medidas, cabe resaltar, que esta afirmación se da en la ONU inicial.

6.8 TABLA DE MATERIALES Y COSTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN

El análisis de costo consiste de un proceso de identificación de los recursos necesarios para llevar a cabo la labor o proyecto de implementación. El análisis de costo determina la calidad y cantidad de recursos necesarios. Entre otros factores, analiza el costo del proyecto en términos de dinero. Con frecuencia, los voluntarios suponen que cuentan con los recursos necesarios y que el costo es tan bajo que no es necesario realizar el análisis. Sin embargo puede ocurrir que, una vez que el proyecto esté marchando los voluntarios se den cuenta de que los utensilios, el equipo, los materiales y la mano de obra especializada que se requiere para completarlo no están disponibles¹¹.

Tabla 4. Materiales y Costos

Descripción			Unidad de Medida	Cantidad	COSTO
FIBRA OPTICA	SPAN 24	120	MTS	1494,0	56.772.000
ODF			UND	1	1.200.000
CAJAS DE EMPALME			UND	1	200.000
SPLITTER DE 1ER NIVEL			UND	1	116.000
SPLITTER DE 2DO NIVEL			UND	2	232.000
ONT			UND	2	270.000
ONU			UND	16	9.600.000
CAJAS NEMA			UND	16	4.000.000
HERRAJES DE RETENSIÓN Y HERRAJE TROMPO PLATINA			UND	80	9.600.000
CONJUNTO PARA TIERRA			UND	16	960.000
CINTA BAND IT 1/2			MTS	158	600.000
HEBILLAS PARA CINTA BAND IT 1/2			UND	158	50.000
MARQUILLAS CABLE			UND	40	98.000
ALQUILER EMPALMADORA FUJICURA 70S			UND	1	1.800.000
EQUIPOS, DOTACION Y ELEMENTOS PARA TRABAJO					4.500.000
POWER METER			UND	2	1.040.000
GPS GARMIN ETREX10			UND	1	300.000
OTDR JDSU			UND	1	12.520.000
PONCHADORAS			UND	2	100.000
VIATICOS PARA EQUIPO DE TRABAJO			UND	30	6.450.000
EQUIPOS, DOTACION Y ELEMENTOS PARA TRABAJO			UND	6	7.700.000
PARAFISCALES			UND	6	3.280.255
				TOTAL	121.388.255

Fuente: Autor y Brame Colombia

¹¹ Disponible en: http://www.fastonline.org/CD3WD_40/HLTHES/PC/R044BS/ES/R044BS09.HTM

