



FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES

PROYECTO FINAL DE GRADO

Diseño de red de Fibra Óptica en la Quebrada del Toro para abastecimiento de internet a las distintas comunidades e instalación de postes WIFI con servicio abierto de internet a la vera de la RN 51.

Autor: Matias Sant

Tutor: Ing. Rodolfo Echenique

Facultad de Ingeniería

Diseño de red de Fibra Óptica en la Quebrada del Toro para abastecimiento de internet a las distintas comunidades e instalación de postes WIFI con servicio abierto de internet a la vera de la RN 51.



Director: **Ing. Rodolfo Echenique**

Firma:

Tribunal Evaluador:

.....

Firma:.....

.....

Firma:.....

.....

Firma:.....

Fecha de Exposición del Trabajo:

AGRADECIMIENTOS

Paso mucho tiempo desde el primer día que entré a la Universidad, siempre soñé con lograr mi meta de ser ingeniero y poder disfrutar de ese momento. Mucha gente me acompañó a lo largo de este camino, pero principalmente fueron mis padres Enrique y Marcela que espero estén orgullosos de mí. También agradecer a mi hermana, abuelos y al resto de mi bella familia.

Agradecer infinitamente por el apoyo brindado en estos años a mis grandes amigos, a mis compañeros de Palestra, de Handball, del Club Leo y del Trabajo que siempre estuvieron al pie del cañón.

Por último agradecer a mis futuros colegas, a mi director de Tesis y a los profesores de la Universidad con los que aprendí la importancia de mi carrera, personas que me enseñaron y con las que compartí gratas experiencias y conocimientos.

“Lloré, reí, sonreí, tuve ansiedad y miedo Pero cumplí el objetivo siendo feliz.”

-- Matias Sant

INDICE GENERAL

CAPITULO I - INTRODUCCION	15
1.1 Definición del Problema	16
1.1.1 Descripción del problema	16
1.1.2 Delimitación del problema	17
1.2 Hipótesis	17
1.3 Objetivos	17
1.3.1 Objetivo General	17
1.3.2 Objetivos Específicos	17
1.4 Justificación de la investigación	18
1.4.1 Social	18
1.4.2 Económico	19
1.5 Marco Metodológico	20
1.5.1 Método Experimental	20
1.5.2 Método Deductivo	20
1.6 Técnica e instrumentos	20
1.7 Descripción de la Propuesta	21
CAPITULO II - TEORIA DE LA FIBRA OPTICA	22
2.1 Historia de la Fibra Óptica	23
2.2 Definición	25
2.2.1 ¿Qué es una fibra óptica?	25
2.2.2 Áreas de aplicación	25
2.2.3 Ventajas y Desventajas del uso de la F.O.	26
2.2.3.1 Ventajas	27
2.2.3.2 Desventajas	27
2.3 Teorías físicas de la Luz y del Electromagnetismo	28
2.3.1 Características de la Luz	28
2.3.1.1 Luz Visible	28
2.3.1.2 Luz Invisible	28
2.3.2 Longitud de Onda y Frecuencia	29
2.3.3 Ondas Electromagnéticas	29
2.3.4 Ventanas Ópticas de Transmisión	30
2.3.5 Propagación Lumínica en la Fibra	31
2.3.6 Leyes de la Física Óptica	31
2.3.6.1 Ley de la Reflexión	31
2.3.6.2 Ley de Refracción de Snell	32
2.3.6.3 Angulo Limite	33
2.3.6.4 Apertura Numérica	34
2.4 Transmisión de señales lumínicas	35
2.4.1 Transmisión Óptico	36

2.4.1.1 Diodo LED	36
2.4.1.2 Diodo LASER	36
2.4.2 Receptor Óptico	38
2.4.3 Conversor Electro-Óptico	38
2.5 Parámetros Ópticos	39
2.5.1 Atenuación	39
2.5.1.1 Factores Intrínsecos de la Fibra Óptica	40
2.5.1.2 Factores Extrínsecos de la Fibra Óptica	41
2.5.2 Dispersión	42
2.5.2.1 Modal	42
2.5.2.2 Cromática	42
2.5.2.3 Modo de Polarización	43
2.5.3 Empalmes y Conectores	43
2.5.3.1 ¿Qué son los Conectores?	43
2.5.3.2 Tipos de Conectores	44
2.5.3.3 Perdidas de Conectores	45
2.5.3.4 ¿Qué son los Empalmes?	45
2.5.3.5 Tipos de Empalmes	45
2.5.3.6 Perdidas de Empalmes	46
2.6 Descripción de la Fibra Óptica	47
2.6.1 Fabricación	47
2.6.1.1 Tipos de procedimiento de fabricación por preforma	47
2.6.2 Estructura Básica de una F.O.	47
2.6.3 Tipos de Fibra Óptica	49
2.6.3.1 Fibra Multimodo	49
2.6.3.2 Fibra Monomodo	50
2.6.3.3 Tipos de Fibra Monomodo	50
2.6.3.4 Ventajas y Desventajas de la Fibra Monomodo	51
2.6.4 Configuración del armado de Cables	51
CAPITULO III - FUNCIONAMIENTO Y ARQUITECTURA DE POSTES WI FI	53
3.1 Redes de Telecomunicaciones	54
3.1.1 Internet	54
3.1.2 Protocolo TCP/IP	54
3.1.3 WiFi	55
3.1.3.1 Funcionamiento	55
3.1.3.2 Ventajas	55
3.1.3.3 Tipos de Wifi	56
3.2 Postes WiFi	56
3.2.1 ¿Qué son los postes WiFi?	56
3.2.2 Estructura	57
3.2.2.1 Diseño	57
3.2.2.2 Carcasa	58
3.2.2.3 Señalización y pintura	59

3.3 Equipos y componentes de los Postes WiFi	59
3.3.1 Componentes	60
3.3.1.1 Caja Estanco	60
3.3.1.2 Varios	60
3.3.2 Equipos	61
3.3.2.1 Balizas y Pararrayos	61
3.3.2.2 Access Point	61
3.3.2.3 Parlante electrónico	63
3.3.3 Energía	64
3.3.2.1 Paneles Solares	64
3.3.2.2 Controlador Solar	65
3.3.2.3 Inversor	65
3.3.2.2 Baterías	66
3.3.2.3 Calculo de Consumo	66
CAPITULO IV - DISEÑO E IMPLEMENTACION DE LA RED FISICA	69
4.1 Puntos de Conexión del Proyecto	70
4.1.1 Postes existentes 911	70
4.1.2 Quebrada del Toro	70
4.1.2.1 Información del Lugar	70
4.1.2.2 Encuesta de Justificación	71
4.1.3 Trayectos de la Quebrada del Toro	73
4.1.3.1 Ruta Nacional 51	73
4.1.3.2 Tren a las Nubes	73
4.1.4 Localidades Beneficiarias	74
4.1.5 Relevamiento de Puntos Estratégicos	75
4.2 Diseño de la Red	77
4.2.1 Introducción del Diseño	77
4.2.2 Obra Civil	79
4.2.2.1 Cavado y Zanjado	79
4.2.2.2 Ductos	80
4.2.2.3 Método de Tendido	81
4.2.2.4 Cámaras Premoldeadas	82
4.2.2.5 Demarcación con Hitos	84
4.2.2.6 Diseño de la Obra Civil	85
4.2.3 Fibra Óptica y sus Complementos	85
4.2.3.1 Elección del tipo de F.O.	85
4.2.3.2 Distribución de Hilos en el troncal de F.O.	86
4.2.3.3 Colores de los Hilos y Buffers	87
4.2.3.4 Caja de Empalme	89
4.2.3.5 Cable Drop	90
4.2.3.6 Roseta	91
4.2.3.7 PatchCord	91

CAPITULO V – ELECTRONICA Y FUNCIONAMIENTO DE LA RED LOGICA	93
5.1 Proveedor de Servicios de Datos	94
5.1.1 ¿Qué es ARSAT?	94
5.1.2 Elección de ARSAT	94
5.1.3 Redundancia	95
5.2 Base Operativa (NOC)	95
5.2.1 Edificios Públicos	95
5.2.2 Racks	96
5.2.3 UPS	96
5.2.4 Bandeja ODF	98
5.3 Hardware	99
5.3.1 WDM	99
5.3.1.1 Tipos de WDM	99
5.3.1.2 DWDM	99
5.3.1.3 Selección de equipo	100
5.3.2 Transceptor SFP	102
5.3.2.1 Tipos de SFP	102
5.3.2.2 Elección de SFP	102
5.3.3 Switch	103
5.3.4 Router	104
5.3.5 Access Point - AP	105
5.4 Distribución de servicios	105
5.4.1 Diseño de red en los NOC	105
5.4.2 Calculo de tasas de transmisión y velocidad	106
5.4.2.1 Velocidad de transmisión	106
5.4.2.2 Potencias de transmisión	106
CAPITULO VI - GESTION DE COSTOS Y TIEMPOS	109
6.1 Gestión de Costo	110
6.1.1 Generalidades	110
6.1.2 Materiales	110
6.1.3 Herramientas	112
6.1.4 Servicios	112
6.1.5 Presupuesto Final	113
6.2 Gestión de Tiempo	113
6.2.1 Fases y Listas de actividades	113
6.2.2 EDT	115
6.2.3 Diagrama de GANTT	116
6.2.4 Camino Critico	117
CAPITULO VII - STAKEHOLDERS Y GESTION DE RIESGO	118
7.1 Gestión de Interesados	119
7.1.1 Identificación de Stakeholders	119
7.1.2 Matriz de Compromiso	120
7.1.3 Matriz de Poder-Interés	120

7.2 Gestión de Riesgos	121
7.2.1 Descripción de Riesgos	121
7.2.2 Probabilidad e Impacto	121
7.2.3 Plan de Contingencia	122
CAPITULO VIII – GESTION DE CALIDAD Y MARCO LEGAL	123
8.1 Método de Financiación del Proyecto	124
8.1.1 ENACOM	124
8.1.2 Fondo Fiduciario Servicio Universal	124
8.2 Permisos, Contratos y Convenios	124
8.3 Verificaciones	126
8.3.1 Certificaciones ISO 9001	126
8.3.2 Auditoria	126
8.3.3 Mediciones reflectométricas con OTDR	126
8.3.4 Velocidad de Internet	127
8.4 Mantenimiento	128
CONCLUSIÓN	129
GLOSARIO	131
BIBLIOGRAFÍA	134

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Turistas anuales en los principales destinos de Salta	16
Tabla 2.1 Bandas de radiación en función a la longitud de onda	27
Tabla 2.2 Bandas de radiación en función a la frecuencia	27
Tabla 2.3 Ventanas Ópticas	27
Tabla 2.4 Colores de los revestimientos	46
Tabla 2.5 Tipos de fibra monomodo	47
Tabla 2.6 Características mecánicas de la Fibra Óptica	49
Tabla 3.1 Capas de protocolo TCP/IP	51
Tabla 3.2 Estándares 802.11 del WiFi	53
Tabla 4.1 Habitantes en las poblaciones de la Quebrada del Toro	71
Tabla 4.2 Coordenadas de los postes WiFi en puntos estratégicos	73
Tabla 4.3 Sectorización de trayectos y distancia entre postes WiFi	75
Tabla 4.4 Características del tritubo	77
Tabla 4.5 Cámaras premoldeadas por trayectos	80
Tabla 4.6 Distribución de hilos por sector	84
Tabla 4.7 Distribución de servicios por hilos sector D	85
Tabla 4.8 Distribución de servicios por hilos sector C	85
Tabla 4.9 Distribución de servicios por hilos sector B	86
Tabla 4.10 Distribución de servicios por hilos sector A	86
Tabla 5.1 Hilo de distribución de DWDM	97
Tabla 5.2 Tipos de SFP	99
Tabla 5.3 Selección de SFP por sector	99
Tabla 5.4 Velocidades y usuario en el Access point	102
Tabla 5.5 Sensibilidad de recepción en cada poste WiFi	105
Tabla 6.1 Costos y cantidades de materiales	108
Tabla 6.2 Costos y cantidades de herramientas	109
Tabla 6.3 Costos de los distintos servicios	110

Tabla 6.4 Presupuesto final	110
Tabla 6.5 Fases del proyecto	111
Tabla 6.6 Lista de actividades	112
Tabla 7.1 Matriz de compromiso	117
Tabla 7.2 Matriz poder-interés	117
Tabla 7.3 Probabilidad de impacto	118
Tabla 7.4 Probabilidades de los riesgos del proyecto	119