6.9 FORMATOS Y DOCUMENTACIÓN POSTERIOR A LA IMPLEMENTACIÓN

Figura 65. Formato de Comisionamiento de las ONU

FORMATO	
RECIBO A SATISFACCIÓN DE INSTALACIÓN DE EQUIPOS GPON	
Proceso: Implementación del Servicio	Código: ACT-O2.2.8-CXDF08 Versión: 3 Fecha: 31-Jul-2014 Página 1 de 2
Equipo: ONU	
Nemonico de la ONU: 25407 - 2 5 3 1 7 - 0 1 - 0 1 - 0 1	Fecha del Comisionamiento: 2015 7 18
1. INFORMACIÓN GENERAL	
1.1. Lugar de instalación del equipo:	
Departamento de instalación: CUNDINAMARCA	Municipio o Ciudad: LENGUAZQUE
Código DANE: 25407	Localidad o barrio: REMANSOS
Dirección de Instalación: CLL 2 SUR # 5-13	Costado de la Via: Derecho
Rango de direcciones catastrales que puede atender la ONU: DE LA CLL 2 A LA CLL 3	
Coordenadas del lugar de instalación:	
Latitud (grados): 5	Latitud (minutos): 18
Longitud (grados): 73	Longitud (minutos): 42
Latitud (segundos): 2,63	Longitud (segundos): 8,08
Dirección: Norte	Dirección: Oeste
1.2. Datos del Instalador del equipo:	
Fecha de la Instalación: Año 2015 Mes 7 Día 18	Contratista: BRAME
Nombre del instalador: YEFRY PADILLA	
Hay un Splitter instalado junto a la ONU?: No	
De qué nivel es el Splitter?: No Aplica	
Splitter de segundo nivel del que depende: 1	
Puerto del Splitter de segundo nivel del que depende: 1	
Hilo de fibra que ingresa: 1	
2. INFORMACIÓN DEL TECNICO QUE COMISIONA	
Nombre del técnico: JOHANNA LOAIZA	Empresa contratista: BRAME
Telefono de contacto: 3163200679	
3. INFORMACIÓN DEL EQUIPO	
Serial de la ONU: 485754433A5A6B2C	Activo Fijo de la ONU: GS1256583
Referencia del equipo: ONU	Marquilla de la caja: 1-01
4. TRABAJOS REALIZADOS	
4.1. Mediciones Realizadas	
Potencia medida en el conector (dBm): -20,44	*Rango -15 dBm hasta -27 dBm
El equipo enciende al conectarlo mediante el PoE?: Si	
El equipo fue reconocido por el gestor?: Si	
4.2. Pruebas de Ping y Acceso a URLs: *	
El ping a una dirección nacional fue exitoso?: Si	
El ping a una dirección internacional fue exitoso?: Si	
El resultado de la prueba de acceso a una URL nacional?: Si	
El resultado de la prueba de acceso a una URL internacional?: Si	
Resultados de las pruebas de Speed-Test:	
Velocidad de Subida (Mbps): 6,45 Mbps	
Velocidad de Bajada (Mbps): 14,4 Mbps	
* Nota: Los resultados de estas pruebas deben estar completamente soportados por un registro fotográfico	
El resultado de la instalación fue: Exitoso	
Indique la razón:	
INFORMACIÓN TÉCNICO	
FIRMA DEL TÉCNICO	YEFRY PADILLA
	BRAME
La firma de este documento representa el recibo a satisfacción de las labores realizadas y la correcta instalación del equipo.	

Fuente: Azteca Comunicaciones

CONCLUSIONES

En el diseño, planeación y ejecución de la red GPON de municipio de Lenguazaque, se hizo uso de las capacidades técnicas e ingenieriles obtenidas durante la formación académica, permitiendo al término del proyecto los resultados esperados y en consecuencia el cumplimiento con lo propuesto. La culminación de este proyecto se realizó bajo un estricto despliegue tecnológico en la cual se satisface la necesidad del cliente, ésta consistió en la manera de transmitir eficientemente una conexión de banda ancha en fibra óptica hasta el usuario final y así cumplir a cabalidad con las exigencias del mercado actual en el que cada día se necesitan redes eficientes y, así mismo, capaces de transportar grandes cantidades de datos multimedia generados por el auge de las redes sociales y el flujo de datos en pequeñas, medianas y grandes empresas.

La red de Fibra Óptica construida permite desarrollar un pensamiento futurista ya que está diseñada para realizar la expansión que obedezca a un crecimiento poblacional que requiera conexión a internet utilizando la red implementada, siendo capaz de extender su cobertura sin afectar la calidad y eficiencia en la conexión de banda ancha.

Toda implementación de redes por medios guiados en fibra óptica, requieren de inversiones que conllevan a costos elevados tanto en materiales y mano de obra calificada como en los dispositivos y herramientas, se necesitan equipos que garanticen calidad y eficiencia en el servicio, los elementos que forman parte de la red provienen de fabricantes con altos estándares de calidad, por ejemplo, los equipos OTDR son capaces de detectar fallas, medir potencias y calcular pérdidas en cualquier tramo de la red de fibra óptica, también son muy importantes los medidores de potencia y las pinzas medidoras de tráfico, cierres ópticos con buena capacidad de protección, cable de FO resistente a condiciones extremas tanto intrínsecas como extrínsecas, sistemas de protección ininterrumpida de potencia eléctrica, equipos activos robustos y eficientes; debido a lo anterior, se limita un poco el crecimiento de redes a nivel nacional justificándose en los elevados costos que conlleva implementar los despliegues de fibra óptica.