INDICE DE IMÁGENES

Figura 1.1 Cantidad de fallecidos por accidentes vehiculares por provincia en 2020	15
Figura 2.1 Townes y su invento de amplificación de ondas	20
Figura 2.2 Kao fabricando las primeras fibras de vidrio	21
Figura 2.3 Fibra Optica y servicios	22
Figura 2.4 Fibra Submarina Mundial	23
Figura 2.5 Espectro de Luz	25
Figura 2.6 Longitud de onda	26
Figura 2.7 Ley de la Reflexión	29
Figura 2.8 Refracción de un rayo lumínico	29
Figura 2.9 Ley de Snell	30
Figura 2.10 Trayecto del rayo de luz en una fibra óptica	31
Figura 2.11 Cono de aceptación	32
Figura 2.12 Conversión señal eléctrica a óptica	32
Figura 2.13 Diodo LED de borde	33
Figura 2.14 Espectro óptico de un láser MMUL	34
Figura 2.15 Espectro óptico de un láser MMOL	34
Figura 2.16 Curva característica LED y Laser	34
Figura 2.17 Sistema de transmisión óptico	35
Figura 2.18 Efectos de atenuación y difracción	36
Figura 2.19 Atenuación en función de la frecuencia moduladora	36
Figura 2.20 Atenuación en función de la longitud	37
Figura 2.21 Curvatura de la fibra óptica	38
Figura 2.22 Dispersión modal	39
Figura 2.23 Fibra con alta y baja dispersión cromática	40
Figura 2.24 Tipo de conectores	41
Figura 2.25 Fusionadora de fibra	43

Figura 2.26 Empalme mecánico	43
Figura 2.27 Interior de la fibra óptica	45
Figura 2.28 Trayecto de la luz a través del núcleo de la fibra	45
Figura 2.29 Fibra monomodo	47
Figura 2.30 Estructuras externas de las fibras	48
Figura 3.1 Dimensiones del poste WiFi	54
Figura 3.2 Base para la instalación del poste	55
Figura 3.3 Equipamiento y componentes del poste WiFi	56
Figura 3.4 Caja estanco	57
Figura 3.5 Baliza	58
Figura 3.6 Pararrayo	58
Figura 3.7 Access point Aruba 370	59
Figura 3.8 Especificaciones técnicas Aruba 370	60
Figura 3.9 Parlante SPKE 301	60
Figura 3.10 Paneles Solares	61
Figura 3.11 Controlador solar	62
Figura 3.12 Inversor	62
Figura 3.13 Batería	63
Figura 3.14 Diseño final poste WiFi	65
Figura 4.1 Postes SOS del 911 en la provincia de Salta	67
Figura 4.2 Trayecto Ruta Nacional N° 51	70
Figura 4.3 Trayecto Tren a las Nubes	71
Figura 4.4 Ubicación de las localidades en los diferentes trayectos	71
Figura 4.5 Ubicación de los postes WiFi estratégicos en los diferentes trayectos	73
Figura 4.6 Sectorización del proyecto	75
Figura 4.7 Tritubo	77
Figura 4.8 Tendido mediante “Blowing”	78
Figura 4.9 Embolo	79

Figura 4.10 Obturador	79
Figura 4.11 Cámara premoldeada	81
Figura 4.12 Hito de hormigón	81
Figura 4.13 Diseño ductos-postes	82
Figura 4.14 Distribución de hilos por sector	83
Figura 4.15 Código de colores de los buffers e hilos de las FO	84
Figura 4.16 Caja de empalme	87
Figura 4.17 Cable Drop	88
Figura 4.18 Roseta	88
Figura 4.19 PatchCord	89
Figura 5.1 Logotipo ARSAT	91
Figura 5.2 REFEFO en SAC	91
Figura 5.3 Rack 19 pulgadas	93
Figura 5.4 UPS Lyonn	94
Figura 5.5 Bandeja ODF GLC con sus acopladores	95
Figura 5.6 Funcionamiento del multiplexor y demultiplexor	96
Figura 5.7 Bandas de frecuencia de DWDM	97
Figura 5.8 Multiplexor DWDM	98
Figura 5.9 Especificaciones multiplexor DWDM	98
Figura 5.10 SFP	99
Figura 5.11 Switch Mikrotik CRS317	100
Figura 5.12 Router Mikrotik CRS112	101
Figura 5.13 Diseño de red en los NOC	103
Figura 6.1 Diagrama de la EDT	112
Figura 6.2 Diagrama de GANTT	113
Figura 6.3 Camino critico	114

RESUMEN

En el actual proyecto de grado se desarrolla la planificación y diseño de una red de fibra óptica, utilizando para su despliegue el recorrido de las vías del “Tren a las Nubes”, para suministrar servicio de internet a través de la instalación de postes WIFI en los poblados de la Quebrada del Toro y puntos estratégicos a la vera de la ruta 51.

El presente proyecto consta de ocho capítulos:

- En el capítulo I se definen las bases del proyecto, sus problemáticas, objetivos, justificación y alcance.
- En el capítulo II se recuerdan los fundamentos de redes de fibra óptica, esto es, la composición, tipos y características técnicas de la misma y de sus complementos afines. Además, se describe las teorías físicas y parámetros ópticos de la propagación por medio de la luz.
- En el capítulo III se explica la arquitectura, componentes internos y externos que presentan los postes wifi. La energización y señalización que deben tener y su funcionamiento general con el de todos sus complementos.
- En el capítulo IV se desarrolla el diseño de red, traza del despliegue de la fibra óptica, modelo de obra civil, herramientas y materiales que se utilizaran para su ejecución.
- En el capítulo V se explica el funcionamiento del sistema completo, la interconexión de la fibra con los postes wifi y los equipos de red necesarios para la distribución del servicio de internet.
- En el capítulo VI se detallan los costos necesarios para el desarrollo total del proyecto, viendo equipamientos por marcas y modelos. Además, se divide cada una de las actividades a realizar en una EDT y se detallan los tiempos de planificación y ejecución a través de un diagrama de Gantt.
- En el capítulo VII se mencionan los stakeholders que estarán involucrados en el proyecto, el concepto del Fondo Fiduciario del Servicio Universal y el análisis de riesgos en cada etapa de su ejecución.
- En el capítulo VIII se nombran los organismos de control y seguimiento que obraran en el proyecto, la normativa que hay que cumplir y la gestión de calidad en cuanto al mantenimiento y parámetros que hay que seguir para su correcto desarrollo.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Definición del Problema

1.1.1 Descripción del problema

Históricamente se sabe que todas las personas por naturaleza tienen la necesidad de comunicarse con otras, antes era más fácil ya que la mayoría de las veces se realizaba en forma personal. Con el paso del tiempo, las distancias y la globalización se necesitó innovar en los medios de comunicación y transporte de información para lograr que todas las personas estén intercomunicadas.

En la actualidad, las comunicaciones entre pueblos, ciudades y países avanzan a pasos agigantados. Cada día surgen nuevas tecnologías y canales de transporte de datos que logran transmisiones de altas velocidades a grandes distancias con un porcentaje excelente de eficiencia en la comunicación.

Estas condiciones de calidad de la comunicación están dadas en un 99% en localidades con más de 1.000 habitantes, cercanas a grandes urbanizaciones y principalmente con relieves de terrenos favorables para el despliegue y transmisión de los canales de comunicación como ser fibra óptica o por radiofrecuencias. ¿Pero qué pasa con las personas que no habitan en esos lugares?

Hoy en día estas transmisiones no solo sirven para lograr comunicaciones entre amigos o familiares, sino que son esenciales para el acceso a las noticias e información diaria relevante. Son primordiales para generar las mismas oportunidades de estudio y laborales en todas las personas, sea en cualquier lugar donde habiten. Pero uno de sus principales objetivos es el de solucionar, prevenir y acotar los tiempos de respuesta de los organismos pertinentes en caso de emergencias de salud o accidentes vehiculares.

Estas emergencia y accidentes no solo suceden dentro de las localidades, sino también en las rutas que las unen y hogares dispersos. Por tal motivo es necesario contar con equipos que brinden servicios de internet inalámbricos, abiertos y gratuitos tanto en los poblados como a los costados de las rutas que las interconectan. Equipos potentes que tengan un amplio ratio de cobertura y sean fáciles de acceder a los mismos.

Las rutas no solo son transitadas por sus habitantes, sino por transportistas o turistas que necesitan de este servicio para comunicar sobre su estado, trabajo o directamente para hacer recreación, turismo y fomentar los viajes a esas regiones.

Por lo tanto, el internet se está volviendo un bien de primera necesidad y más aún en zonas desfavorables en donde no llega ninguna otra empresa prestadora del servicio, para lograr darles las mismas oportunidades y DERECHOS a esos habitantes siempre con una calidad óptima.

1.1.2 Delimitación del problema

Este proyecto se define como una solución del acceso al servicio de internet en forma libre y gratuita de los poblados de la Quebrada del Toro que se encuentran entre las localidades de San Antonio de los Cobres y Campo Quijano. Además del acceso a los postes WIFI en áreas de descanso y puntos clave, a los conductores y turistas de la Ruta 51 entre los límites de las localidades ya mencionadas, como así también establece los parámetros necesarios, y a tener en cuenta para la implementación de este tipo de redes en cualquier localidad y/o región donde se desee brindar una solución a partir de medios ópticos.

1.2 Hipótesis

El acceso a internet de poblados y habitantes de zonas desfavorables que nunca tuvieron ese servicio los beneficiara en la obtención de una educación de calidad, más oportunidades laborales, intercomunicación con personas que habitan en otras regiones, acceso a noticias diarias relevantes y un fácil acceso a la comunicación con los servicios públicos (seguridad y salud) en caso de emergencias.

Además, la instalación de los postes wifi a la vera de la ruta en espacios recreativos y puntos críticos ocasionará un incremento en la seguridad vehicular que prevendrá accidentes automovilísticos y tiempos acotados de respuesta del organismo pertinente en caso de ocurrir. También atraerá a más turistas que recorrerán las rutas y poblados de la Quebrada del Toro por más tiempo, fomentando los paisajes y su difusión.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar una red basada en medios ópticos para brindar acceso a internet libre y gratuito a través de la tecnología WIFI como última milla ubicada en postes a la vera de la ruta y en las localidades de la Quebrada del Toro, de forma tal de dar conexión a internet a conductores, pasajeros, habitantes y usuarios en general en áreas de descanso o espacios públicos de cada una de las localidades.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Relevar los terrenos pertenecientes a las vías del “Tren a las Nubes” para el despliegue de la red de fibra óptica.
- Relevar las localidades, áreas de descanso y puntos críticos de la ruta 51 para la ubicación óptima de los postes WIFI.
- Determinar la ingeniería necesaria para llevar a cabo dicho proyecto.

- Establecer los equipos, costos, tiempos, riesgos y marco legal que conlleva el proyecto.
- Prevenir y disminuir el tiempo de respuesta para la atención de emergencias y accidentes de tránsito.
- Ofrecer al usuario un medio de comunicación ágil, eficiente y de calidad.

1.4 Justificación

1.4.1 Social

Actualmente en las localidades de la Quebrada del Toro viven personas dedicadas a la agricultura y pastoreo. Son habitantes de escasos recursos que no conocen sobre las nuevas tecnologías, ellos cuentan con celulares, pero nunca han tenido la posibilidad de acceder a internet.

Este proyecto está planteado para abrir fronteras y generar oportunidad laborales y educativas para todos estos habitantes, existe una necesidad de cambio social en la zona. Por tal motivo el acceso a internet es de carácter LIBRE y GRATUITO.

Servirá para las teleconsultas médicas y trámites administrativos en distintos organismos nacionales o provinciales (AFIP, registro civil, ANSES, acceso a planes sociales, etc.) sin necesidad de que el lugareño se deba trasladar a las localidades lejanas en los que se encuentran estos establecimientos.

Por último, la finalidad del mismo es la prevención y atención inmediata en ruta por problemas que el usuario podría tener durante su trayectoria, y para avisar de cualquier anomalía que se produjera en su eventual viaje. Este esencial elemento tiene como misión comunicar sobre accidentes, animales sueltos, inconvenientes mecánicos, avisos de ruta cortada, inclemencias climáticas, etc.

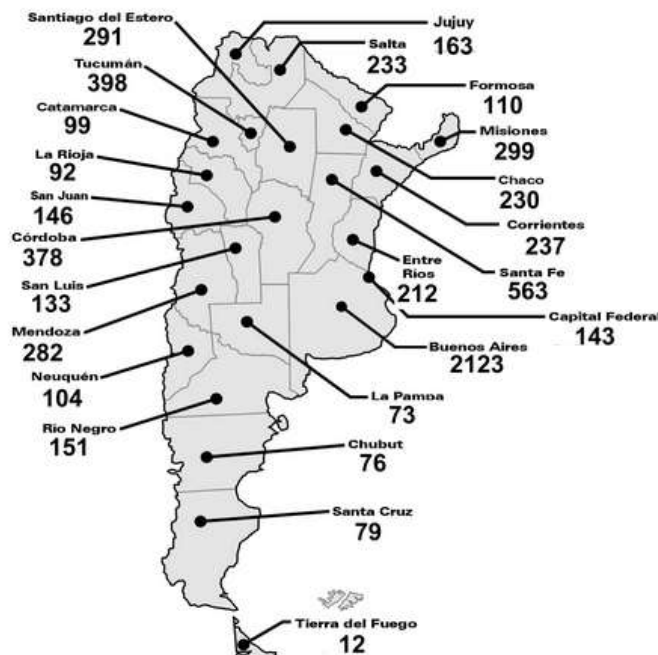


Figura 1.1 Cantidad de fallecidos por accidentes vehiculares por provincia en 2020

Las causas, por demás conocidas, son principalmente la imprudencia, el estado de las rutas, los cambios imprevistos del clima, destacándose que el 50% de estas muertes se producen en rutas y el resto en ejidos urbanos.