Gracias a los conocimientos adquiridos en la formación académica de la universidad, fue posible realizar la implementación de este proyecto con la empresa *Brame Colombia*, donde se permitió realizar la instalación y el mantenimiento de redes de fibra óptica, a su vez, la instalación y mantenimiento

de radioenlaces aplicando normativas para instalaciones eléctricas y telemáticas en viviendas y edificios, así como la aplicación de la reglamentación colombiana para la ejecución de proyectos futuristas como lo es la interconexión de redes de nueva generación aplicando optimización y calidad en el servicio.

Refiriéndose a las pérdidas de potencia calculadas teóricamente y las reales, se puede concluir que tienen un nivel de error muy bajo ya que cada uno de los conectores, cables de FO y Fusiones realizadas por arco eléctrico, cumplen estrictamente con la ficha técnica del fabricante y la mano de obra calificada, permitiendo garantizar eficiencia y calidad en el servicio.

La topología de red implementada en la red de fibra óptica hasta el hogar es una topología en estrella, la cual permite el despliegue de la red desde un puerto de la OLT, luego de este la instalación de un *Splitter* 1:8 denominado al Nivel 1 con pérdidas de -9 a -10 dBm, en donde cada puerto del *Splitter* permite implementar un segundo *Splitter* 1:8 para que así llegue una potencia optima y que se ajuste a la sensibilidad del receptor que en este caso es una ONU que funciona en el rango de -16 y -27 dBm tipo de laser clase 1.

Este proyecto se realizó bajo un cronograma de trabajo el cual se cumplió en su totalidad en el tiempo acordado, además de ello se manejó todo un sistema de gestión de calidad salud en el trabajo y el medio ambiente otorgado por la empresa BRAME, aplicando todas las normas de seguridad y manejo de residuos. El impacto ambiental no se refleja en la implementación de este proyecto ya que se trabajó sobre posterias existentes y pertenecientes a las electrificadoras de la región, permitiendo realizar los despliegues de obra cada día gracias a la apertura y cierre de obra en terreno.

RECOMENDACIONES

Se sugiere que previo al inicio de las labores de mantenimiento que pueden surgir en la red de fibra óptica , se prevenga y se asegure al personal acorde a las siguientes recomendaciones que se observaron durante el proyecto de construcción:

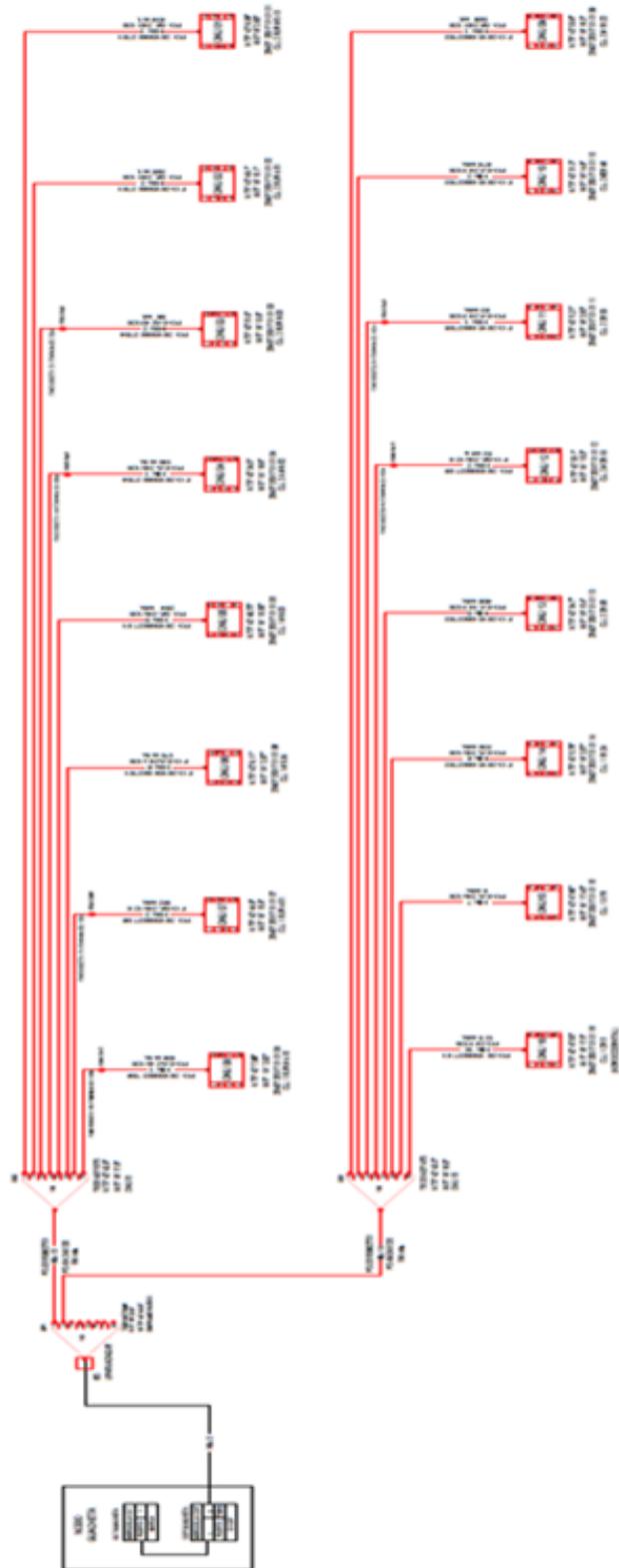
1. La ruta de Fibra Óptica se encuentra paralela a la carretera, se debe utilizar señalización adecuada para poder realizar intervenciones seguras.
2. Tener presente que la ruta de Fibra Óptica hace paso por diferentes puntos de riesgo tal como se muestra en el panorama de riesgo en el cual la observación más recurrente es el paso por arboles de gran altura y a medida que crezcan pueden generar algún inconveniente en la red.
3. Se recomienda exigir que al momento de emplear a las empresas contratistas que ayuden con el desarrollo de construcción o mantenimiento de las redes, corroborar que cuenten con equipos cuya sensibilidad del receptor sea la apta para realizar la mediciones de los diferentes niveles de potencia que se puedan presentar en la red, ya que se han visto casos en los que los contratistas no cuentan con los equipos necesarios para el desarrollo de una actividad, retrasando las labores ocasionando pérdidas de tiempo y económicas.
4. Tener claro los conceptos correspondientes al área de HSEQ, para que durante el desarrollo de las actividades que se realicen en campo no ocurran accidentes que puedan poner en riesgo la salud o la vida de las personas involucradas.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] A Boquera, M.C.E., Comunicaciones ópticas: conceptos esenciales y resolución de ejercicios, 2005. Díaz de Santos.
- [2] Ministerio de Protección Social, Resolución Numero 003673 Por la cual se establece el reglamento técnico de trabajo seguro en alturas, 2008.
- [3] Ministerio de Trabajo, Resolución Numero 00001903 Por el cual se modifica el numeral 5 del artículo 10 y el párrafo 4 del artículo 11 resolución 1409 del 2012, 2013.
- [4] Ministerio de Trabajo, Resolución Numero 1409 Por la cual se establece reglamento de seguridad para protección contra caídas en trabajo en altura, 2012.
- [5] Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Resolución Numero 02578 Por la cual se establece lineamientos para el cumplimiento de la resolución 1409 del 23 de julio del 2012 expedida por el ministerio del trabajo sobre el trabajo en alturas y se dictan disposiciones, 2012.
- [6] Carmen Vázquez García, (2013). Dispositivos y Medios de Transmisión Ópticos. Universidad CARLOS III de Madrid.
<http://www.ocw.uc3m.es/tecnologia-electronica/dispositivos-y-medios-de-transmision-opticos/material-de-clase-1/modulo-2-propagacion-en-fibras-opticas>
- [7] Ramón Millan, (2007). GPON (*Gigabit Passive Optical Network*).
<http://www.ramonmillan.com/tutoriales/gpon.php>
- [8] EAFIT, (2013). Aspectos importantes de la nómina, el salario y los parafiscales.
<http://www.eafit.edu.co/escuelas/administracion/departamentos/departamento-contaduria-publica/planta-docente/Documents/Nota%20de%20clase%2072%20aspectos%20sobre%20salario,%20nomina%20y%20parafiscales.pdf>