- Total de muertos en 2020 en Argentina: 6.627
- Promedio diario: 19 - Promedio mensual: 552

1.4.2 Económico

El desarrollar una red troncal de fibra óptica que brinda servicios de banda ancha por radioenlace en poblaciones con escasas cantidades de habitantes requiere de una inversión considerable de dinero (capítulo VI), por lo que no todas las empresas están en condiciones de asumir este riesgo. El modelo de este proyecto de grado está destinado principalmente a dar solución a una problemática social con poco beneficio económico, seguramente el mismo será llevado a cabo por algún ente gubernamental (municipal, provincial o nacional) con probabilidades de un financiamiento por parte de la ENACOM y su fondo fiduciario de servicio universal (capítulo VII y VIII).

Pero si lograra un beneficio económico importante en la zona, que será generar y apoyar el turismo regional. Más visitantes irán a la Quebrada del Toro y gracias al servicio de internet permanecerán por más tiempo en las localidades permitiendo lograr incrementos en los sectores hoteleros, gastronómicos y comerciales. Además, se logrará aumentar la difusión por redes sociales en tiempo real de los paisajes y cultura por parte de los turistas que atraerá a más visitantes a futuro.

Localidad	Cantidad de Turistas
Ciudad de Salta	900.974
Valle de Lerma	56.315
Cafayate	247.599
Cachi	58.077
Rosario de la Frontera	32.462
Coronel Moldes	21.025
San Antonio de los Cobres (Quebrada del Toro)	15.988
Resto de la Provincia	199.857
Total	1.539.659

Tabla 1.1 *Turistas anuales en los principales destinos de Salta*

Por ultimo servirá para mejoras en el transporte internacional ya que la ruta 51 es muy utilizada por los transportistas de todo el país para comercializar productos en Chile y el océano pacifico. El servicio de internet en la ruta generara más seguridad en los viajes ya que se podrá informar rápidamente en caso de algún desperfecto lo que hará que los transportistas prefieran este trayecto por sobre otras rutas internacionales.

1.5 Marco Metodológico

1.5.1 Método Experimental

Se realizaron pruebas con la fibra óptica y sus complementos, además de con equipamiento lógico simulando un poste wifi, todo en un ambiente controlado.

1.5.2 Método Deductivo

Se realizaron análisis de los puntos críticos de accidentes, espacios de descanso, sectores turísticos, geografía del terreno, lugares poblados y localidades de la ruta 51 que sirvieron para deducir los puntos específicos que serán más útiles para la instalación de los postes wifi.

Mediante estudios realizados sobre el uso de la fibra óptica para la transmisión de datos y sus complementos tanto físicos (de instalación) como los lógicos (de transmisión), se dedujeron los equipos óptimos con sus configuraciones necesarias para dar solución a esta problemática.

1.6 Técnica e instrumentos

Se utilizaron las siguientes técnicas para el desarrollo de la investigación de este proyecto:

- **Encuesta:** Se realizó esta técnica de recolección de datos en 100 habitantes en forma aleatoria de la ciudad de Salta. Fueron creados desde GOOGLE FORMULARIOS y fueron respondidos vía online usando internet. El objetivo del mismo fue captar información sobre si a ellos este proyecto los llevaría a realizar más turismo en la Quebrada del Toro y si les parece necesaria la labor social que cumple.
- **Observación experimental:** Se realizó la observación de los puntos críticos, espacios verdes, localidades de la Quebrada del Toro y de todo el trayecto tanto de la vía del Tren a las Nubes para el despliegue del troncal de fibra óptica como de la ruta 51. Información útil que sirvió para definir la ubicación de todos los postes WiFi y la obra civil del despliegue de fibra. Se usó la ficha de registro de datos como instrumento.
- **Entrevista no estructurada:** Este instrumento se realizó en un grupo de habitantes de las localidades pertenecientes a este proyecto. El objetivo fue obtener información en forma presencial y distendida respecto al beneficio que tendría sobre ellos la instalación de los postes WiFi tanto en el trayecto de la ruta 51 como en sus poblados.
- **Análisis documental:** Además de la recolección de datos por medio de las personas también se utilizó “material impreso”. Se usó mucha bibliografía de libros sociales, periódicos y archivos pdf como interacción en páginas web para la obtención de la información necesaria para llevar a cabo este proyecto.

1.7 Descripción de la Propuesta

Se utilizará una red troncal de fibra óptica en lugar de radioenlace por la gran inestabilidad que esta presenta (Capítulo II), la distribución final será por medio de tecnología inalámbrica WiFi instala en postes diseñados para esta solución ya que la misma debe ser abierta a todo aquel que se quiera conectar a internet sin restricciones (Capítulo III) y el despliegue será tanto en las diferentes localidades de la Quebrada del Toro como de los puntos estratégicos de la ruta 51 entre Campo Quijano y San Antonio de los Cobres (Capítulo IV).

CAPÍTULO II

TEORÍA DE LA FIBRA OPTICA

2.1 Historia de la Fibra Óptica

La historia de la fibra óptica se inicia cuando el físico irlandés John Tyndall descubrió, en el siglo XIX, que la luz puede viajar a través de agua. Casi un siglo más tarde, en 1952, otro físico, Narinder Singh Kapany, se apoyó en los estudios de Tyndall e inventó la fibra óptica. Sin embargo, en esa época no existía la fibra que hoy conocemos. Además, los usos que se le dio no son los de la actualidad. Al principio, se utilizó para la transmisión de imágenes en el endoscopio médico.

En 1954 Charles Townes y sus colegas en la Universidad de Columbia presentan el MASER (Microwave Amplification By Stimulated Emission Of Radiation), es decir “Amplificación de Microondas mediante el uso de una Emisión de Radiación Estimulada”. Básicamente se excitan moléculas de gas amplificadas para producir ondas de radio.

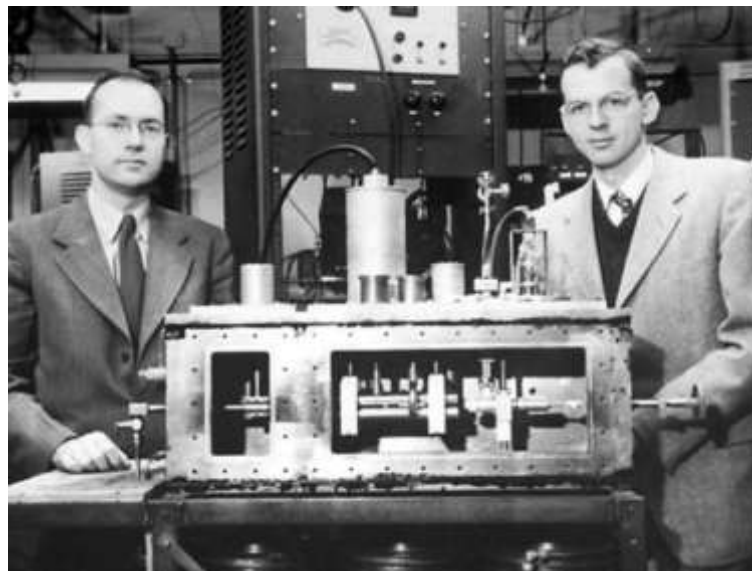


Figura 2.1 Townes y su invento de amplificación de ondas

Es en los años 60 cuando se empieza a vislumbrar las posibilidades de este nuevo método de transmisión en las comunicaciones. La invención del láser en esta década fue el que condujo a la investigación de los cables transmisores de vidrio. Pero con el estudio de Kao y Hockman en 1966 se produjo un antes y un después en la investigación de este material y la revolución de las comunicaciones.

En el estudio se concluía que la atenuación observada hasta entonces en las fibras de vidrio, no se debía a mecanismos intrínsecos sino a impurezas originadas en el proceso de fabricación. Es por ello por lo que se ponen en marcha para sustituir electricidad y los conductores mecánicos por el vidrio y la luz, en cuanto a las líneas telefónicas se refiere.

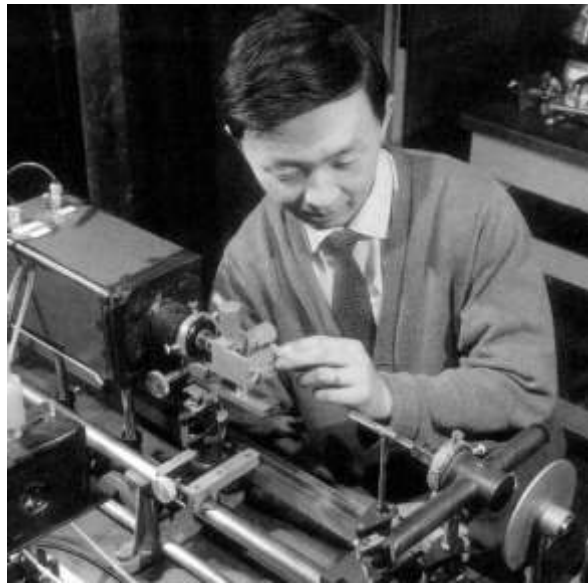


Figura 2.2 Kao fabricando las primeras fibras de vidrio

Fue este estudio el que originó que muchos físicos empezaran a investigar sobre la atenuación, por lo que durante toda la década de los 70 hubo diversos experimentos y estudios en los que la atenuación iba bajando cada vez más. Todo ello hizo que la fibra óptica fuera mejorando su transparencia cuantas más investigaciones se hacían.

- 1970 Corning obtiene fibras con atenuación 20 dB/km.
- 1972 Fibra Óptica con núcleo líquido con atenuación 8 dB/km.
- 1973 Corning obtiene Fibra Óptica de SiO₂ de alta pureza con atenuación 4 dB/km y deja obsoletas a las de núcleo líquido.
- 1976 NTT y Fujicura obtienen Fibra Óptica con atenuación 0,47 dB/km en 1.300 nm, muy próximo al límite debido a factores intrínsecos (Rayleigh).
- También en 1975 se descubría que las F.O. de SiO₂ presentan mínima dispersión en torno a 1300 nm, lo cual suponía disponer de grandes anchuras de banda para la transmisión.

En 1980, los científicos Payne y Desurvire inventan un amplificador óptico con el que se hizo más eficiente las comunicaciones interurbanas. Es en esta década cuando se comienzan a construir infraestructuras de telecomunicaciones que va conectando poco a poco a todo EEUU. A final de los años 80, la fibra óptica atraviesa el océano para conectar América con otros continentes como Europa.

2.2 Definición

2.2.1 ¿Qué es una fibra óptica?

La fibra óptica es un medio de transmisión de datos mediante impulsos fotoeléctricos a través de un hilo construido en vidrio transparente u otros materiales plásticos con la misma funcionalidad. Estos hilos pueden llegar a ser casi tan finos como un pelo, y son precisamente el medio de transmisión de la señal.

Por estos finísimos cables se transfiere una señal luminosa desde un extremo del cable hasta el otro. Esta luz puede ser generada mediante un láser o un LED, y su uso más extendido es el de transportar datos a grandes distancias, ya que este medio tiene un ancho de banda mucho mayor que los cables metálicos, menores pérdidas y a mayores velocidades de transmisión.

Lo que se transmite son pulsos de luz que indican los bits y también la intensidad de luz indican la diferencia de bits. La transmisión de luz debe tener un ángulo de incidencia adecuado para que pueda rebotar la luz y se pueda propagar a distancias grandes y si no rebota se refracta y se pierde la luz.



Figura 2.3 Fibra Óptica y servicios

Entendemos como medio de transmisión la parte de un sistema de comunicaciones que transporta la información entre el emisor y el receptor. En la definición genérica de los sistemas de comunicaciones, éstos se componen de emisor, medio de transmisión y receptor. En los casos de sistemas de comunicaciones ópticas: el emisor debe ser una fuente de luz que suele corresponderse con un oscilador de frecuencias ópticas, el medio de transmisión será la fibra óptica y el receptor debe ser un detector de luz.

2.2.2 Áreas de aplicación de la fibra óptica

Sus aplicaciones son diversas en este campo, permitiendo la obtención de material de redes, sensores de fibra óptica (para temperatura, presión o niveles de luz), material de iluminación (particularmente eficaz ya que no requiere de cercanía con la fuente de luz), y siendo además útil para la decoración (hay árboles de navidad elaborados de fibra óptica) o como componente del hormigón translúcido.

Las fibras ópticas se pueden utilizar como sensores para medir: deformación, temperatura, presión, humedad, campos eléctricos o magnéticos, gases, vibraciones y otros parámetros. Su

tamaño pequeño y el hecho de que por ellas no circula corriente eléctrica les dan ciertas ventajas respecto a los sensores eléctricos.

Las fibras ópticas se utilizan como hidrófono para los sismos o aplicaciones de sonar. Se han desarrollado sistemas hidrofónicos con más de 1000 sensores usando la fibra óptica. Los hidrófonos son usados por la industria de petróleo, así como las marinas de guerra de algunos países. La compañía alemana Sennheiser desarrolló un micrófono que trabaja con láser y fibras ópticas.

Se han desarrollado sensores de fibra óptica para la temperatura y presión de pozos petrolíferos. Estos sensores pueden trabajar a mayores temperaturas que los sensores de semiconductores.



Figura 2.4 *Fibra Submarina Mundial*

Su principal aplicación es en las redes interurbanas o redes interoceánicas que unen países y continentes, transmitiendo datos a grandes velocidades y distancias. Estos son la base de la red mundial de telecomunicaciones, son una solución robusta y eficaz, por la resistencia ante inclemencias meteorológicas, menor latencia, y mayor ancho de banda que la comunicación por satélite, todo lo cual lo posiciona como una infraestructura más fiable y de mayor capacidad, una vez instalada y probada.

Otras Áreas más comunes de aplicación:

- CATV.
- LAN, MAN y WAN.
- Cableados estructurados y en edificios inteligentes.
- Cableados de aviones y buques.

2.2.3 Ventajas y desventajas del uso de la fibra óptica

La fibra óptica presenta más beneficio que contras sobre las trasmisiones por radioenlace, pero además es la más utilizadas en lo que respecta a cableados físicos, superando en casi todos los aspectos y parámetros al cable coaxial o al cable telefónico. Debido a esto, las redes de fibra óptica tienen una gran popularidad y se sitúan como unas de las redes con mayor auge en el presente y el futuro próximo.

2.2.3.1 Ventajas

Las ventajas de usar fibra óptica son:

- **Ocupa poco espacio:** Dado su pequeño tamaño, pero se mantiene flexible lo cual facilita su instalación.
- **Es liviana:** Pesa ocho veces menos que un cable convencional. Amplias facilidades de instalación tanto en cañerías, como aéreas o para enterramiento directo.
- **Presenta una gran resistencia:** Tanto mecánica como térmica, y resiste bien a la corrosión. Las características de transmisión se mantienen más o menos inalterables debido a los cambios de temperatura (-40-200°C)
- **Inmune a interferencias electromagnéticas:** Dada la naturaleza de sus componentes, lo que implica una calidad de transmisión muy buena, ya que la señal es inmune a las tormentas, entre otros.
- **Gran seguridad:** la intrusión en una fibra óptica es fácilmente detectable por el debilitamiento de la energía lumínica en recepción, además, no irradia nada, lo que es útil para aplicaciones que requieren alto nivel de confidencialidad.
- **Poca atenuación en relación a la distancia:** Atenuación muy pequeña independiente de la frecuencia, lo que permite salvar distancias importantes sin elementos activos intermedios. Puede proporcionar comunicaciones hasta los 70 km antes de que sea necesario regenerar la señal, además, puede extenderse a 150 km utilizando amplificadores láser.
- **Eficaz:** Facilidad para localizar los cortes gracias a un proceso basado en la reflectometría, lo que permite detectar rápidamente el lugar donde se hará la reparación de la avería, simplificando la labor de mantenimiento.
- **Ancho de banda:** la capacidad potencial de transportar información crece con el ancho de banda del medio de transmisión y con la frecuencia de portadora. Las fibras ópticas tienen un ancho de banda de alrededor de 1 THz, aunque este rango está lejos de poder ser explotado hoy día. De todas formas, el ancho de banda de las fibras excede ampliamente al de los cables de cobre.
- **Bajas pérdidas en la transmisión:** las pérdidas indican la distancia a la cual la información puede ser enviadas. En un cable de cobre, la atenuación crece con la frecuencia de modulación. En una fibra óptica, las pérdidas son las mismas para cualquier frecuencia de la señal hasta muy altas frecuencias.

2.2.3.2 Desventajas

Las desventajas de usar fibra óptica son:

- **Son frágiles:** Ya que el vidrio en su interior es susceptible de romperse.
- **Requiere de conversores:** Para devolver la energía lumínica a su sentido informativo. Necesidad de usar transmisores y receptores más costosos.

- **No transmite energía eléctrica:** Por lo que requiere de emisores y transportadores complejos, cuyo suministro de energía no puede tomarse de la línea misma. No puede alimentar a los repetidores intermedios.
- **Envejece ante la presencia de agua:** Lo cual limita su aplicación mundial.
- **Complejidad en los empalmes:** Los empalmes entre fibras son difíciles de realizar, lo que dificulta las reparaciones en caso de ruptura del cable.
- **Acoplamiento y Conexiones:** El acoplamiento y la conexión tiene que ser extremadamente exacto para no perder las prestaciones de la fibra.
- **No existen memorias ópticas.**
- **Costosas:** Los mayores costes que supone desplegar una red de fibra óptica es la obra civil que ello conlleva y las obras que hay que realizar para desplegarla (como por ejemplo hacer las zanjas para soterrar la fibra). En cuanto al coste de la fibra óptica en sí en los últimos años ha bajado drásticamente, igual sigue siendo el medio de transmisión más caro del mercado, superando ampliamente a los demás canales de comunicación.

2.3. Teorías físicas de la luz y del electromagnetismo

2.3.1 Características de la luz

La que puede viajar a través de la fibra óptica se puede clasificar en:

2.3.1.1 Luz Visible

- Radiación emitida por la fuente óptica que se percibe por el ojo humano.
- Longitud de onda (o frecuencia óptica) alrededor de 850 nm.
- Luz Roja (LED)

2.3.1.2 Luz Invisible

- Radiación emitida por una fuente óptica que no se percibe por el ojo humano.
- La longitud de onda se inicia en 1310 nm.
- Percibido por equipo sensible a dicha radiación.

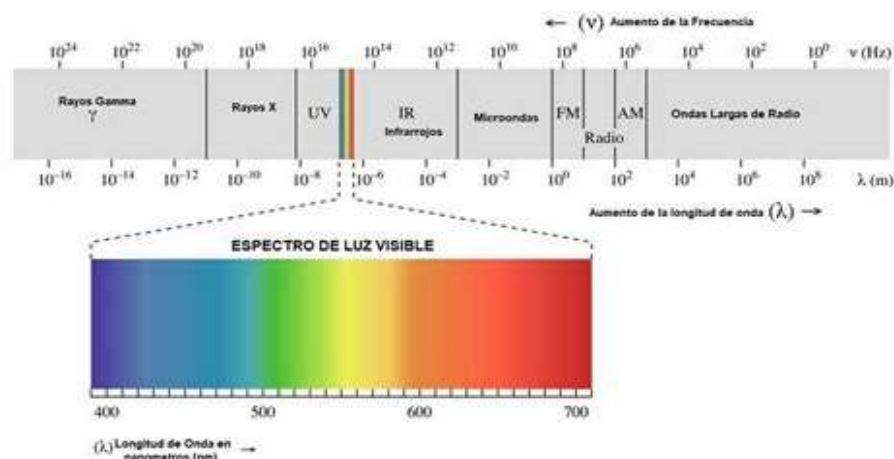


Figura 2.5 Espectro de Luz

2.3.2 Longitud de onda y frecuencia

La longitud de onda es la distancia real que recorre una perturbación (una onda) en un determinado intervalo de tiempo. Ese intervalo de tiempo es el transcurrido entre dos máximos consecutivos de alguna propiedad física de la onda. En el caso de las ondas electromagnéticas esa propiedad física (que varía en el tiempo produciendo una perturbación) puede ser, por ejemplo, su campo eléctrico el cual, según avanza la onda, aumenta hasta un máximo, disminuye hasta anularse, cambia de signo para hacerse negativo llegando a un mínimo. Después, aumenta hasta anularse, cambia de signo y se hace de nuevo máximo. Esta variación del efecto eléctrico en el tiempo, si la representamos en un papel, obtenemos una curva sinusoidal.

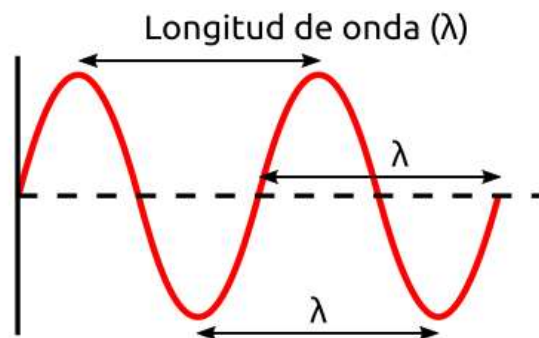


Figura 2.6 Longitud de onda

La longitud de onda es descrita frecuentemente con la letra griega lambda (λ). El concepto de longitud de onda suele extenderse también a cualquier onda periódica, aunque no sea sinusoidal. La longitud de onda se mide en metros en unidades del Sistema Internacional de Unidades.

La relación entre la frecuencia y la longitud de onda es:

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

- La frecuencia (f) es simplemente una medida del número de ciclos o repeticiones de la onda por unidad de tiempo.
- La velocidad de propagación (v), en el caso de las ondas electromagnéticas, hace referencia a la constante de la velocidad de luz

2.3.3 Ondas electromagnéticas

Las ondas electromagnéticas inferiores, más cortas, se emplean para distintos sistemas, eléctricos, de telecomunicaciones y para tratamientos terapéuticos, mientras que las superiores corresponden al espectro óptico, es decir la radiación ultravioleta, la luz visible, los rayos X y los rayos gama. Las ondas superiores del espectro óptico, son empleadas para tratamientos medicinales, mientras que el espectro útil para telecomunicaciones, se ubica restringido casi exclusivamente a un sector de las ondas de luz infrarroja.

Banda	Longitud de onda inferior	Longitud de onda superior
Rayos gamma	0,1 pm	10 pm
Rayos X	10 pm	10 nm
Rayos ultravioleta	10 nm	380 nm
Luz Visible	380 nm	780 nm
Luz Infrarroja	780 nm	1 mm
Microondas	1 mm	1 m
Ondas Radio	1 m	100 000 km

Tabla 2.1 Bandas de radiación en función a la longitud de onda

Banda	Frecuencia inferior	Frecuencia superior
Rayos gamma	30 EHz	10 EHz
Rayos X	30 PHz	30 EHz
Rayos ultravioleta	789 THz	30 PHz
Luz Visible	384 THz	789 THz
Luz Infrarroja	300 GHz	384 THz
Microondas	300 MHz	300 GHz
Ondas Radio	3 Hz	300 MHz

Tabla 2.2 Bandas de radiación en función a la frecuencia

2.3.4 Ventanas ópticas de transmisión

Una ventana se corresponde a los menores valores de atenuación proporcionada por la fibra óptica, según el rango de longitudes de onda posibles de usar. Una longitud de la onda utilizada para un sistema dado, se debe referir siempre a la ventana correspondiente, empleada en la fibra óptica.

Para la transmisión de luz por fibra óptica se utilizan, hasta el presente, tres rangos de frecuencias, aquellos en los que las fibras muestran menor absorción, son las bandas alrededor de 850 nm, 1310 nm y 1550 nm. Se encuentran por lo tanto en la zona infrarroja del espectro, la zona de luz visible está entre 400 nm y 700 nm. Estas bandas, denominadas ventanas de transmisión de la fibra, se les llama respectivamente, de primera, segunda y tercera ventana.

Longitud de onda (nm) (10^{-9})	Frecuencia (THz)	Luz
400 – 700	750 – 429	Visible
850 (1° Ventana)	353	IR
1310 (2° Ventana)	229	IR
1400	214	IR
1550 (3° Ventana)	193	IR
1600	188	IR

Tabla 2.3 Ventanas Ópticas

- Primera ventana de propagación óptica: rango entre 800 y 900 nm (opera a 850 nm)
- Segunda ventana de propagación óptica: rango entre 1260 y 1360 nm (opera a 1310 nm)
- Tercera ventana de propagación óptica: rango entre 1530 y 1560 nm (opera a 1550 nm)

La primera ventana tiene la mayor atenuación, solo se la utiliza para fibras multimodo. Se adopta mayormente la tercera ventana, pues dispone del menor valor de atenuación, que se aplica en fibras monomodo para cubrir grandes distancias sin emplear repetidores.