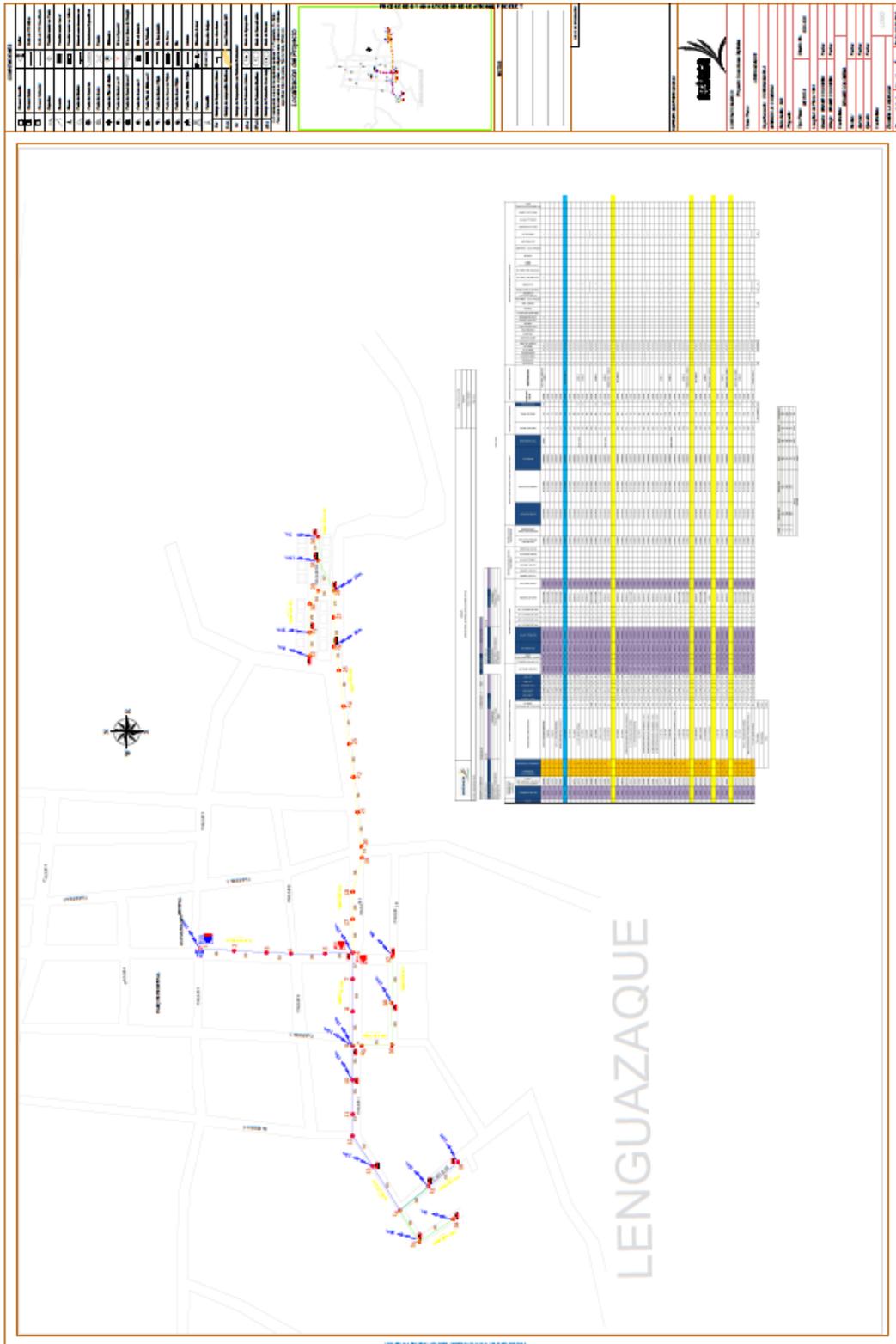
Anexo A

Plano Unifilar



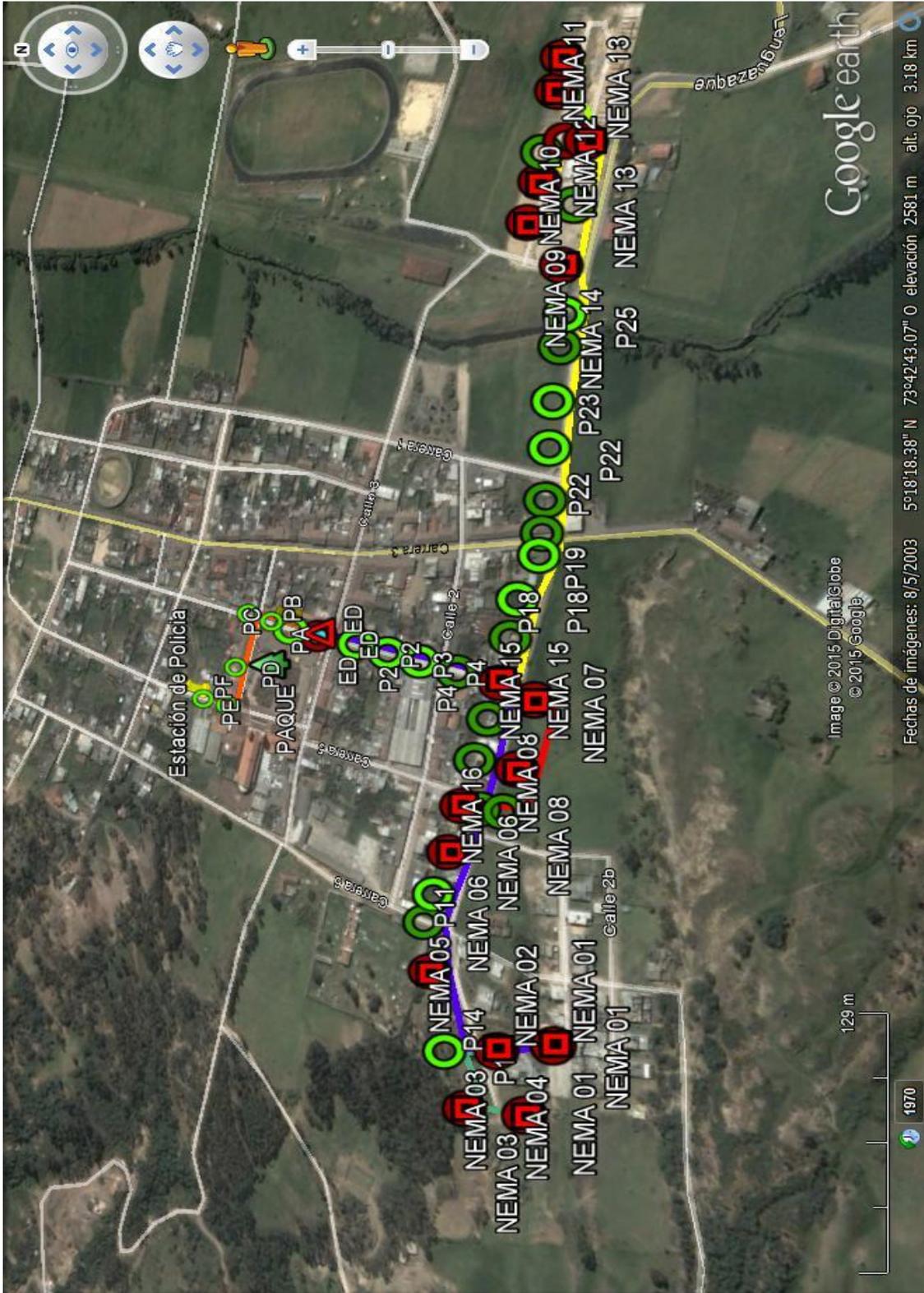
Anexo B

Plano As-Built



Anexo C

Plano KMZ



Anexo D

Anexo E

Manual Caja NEMA – Silver Techcompany
(Por favor ver archivo adjunto)

Anexo F

Manual de productos Huawei
(Por favor ver archivo adjunto)