2.3.5 Propagación lumínica en la fibra óptica

Desde hace más de 100 años que se utilizan las ondas electromagnéticas para la transmisión de informaciones. Su utilidad se debe a que para propagarse no se requiere necesariamente de un conductor metálico. Se puede mediante estas ondas efectuar una transmisión con elevada velocidad tanto en la atmósfera (aire), como en la estratosfera (vacío) o en un medio dieléctrico, es decir no conductor de la electricidad como lo es un plástico o el vidrio.

La luz visible, ocupa una porción reducida del espectro total de las ondas electromagnéticas. Se extiende desde los 380 nm hasta los 780 nm, a la que se le adiciona la zona de radiación ultravioleta, con longitudes de onda menores y la zona de radiación infrarroja con longitudes de onda mayores. En las telecomunicaciones ópticas se emplean las longitudes de onda del infrarrojo, entre 800 y 1600 nm.

Las ondas electromagnéticas y por ende las luminosas son ondas transversales, es decir que su campo magnético y eléctrico oscilan perpendicularmente a la dirección de propagación. La propagación del sonido por el contrario tiene una propagación longitudinal, es decir que las oscilaciones se producen en la misma dirección de propagación.

El concepto fundamental, es considerar a una onda como la excitación dada en una sustancia, con una propagación sin la necesaria implicancia de transporte de materia de esa sustancia. En el vacío estas ondas se propagan con la velocidad de la luz se toma como aproximación el valor entero $v_0 = 300\,000\text{ Km/s}$.

2.3.6 Leyes de la física óptica

La correcta propagación de un haz de luz en la fibra óptica se realiza si se cumplen las dos leyes fundamentales de la física óptica: La Ley de la reflexión y la Ley de refracción de Snell.

2.3.6.1 Ley de la reflexión

Sea una superficie de separación entre dos sustancias, donde la sustancia 1 tiene una velocidad de propagación de la luz de c_1 y la sustancia 2 una velocidad de propagación c_2 . Cuando una onda lumínica incide sobre esa superficie de separación, una fracción de la misma se refleja. La proporción de la luz reflejada depende del ángulo formado por el rayo de luz con la perpendicular a ese plano, entendiéndose por rayo de luz a la trayectoria descrita por la energía lumínica.

En esas condiciones, se cumple que el ángulo (α) del rayo incidente (i), es igual al ángulo

(β) del rayo reflejado (r), respecto ambos a la normal al plano de separación de las distintas sustancias y que denominamos plano de reflexión.

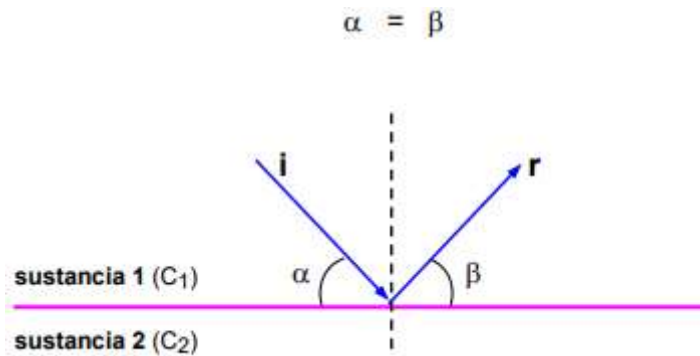


Figura 2.7 Ley de la Reflexión

Como caso particular, cuando la proporción de la onda de luz reflejada, es igual a la proporción de la onda de luz incidente, se dice que se tiene reflexión total, para ese ángulo y para esa relación entre las densidades C_1 y C_2 . Este fenómeno lo estudiaremos algo más adelante.

2.3.6.2 Ley de Refracción de Snell

De dos sustancias transparentes, se considera ópticamente más densa, aquella que posee menor velocidad de propagación de la luz. Si incidimos un rayo con un ángulo α y para el caso que la sustancia desde donde el rayo incide, es menos densa C_1 (por ej: aire) a otra sustancia más densa C_2 (por ej: vidrio ó agua), la trayectoria cambia aproximándose a la normal, con un ángulo de refracción β .

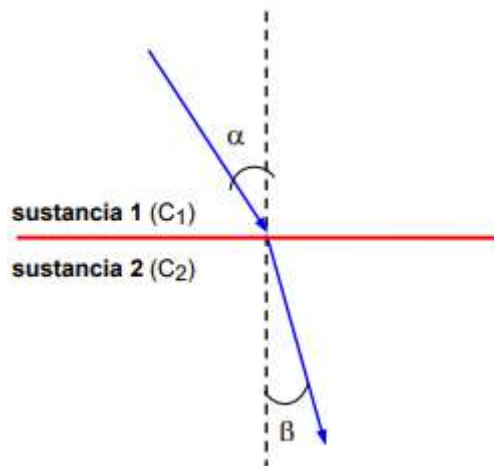


Figura 2.8 Refracción de un rayo lumínico

En ese caso y para una sustancia isotópica, es decir que mantiene sus propiedades físicas en todas las direcciones, se cumple la relación dada por la Ley de refracción de Snell, expresada según las velocidades de propagación en cada una de las sustancias:

$$\frac{\text{sen } \alpha}{\text{sen } \beta} = \frac{C_1}{C_2} \quad [1]$$

La relación del seno del ángulo incidente al ángulo refractado, tiene un valor constante llamado índice de refracción, entre el medio B de refracción y el medio A de incidencia. Si consideramos la transición del aire, con una velocidad de la luz de C_0 , a una sustancia con velocidad de la luz de valor C_1 , se tiene:

$$\frac{\text{sen } \alpha}{\text{sen } \beta} = \frac{C_0}{C_1} = n_1$$

A tal relación la denominamos índice de refracción n_1 para esa sustancia, considerando al índice de refracción del vacío n_0 (aproximadamente igual al del aire), es igual a uno. Para dos sustancias diferentes, será:

$$C_1 = \frac{C_0}{n_1} \text{ y } C_2 = \frac{C_0}{n_2} \quad [2]$$

Reemplazando [2] en [1], resulta la Ley de Snell, expresada según los índices de refracción de cada una de las sustancias:

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{C_1}{C_2}$$

Una fibra óptica consiste en un hilo de vidrio o materiales plásticos por el que se envían pulsos de luz. El haz de luz queda completamente confinado y se propaga por el interior de la fibra con un ángulo de reflexión por encima del ángulo límite de reflexión total, cumpliendo la ley de Snell.

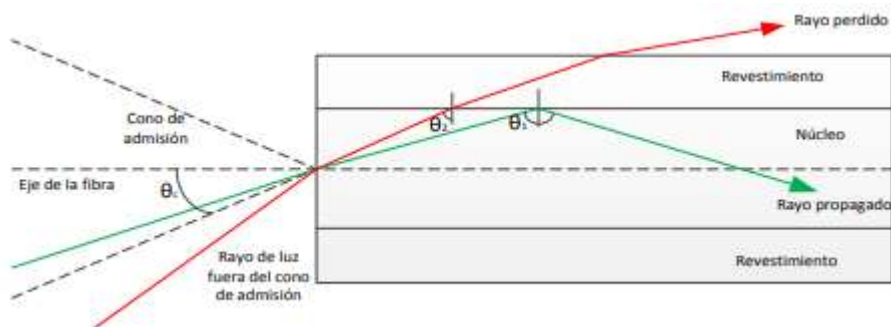


Figura 2.9 Ley de Snell

2.3.6.3 Ángulo límite

Vimos que un rayo se reflectaba desde una sustancia menos densa a una más densa aproximándose a la normal. Inversamente, si incidimos un rayo desde una sustancia más densa a una menos densa se aleja de la norma. En ese caso, llegará a un valor de ángulo límite α_0 en el cual el rayo reflejado se propagará sobre la superficie de separación. Superado ese valor de ángulo α_0 , se obtendrán solamente rayos reflejados. Es decir que los rayos incidentes no pasan, escapando a la

sustancia menos densa, sino que se propagan solo en la sustancia más densa. A este fenómeno se le denomina reflexión total y en ese caso se cumple que: como: $\text{sen } \beta = \text{sen } 90^\circ = 1$, resulta: Ejemplos de ángulos límites son:

$$\frac{\text{sen } \alpha_0}{\text{sen } \beta} = \frac{n_2}{n_1}$$

- Para vidrio con $n_1 = 1.5$ y aire con $n_0 = 1$ se tiene: $\text{sen } \alpha_0 = 1 / 1.5 \approx 0.67 \equiv \alpha_0 \approx 42^\circ$
- Para agua con $n_1 = 1.333$ y aire, $n_0 = 1$ resulta: $\text{sen } \alpha_0 = 1 / 1.333 \approx 0.75 \equiv \alpha_0 \approx 49^\circ$

2.3.6.4 Apertura numérica

La reflexión total puede ocurrir únicamente, cuando un rayo luminoso incide desde una sustancia ópticamente más densa (vidrio con $n_1 = 1.5$), sobre otra menos densa (aire con $n_2 = 1$) y no en el caso inverso. En una fibra óptica al disponerse un núcleo formado por un vidrio con índice de refracción n_1 y rodeada de un revestimiento con un vidrio de densidad n_2 y donde n_1 tiene un valor levemente superior (10%) a n_2 , se aplica el fenómeno de reflexión total. En ese caso, los rayos incidentes dentro del núcleo, no escapan a la sustancia menos densa, sino que se propagan rebotando siempre dentro del mismo.

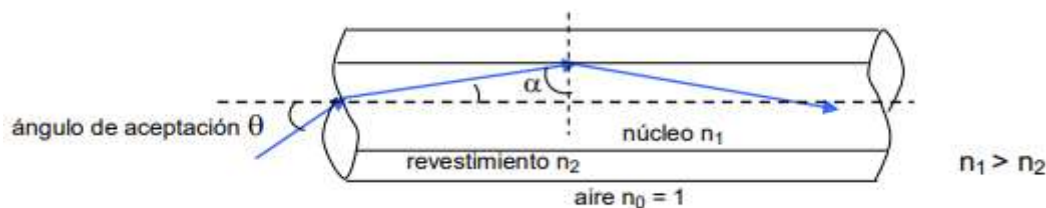


Figura 2.10 Trayecto del rayo de luz en una fibra óptica

Si se cumple la relación de ángulo límite, todos los pulsos de luz (Láser o infrarrojo) con ángulos menores a $(90^\circ - \alpha_0)$, serán reflejados manteniéndose dentro del núcleo sin escape al exterior. Para acoplar un rayo luminoso, desde el exterior al núcleo, se debe de cumplir que:

$$\frac{\text{sen } \theta}{\text{sen } (90^\circ - \alpha_0)} = \frac{n_1}{n_0}$$

Con n_0 del aire igual a uno, será: $\text{sen } \theta = n_1 \text{ y } \cos \alpha_0 = n_1 \sqrt{1 - \text{sen}^2 \alpha_0}$

En reflexión total será:

$$\text{sen } \theta = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = \text{AN}$$

Al máximo ángulo de acoplamiento θ_{max} se le denomina ángulo de aceptación de la fibra óptica y al seno del ángulo de aceptación se le denomina apertura numérica (AN) de la fibra.

La apertura numérica define el concepto de transmisión del rayo en la fibra. La rotación del ángulo de aceptación máximo θ_{max} define al cono de aceptación.

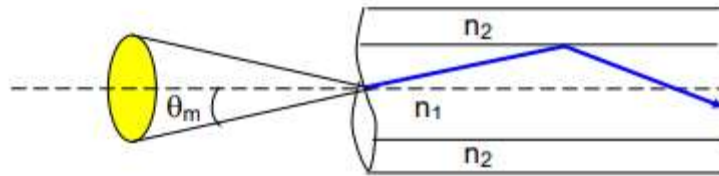


Figura 2.11 Cono de aceptación

2.4 Transmisión de señales lumínicas

El funcionamiento de la fibra óptica se basa en los aspectos básicos de la óptica. La luz puede sufrir efectos de reflexión, cuando rebota y cambia de dirección al incidir en otro medio, como cuando se refleja en un espejo, o de refracción, al pasar de un medio a otro y continuar su propagación, produciéndose un cambio en su velocidad en su dirección, como cuando vemos una cuchara torcida dentro de un vaso con agua. Dependiendo de la velocidad con la que se propaga en cada material, se establece un índice de refracción “n”.

En el caso de la fibra óptica se hace incidir la luz con un ángulo superior al ángulo límite, produciéndose reflexión total interna. El filamento de vidrio o plástico en el que inciden las ondas luminosas tiene un alto índice de refracción y el material que rodea este filamento tiene un índice de refracción ligeramente menor. Cuando la luz incide en una superficie de índice de refracción menor, se refleja en gran parte y mayor es el ángulo. De esta forma las ondas luminosas se van reflejando contra las paredes con ángulos muy amplios y así avanzan prácticamente por su centro no produciéndose pérdidas en largas distancias y aumentando la velocidad de transmisión.

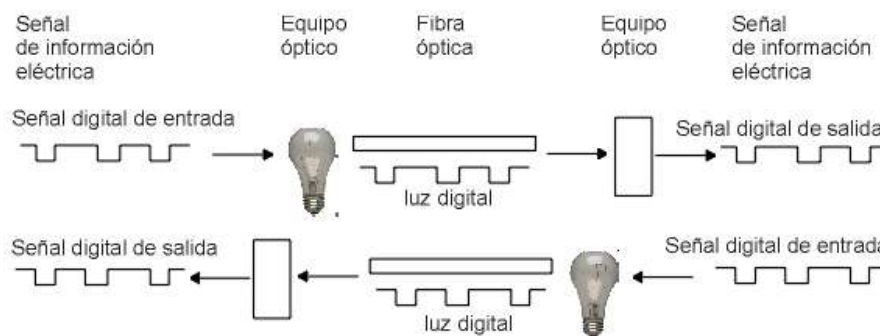


Figura 2.12 Conversión señal eléctrica a óptica

2.4.1 Transmisor óptico

En la cabecera de la red óptica se encuentra el dispositivo transmisor que introduce la señal óptica en la red. Este dispositivo transmite a todos los usuarios clientes y enlaza la red con el exterior. Para ello convierte una señal eléctrica de entrada (información) en una señal óptica, conduciéndola hacia la fibra óptica. También realiza otras funciones derivadas, como multiplexar las señales previas a transmitir o regular el tráfico de la red.

El láser de semiconductores (diodo laser) y el LED (diodo electroluminiscente) se usan universalmente como fuentes luminosas en los sistemas de comunicaciones ópticas, debido a ningún otro tipo de fuente óptica puede modularse directamente a las altas velocidades de transmisión requerida, con tan baja excitación y tan baja salida.

2.4.1.1 Diodos LED

Las fuentes de luz no coherente LED (Light Emitting Diode) son una unión p-n polarizada que emiten radiación óptica de acuerdo con la intensidad eléctrica que se haga pasar por la misma.

En los sistemas que utilizan diodos LED, la transmisión de un pulso de luz, que equivale a un bit, genera múltiples rayos de luz pues se trata de luz no coherente, se dice que cada rayo tiene un modo, los múltiples modos producen el efecto de dispersión. Debido a esto se produce un cierto ancho espectral.

- El uso de LED en fibras ópticas reduce los costos.
- Limita la velocidad a unos 400 – 600 Mb/s.
- Se usan para cortas distancias por ser emisores de gran ancho espectral.

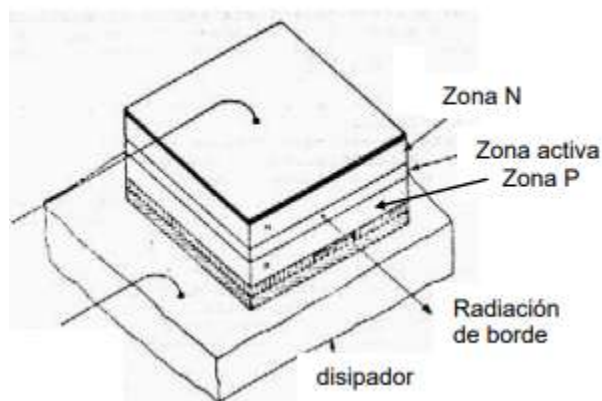


Figura 2.13 Diodo LED de borde

2.4.1.2 Diodos LASER

Los diodos Laser emiten luz coherente, hay un solo rayo y la fibra se comporta como una guía de onda, la onda se propaga sin dispersión. La emisión estimulada se produce cuando el diodo semiconductor es bombeado con fotones. Al pasar un fotón por el medio se genera otro fotón que tiene la misma frecuencia, fase y dirección que el primero.

La emisión estimulada no es un fenómeno que se produzca en equilibrio. Por eso hay que bombear el material con corriente eléctrica. Para que los fotones no se escapen del LD (excepto una cantidad que irá a la fibra) y puedan estimular nuevos fotones, se utilizan caras reflectantes en los bordes del LD.

Los diodos Láser de modo multilongitudinal MMUL (Mode Multilongitudinal Laser) se caracterizan por emitir en longitudes de onda discreta y tener un ancho espectral menor que los LED, es decir emiten un cono de radiación más estrecho. Por ello, en un trayecto presentan menor dispersión cromática. Se los utiliza esencialmente en aplicaciones de tipo urbano, hasta unos 20 Km sin necesidad de regeneración de la señal.

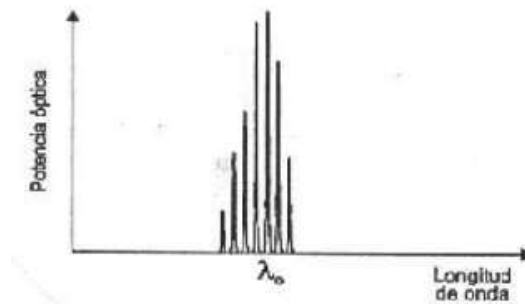


Figura 2.14 Espectro óptico de un láser MMUL

Los diodos Láser de modo monolongitudinal MMOL (Mode Monolongitudinal Laser) son caracterizados por emitir en una única longitud de onda. Presentan un ancho espectral muy pequeño y en consecuencia son prácticamente insensibles a la dispersión cromática en el trayecto. Se los utiliza fundamentalmente en redes de larga distancia.

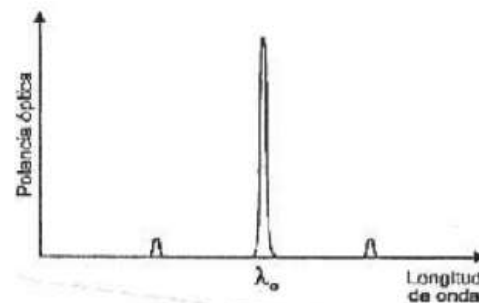


Figura 2.15 Espectro óptico de un láser MMOL

- Utilizando predominantemente en fibras Monomodo a largas distancias.
- Genera luz coherente, es decir, concentrada y de alta potencia.
- Es más costosa y se usa a partir de la 2° ventana.

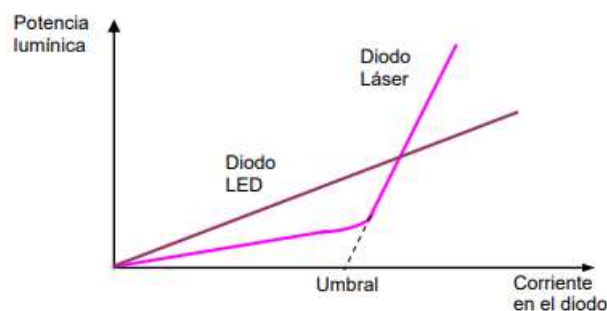


Figura 2.16 Curva característica LED y Laser

Las curvas características, de potencia lumínica entregada a corriente aplicada en un diodo, diferencia los comportamientos de LED y diodos Láser L D. Las características de entrada salida de un LED son totalmente lineales, mientras que en un transmisor Láser no lo es, por ello se requiere una mayor estabilización del punto de trabajo.

2.4.2 Receptor óptico

En el lado final del usuario se sitúa el receptor óptico. Es capaz de hacer llegar la señal óptica al destinatario de la misma, y convertirla en señal eléctrica para su procesado El dispositivo que permite esta conversión opto-eléctrica es el fotodetector.

El fotodetector es una unión p-n de semiconductor polarizada en inversa que produce una corriente eléctrica cuando incide luz sobre la estructura (fotones). Existen dos tipos de fotodetectores para sistemas de comunicaciones ópticas:

- El fotodiodo PIN se caracteriza por su alta fiabilidad y facilidad de fabricación, bajo ruido y compatibilidad con los amplificadores de bajo voltaje.
- El fotodiodo APD presenta una sensibilidad mucho menor, pero necesita altos voltajes de alimentación para su funcionamiento, los que les hace más convenientes en el caso de que la potencia recibida sea limitada.

2.4.3 Conversión electro-óptica

Para la transmisión de señales lumínicas a través de un tramo de red de fibra óptica, se requiere un emisor en un extremo de la misma y un receptor en el otro extremo, que conviertan las señales eléctricas en ópticas y viceversa. En el extremo emisor, las distintas señales se multiplexan para poder ser transmitidas por una sola fibra óptica.

Esta señal compuesta para mejorar su transmisión se codifica, luego se convierte de señal eléctrica a lumínica eléctrica y emite mediante un LED o Láser. En el extremo receptor esta señal óptica mediante un conversor óptico/eléctrico PIN o APD se lleva a variaciones de señal eléctrica. Como la señal llega distorsionada se reconstruye electrónicamente a través de un ecualizador y un regenerador, posteriormente se decodifica y demultiplexa, recuperando las señales eléctricas individuales originales.

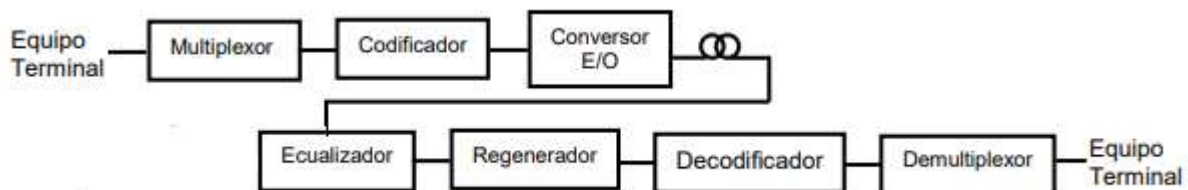


Figura 2.17 Sistema de transmisión óptico

2.5 Parámetros ópticos

La calidad de transmisión en una red óptica depende en gran medida de sus parámetros ópticos. Los principales parámetros para el estudio de las redes ópticas son la atenuación y la respuesta de frecuencia de banda base que limita su ancho de banda de trabajo. Ambos factores deben considerar las propiedades de la fibra, la longitud del cable, el espaciamiento de regeneradores de pulsos y empalmes.

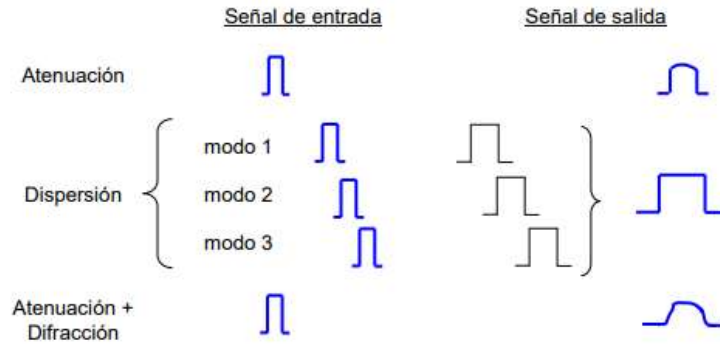


Figura 2.18 Efectos de atenuación y difracción

2.5.1 Atenuación

La atenuación es cualquier tipo de fenómeno que causa la disminución de la potencia de la señal propagada al transitar por cualquier medio de transmisión, pero no afecta su forma. La atenuación no suele expresarse como diferencia de potencias sino en unidades logarítmicas como el decibelio, de manejo más cómodo a la hora de efectuar cálculos.

La pérdida de energía lumínica en líneas de fibra óptica, se expresa en valores de atenuación como unidades de dB /Km, dependiendo éstos de la longitud de onda de trabajo empleada o frecuencia moduladora. Se mide a una distancia de 1 km. Se expresa en dB/km y se define por la siguiente fórmula:

$$a = \frac{10}{L} \log \left\{ \frac{P(l_1)}{P(l_2)} \right\}$$

Atenuación en función de la frecuencia y de la longitud de onda

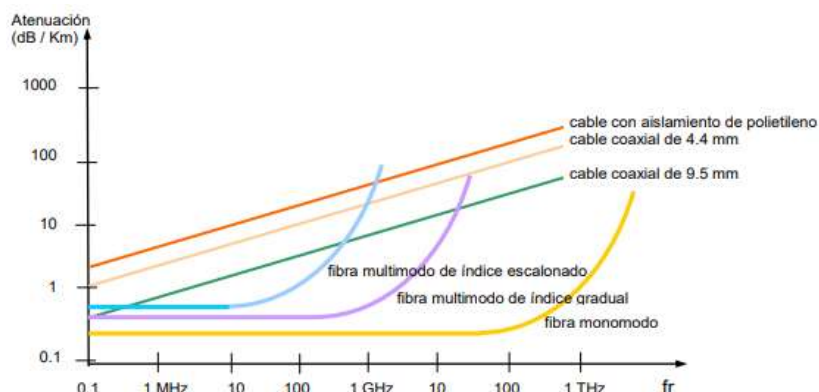


Figura 2.19 Atenuación en función de la frecuencia moduladora

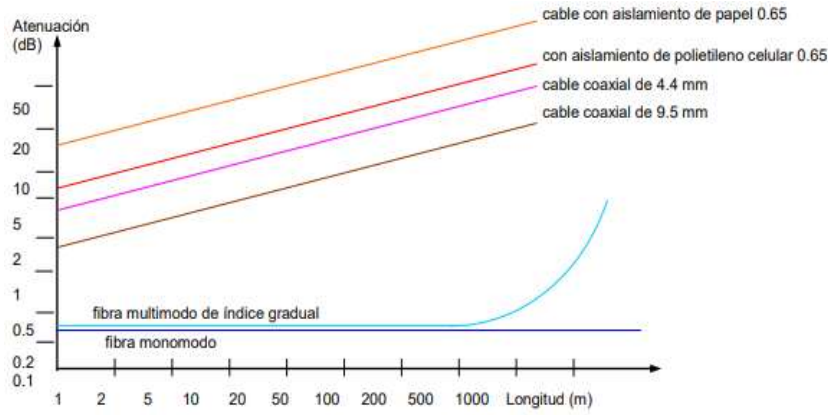
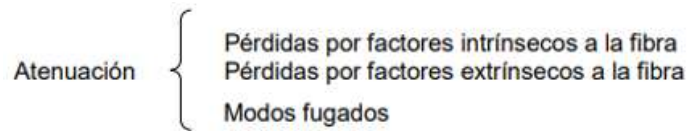


Figura 2.20 Atenuación en función de la longitud

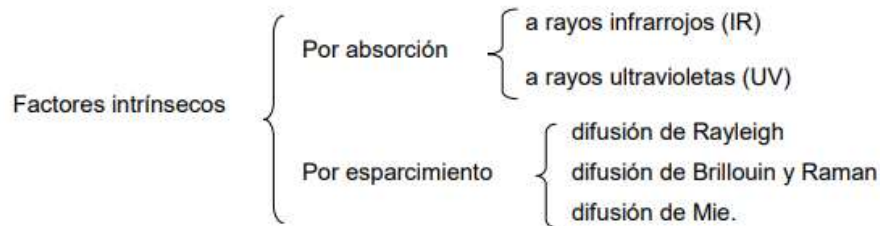
La atenuación aumenta exponencialmente con el aumento de la longitud de la fibra, reduciendo así el alcance de transmisión. El aumento de la atenuación de 3 dB corresponde a la caída de la potencia de la señal propagada de 50%.

La atenuación se podrá clasificar según tres grandes categorías:



2.5.1.1 Factores intrínsecos a la fibra

Las pérdidas de atenuación clasificadas, como debida a factores intrínsecos a la fibra, obedecen a la composición del vidrio y del rayo lumínico y los podemos clasificar a su vez, debido a la absorción y a la dispersión de los rayos. La absorción, se origina debido a los rayos infrarrojos (IR), a los rayos ultravioletas (UV). La difusión, se origina debido a la difusión de Rayleigh, de Mie y de Brillouin y Raman.



Por absorción

En infrarrojo: limita el trabajo a altas longitudes de onda.

En ultravioleta: es despreciable para $\lambda > 1 \mu\text{m}$.

Por esparcimiento

Difusión de Rayleigh: es la dispersión de la luz visible o cualquier otra radiación electromagnética por partículas cuyo tamaño es mucho menor que la longitud de onda de los fotones dispersados

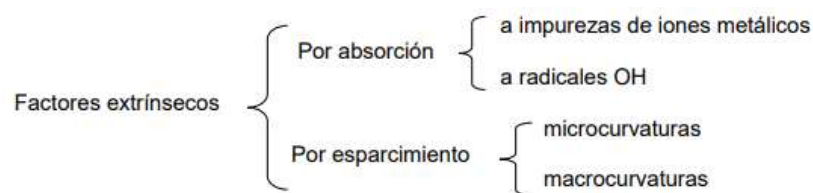
Ocurre cuando la luz viaja por sólidos y fluidos transparentes, pero se ve con mayor frecuencia en los gases. La dispersión de Rayleigh es el resultado de la polarización eléctrica de las partículas. El campo eléctrico oscilatorio de una onda luminosa actúa sobre las cargas de las partículas provocando que oscilen en la misma frecuencia. La partícula se convierte en un pequeño dipolo radiante cuya radiación visible es la luz dispersada.

Difusión Mie: Ocurre en el sentido de propagación y no pueden separarse del efecto que produce en los modos de alto orden. Este es un fenómeno no dependiente de la frecuencia. En fibras de mala calidad una pequeña porción de la potencia luminosa se difunde en sentido hacia el emisor.

Difusión estimulada de Brillouin y Raman: se debe a la interacción entre el material y la señal óptica no lineal λ presente, superado un cierto umbral de densidad de potencia óptica. Este fenómeno, limita la potencia a transmitir.

2.5.1.2 Factores Extrínsecos a la fibra

Los factores de pérdidas clasificados con extrínsecos a la fibra, intervienen en la fabricación de la fibra y /o en su cableado. Ellos se pueden catalogar también, como debido a la absorción o al esparcimiento. A su vez debido a la absorción se divide en por impurezas de iones metálicos o por radicales OH, y debido al esparcimiento, en por microcurvaturas o por macrocurvaturas.



Por esparcimiento

Microcurvaturas: Se refiere a ejercer curvaturas de la fibra óptica, en un tamaño de la guía de onda óptica que causan transferencia de energía fuera de la misma.

Macrocurvaturas: Similar al caso de microcurvaturas, las pérdidas se producen en valores de torsión fuera de norma para esa fibra óptica. El aumento de atenuación es función de la curvatura que se somete a la fibra.

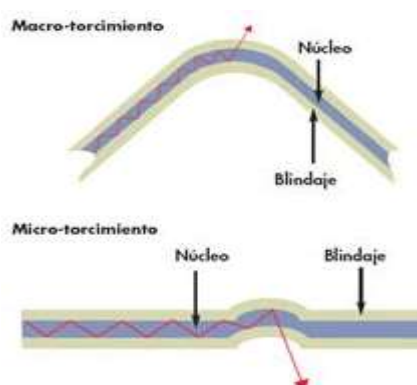


Figura 2.21 Curvatura de la fibra óptica

2.5.2 Dispersión

La dispersión es el fenómeno de separación de las ondas de distinta frecuencia al atravesar un material. Todos los medios materiales son más o menos dispersivos, y la dispersión afecta a todas las ondas. Cuando un pulso de luz está viajando a lo largo de una fibra, la señal no sólo se atenúa sino también se desvía o extiende en el tiempo. Esto es debido a la dispersión. Si se envían varios pulsos en una fibra a una velocidad alta, los pulsos se solaparán debido a la dispersión y el receptor ya no puede distinguir donde empieza el pulso y donde el otro acaba.

2.5.2.1 Dispersión Modal

Causada por los diferentes modos o caminos que sigue un rayo de luz en una fibra multimodo. Esto da como resultado que los rayos recorran distancias diferentes y lleguen al otro extremo de la fibra en tiempos distintos provocándose el ensanchamiento y traslape de los pulsos de luz. Este fenómeno se da sólo en fibras multimodo.

El uso de fibras multimodales de índice graduado permite que los rayos que se alejan del centro aumenten su velocidad de propagación, de esta forma, los diferentes rayos llegan al final del cable casi en el mismo instante, reduciendo mucho la dispersión modal.

$$M = [0.5 \cdot d \cdot (NA)^2] / \lambda \text{ (aproximada)}$$

d = el diámetro del núcleo de la fibra
NA = apertura numérica
 λ = longitud de onda
M = Modos de propagación.

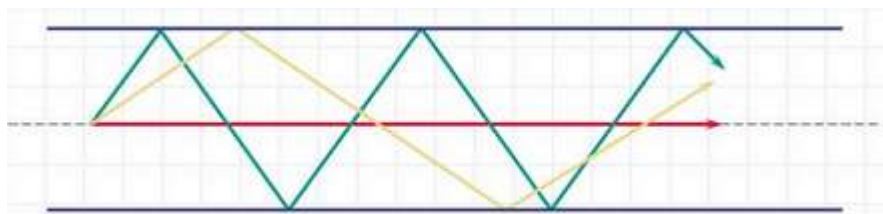


Figura 2.22 Dispersión modal

2.5.2.2 Dispersión Cromática

Se define como dispersión cromática a toda dispersión que tenga como origen una dependencia de la longitud de onda, es decir, a la suma de la dispersión cromática material y guía de onda:

Dispersión Cromática Material: Causada por un fenómeno intrínseco al material, debido a que el índice de refracción en la práctica no es constante y varía con la longitud de onda de los rayos de luz ($n = n(\lambda)$). Como la fuente de luz no es ideal, está compuesta de un espectro de más de una longitud de onda, tanto en el caso de los LED como de los LASER.

Dispersión Cromática Guía de Onda: Causada cuando el índice de refracción del núcleo difiere sólo levemente del índice de refracción del manto y parte de la luz se refleja después que hubo penetrado en él. El grado de penetración en el manto dependerá de la longitud de onda de la señal y conlleva a que el rayo de luz realice una trayectoria mayor. Luego, para cada longitud de onda existirán diferentes trayectorias lo que implica un menor o mayor tiempo de viaje para alcanzar el receptor.

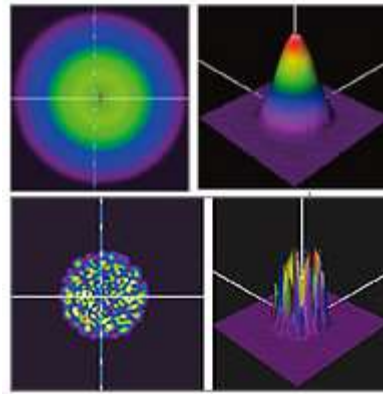


Figura 2.23 Fibra con alta y baja dispersión cromática

2.5.2.3 Dispersión de Modo de Polarización (PMD)

Efecto óptico que provoca la dispersión en una señal óptica que viaja por una fibra monomodo. En distancias de enlaces de fibra óptica mayores a 100 Km. el PMD puede llegar a ser un factor limitante para la expansión de las redes ópticas. La luz acoplada al interior de una fibra monomodo da como origen una señal electromagnética que posee dos componentes (una componente eléctrica y una componente magnética) que viajan de manera ortogonal. El PMD ocurre cuando se produce un desfase o retardo de una de las componentes con respecto a la otra (birrefringencia) provocada por una asimetría del núcleo y diferencia de índices de refracción a lo largo de la fibra.

2.5.3 Empalmes y conectores

Las uniones o las terminaciones de fibra óptica se realizan de dos maneras. Una es con conectores, que unen dos fibras para crear una unión temporaria y/o conectar la fibra a un equipo de red y la otra es con empalmes, que crean una unión permanente entre dos fibras. Ambos métodos de terminación deben tener dos características principales: buen rendimiento óptico, determinado por una atenuación baja y una reflectancia mínima, y alta resistencia mecánica. Las terminaciones también deben ser del estilo adecuado para que sean compatibles con el equipamiento utilizado y estén protegidas de los efectos nocivos del lugar de instalación.

2.5.3.1 ¿Que son los conectores?

Los conectores son considerados el enlace más débil en un sistema de fibra óptica, porque marcan un punto en el que puede ocurrir pérdida de señal. Por lo tanto, para que los cables de fibra óptica tengan un rendimiento excepcional, se necesitan conectores bien diseñados, buenas terminaciones y un instalador habilidoso.

Hay diferentes tipos de conectores, pero todos están integrados por estos tres mecanismos:

- **Férula:** Es la encargada de sujetar, proteger y alinear la fibra de vidrio. Las férulas usualmente son hechas con cerámica y plástico o metal de alta calidad.
- **Mecanismo de acoplamiento:** Mantiene el conector en su lugar cuando está conectado a otro dispositivo.
- **Cuerpo:** Es la estructura que sostiene la férula, el mecanismo de acoplamiento y la bota. Está hecho de plástico o metal.

2.5.3.2 Tipo de conectores

El adaptador es un dispositivo mecánico que hace posible la correcta unión de dos conectores de idéntico o distinto tipo de conectores. Los conectores que se utilizarán serán para fibra Monomodo, hay diversos tipos de conectores:

- **Conectores FC/PC, FC/APC:** Tiene un diseño con rosca que permite asegurar y alinear el conector de manera firme en el adaptador. Tiene acoplación tipo rosca asegura que el conector no se desconecte ni se deslice, tiene una férula cerámica de 2.5 mm de diámetro, tiene pérdidas de 0.5 dB trabajan con pulido PC, SPC, UPC, APC y se utilizan en redes locales, instrumentación y control y CATV.
- **Conectores SC/PC, SC/APC:** Este diseño versátil permite alinear el conector de manera sencilla al adaptador. Tiene acoplación tipo "Push Pull". Tiene pérdidas de 0.4 dB, el cuerpo del conector sujeta la férula, ofreciendo una mejor alineación y previniendo movimientos. Son utilizados con el cable tipo Holgado para exteriores, el conector SC es el más comercial para aplicaciones tanto en LAN como en redes de transporte: operadoras telefonías, CATV. Cuando se menciona PC y APC se refiere al tipo de pulido como contacto físico y angulado con contacto físico que se refiere al corte angulado que mejora las pérdidas de retorno, estos son los más utilizados en las redes GPON
- **Conectores LC:** Los conectores LC tienen un diseño que permite alinear el conector de manera sencilla al adaptador. Se acopla de tipo "Push Pull", tiene una férula de 2.5mm de diámetro son utilizados con cable tipo ajustado y Mini Zip-Cord tiene pérdidas de 0.2 dB, se utilizan en redes locales y en Telecomunicaciones.



Figura 2.24 Tipo de conectores

A la hora de empalmar al conector mecánico los extremos de la fibra necesitan un acabado específico en función de su forma de conexión. Estos son:

- **PC (contacto físico):** Las fibras son terminadas de forma convexa, poniendo en contacto los núcleos de ambas fibras.
- **SPC (Súper contacto físico):** Similar al PC pero con un acabado más fino. Tiene menos pérdidas de retorno.
- **UPC (Ultra contacto físico):** Similar al anterior pero aún mejor con mejores pérdidas de retorno.
- **APC (Anulado contacto físico):** Similar al UPC, pero con el plano de corte ligeramente inclinado. Proporciona unas pérdidas similares al Mejor Ultra contacto físico. Se trabaja con los conectores SC/APC por las bajas pérdidas, son más comerciales, por las aplicaciones y porque trabaja con fibra Monomodo holgada.

2.5.3.3 Pérdidas por Conectores

Las pérdidas de los conectores están en el rango de 0.3 dB a 1.5 dB y depende del tipo de conector utilizado. Las pérdidas por inserción IL (Insertion Loss) típica es de 0.20 dB, máximo de 0.40 dB, para la generalidad de los conectores, mientras que las pérdidas de retorno RL (Return Loss), varían para cada conector de 50 á 70 dB.

Los factores que contribuyen en las pérdidas de conexión son: suciedad o contaminantes en el conector, instalación impropia del conector, mal corte, etc. Cuando empalmamos una fibra con otra, en la unión se produce una variación del índice de refracción lo cual genera reflexiones y refracciones, y sumándose la presencia de impurezas, todo esto resulta en una atenuación.

Se mide en ambos sentidos tomándose el promedio. La medición en uno de los sentidos puede dar un valor negativo, lo cual parecería indicar una amplificación de potencia, lo cual no es posible en un empalme, pero el promedio debe ser positivo, para resultar una atenuación.

2.5.3.4 ¿Qué son los empalmes?

Un empalme de fibra óptica es una unión permanente entre dos fibras. Es el método preferido de conexión cuando las fibras no necesitan ser desconectadas o la señal esta desviada hacia la ubicación de la conexión. Proporciona baja perdida y alta resistencia.

Se pueden realizar empalme en dos lugares: centro de luz y pigtail. Los empalmes de centro de luz cuando existe cualquiera de las siguientes condiciones.

- El cable no se puede obtener en una sola longitud.
- El cable no se puede instalar en una única longitud.
- El cable ha experimentado cualquier daño severo que afecta la transmisión de la señal.

Los pigtails son tramos cortos de cables o tubos de protección apretados con un conector instalado en un extremo. Los diseñadores especifican empalme cola de cerdo con el fin de reducir el coste de la instalación o el tiempo de instalación. Los diseñadores especifican la instalación de la mayoría de los conectores monomodo por corte y empalme cola de cerdo.

2.5.3.5 Tipos de empalmes

Empalme por fusión: Es el proceso por el que dos segmentos de fibra óptica se fusionan entre sí por medio de una descarga eléctrica producida por una máquina de fusión. El empalme de fibra óptica por fusión es el proceso de fusión, o la soldadura de dos fibras. El empalme de fusión se utiliza en la mayoría de las instalaciones iniciales y en la reparación.

El proceso requiere un empalmador de fusión. Este proporciona dos funciones, la primera de alineación precisa de las fibras entre sí antes del empalme y la segunda del control de la operación de empalme.



Figura 2.25 Fusionadora de fibra

Empalme mecánico: Es el proceso en el que dos segmentos de fibra se unen mediante un conector mecánico - óptico. La ventaja principal de empalme mecánico es que proporciona una rápida restauración. En una restauración rápida, ambos extremos de una longitud de cable se preparan y se insertan en los empalmes mecánicos. Los empalmes se instalan en un recinto. Este cable, almacenado en un maletín de transporte, es ahora un kit de restauración rápida.

En este tipo de empalmes, los procesos de limpieza, remoción y escisión son importantes para el proceso de fusión. Se usa en las siguientes situaciones:

- Un gran número de equipos de corte y empalme (ventaja de bajo costo en herramientas)
- Pequeño número de empalmes
- Fibras multimodo viejas
- Reparación rápida



Figura 2.26 Empalme mecánico

2.5.3.6 Pérdidas por Empalmes

Las pérdidas ocurren en todos los tipos de empalme. Para los empalmes mecánicos las pérdidas se encuentran entre 0.2 dB a 1 dB y para los empalmes por fusión las pérdidas son menores a 0.1 dB. Las pérdidas de empalme se atribuyen generalmente a: mal corte, desalineamiento de los núcleos de las fibras, contaminación, burbujas de aire, etc.

2.6 Descripción de la Fibra Óptica

2.6.1 Fabricación

Las fibras de sílice dopado están constituidas por silicio en un 80 al 90% y por lo menos con un 10% de un óxido de dopaje. La incorporación del dopaje en variables concentraciones, permite el control del índice de refracción. Los dopantes comúnmente utilizados son óxido de germanio (GeO_2), de fósforo (P_2O_5), de boro (B_2O_3) o de flúor (SiF_4).

Para obtener materiales de tan elevada pureza, se establece una reacción de compuestos en estado gaseoso, obteniendo un elemento madre llamado preforma. La preforma consiste en un cilindro que tiene un diámetro que oscila desde pocos milímetros hasta unos 20 mm y una longitud desde un metro a metro y medio.

Las dos metodologías más utilizadas para la fabricación son las de crisol y la de preforma. Para grandes producciones y uso en telecomunicaciones se emplea solo el método de preforma. Para medicina, aeronáutica, redes de edificios o computadoras de corto alcance, se suele utilizar el método de crisol.

2.6.1.1 Tipos de procedimiento de fabricación por preforma

Para la fabricación de la preforma se emplean variados procedimientos:

- **OVD (Outside Vapor Deposition)**: Estos métodos se efectúan en dos etapas, creación de la preforma y estirado de la preforma. Se efectúa la deposición sobre la superficie externa de una varilla en rotación. Parte de una varilla de cerámica o grafito de un metro de longitud, la que recibe el nombre de sustrato y sobre la cual se depositan las sustancias dopantes.
- **VAD (Vapor Phase Axial Deposition)**: el método se efectúa la deposición de finas partículas de vidrio sintetizadas en la fase de vapor. Se parte de una preforma en sentido axial. Al ser el crecimiento en el sentido de su eje, el método resulta ser continuo, para lo cual se desplaza la preforma manteniendo constante la distancia entre el quemador y la preforma.
- **MCVD (Modified Chemical Vapor Deposition)**: El procedimiento consiste en la deposición de vidrio por sustancias dopantes sobre la superficie interior de un tubo de silicio de 3 cm. de diámetro y un metro de longitud, él tiene un movimiento de rotación.
- **PCVD (Plasma Chemical Vapor Deposition)**: El procedimiento de deposición por vapor químico activado por plasma PCVD es similar al anterior, como deposición sobre la superficie interior de un tubo de vidrio de cuarzo en rotación.

2.6.2 Estructura básica de una fibra óptica

Una fibra óptica está constituida por un núcleo central (core), que está cubierta por una capa de vidrio llamada revestimiento (cladding), que a su vez tiene una protección llamada recubrimiento primario (soft coating).

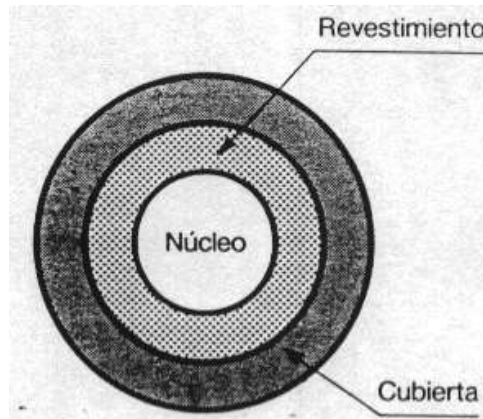


Figura 2.27 Interior de la fibra óptica

Núcleo: es la zona interior de la fibra óptica y es donde se reduce la propagación de la onda lumínica. Esta propagación se produce porque el índice de refracción del núcleo es mayor que el del revestimiento con lo que el haz lumínico se puede propagar mediante reflexión total o una serie de refracciones en el interior del núcleo.

Está constituido de vidrio extremadamente puro constituido por dióxido de silicato SiO_2 , más elementos dopantes. El núcleo varía su tamaño en base al tipo de fibra, si la misma es monomodo (diámetros entre 4 y 10 μm) o multimodo (diámetro entre 50 y 85 μm)

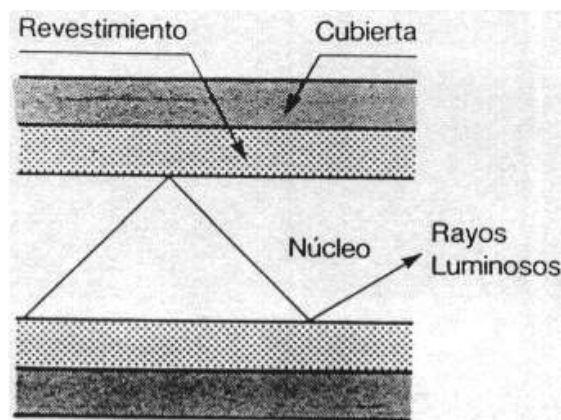


Figura 2.28 Trayecto de la luz a través del núcleo de la fibra

Revestimiento: es la capa central entre el núcleo y el recubrimiento, y es donde se produce la reflexión de la onda lumínica ya que el índice de refracción del revestimiento es menor que el del núcleo. Está constituido de vidrio SiO_2 y que tiene un valor de densidad distinto al del núcleo. Para ambos tipos de fibras presenta un diámetro de 125 nm.

Recubrimiento: es la capa más externa del cable, que desempeña la función de evitar que la luz exterior penetre en el núcleo produciendo interferencias en el cable de fibra óptica, esto se debe a que el índice de refracción del recubrimiento es mayor que el de revestimiento. Este elemento es del tipo adherente como capa de resina siliconada, nylon o acrilato, con 250 μm de diámetro, que para fibras multimodo podrá llegar a 500 μm . Este recubrimiento es generalmente del tipo doble, para absorber los esfuerzos transversales que generan las curvaturas, llamando al segundo, recubrimiento secundario (hard coating).

Para diferenciar los distintos tipos de fibra óptica, se emplean diferentes colores para sus revestimientos:

Tipo de Fibra	Revestimiento
Monomodo	Amarillo
Monomodo de dispersión desplazada	Rojo
Multimodo 50nm de núcleo	Naranja
Multimodo 62.5 de núcleo	Carbón Gris
Multimodo 85 de núcleo	Azul

Tabla 2.4 Colores de los revestimientos

2.6.3 Tipos de fibra óptica

Los tipos de fibra óptica están definidos en base a la cantidad de modos que presentan. Los modos son las ondas luminosas permitidas susceptibles de propagarse por el núcleo de una fibra.

Al parámetro V se lo conoce como frecuencia normalizada de la fibra óptica. V es 2π veces el radio de la fibra óptica por la apertura numérica, sobre la longitud de onda, es decir:

$$V = 2\pi r * \text{raíz de } \{n_2^2 - n_1^2\} / \lambda$$

V define el límite entre cuando una fibra es multimodo (la luz puede tener varias trayectorias al pasar por la fibra óptica) y cuando es monomodo (la luz solo puede tener una trayectoria al pasar por la fibra óptica):

$$V < 2,405 \implies \text{Fibra óptica Monomodo}$$

$$V > 2,405 \implies \text{Fibra óptica Multimodo}$$

Además, el número de modos (trayectorias) para la multimodo es:

$$\text{Cantidad de modos} = V^2 / 2$$

2.6.3.1 Fibra Multimodo

Fibra Óptica Multimodo: Una fibra multimodo es aquella en la que los haces de luz pueden circular por más de un modo o camino. Esto supone que no llegan todos a la vez y puede tener más de mil modos de propagación de luz. Las fibras multimodo se usan comúnmente en aplicaciones de corta distancia, menores a 2 km, es simple de diseñar y económico.

El núcleo de una fibra multimodo tiene un índice de refracción superior, pero del mismo orden de magnitud, que el revestimiento. Debido al gran tamaño del núcleo de una fibra multimodo, es más fácil de conectar y tiene una mayor tolerancia a componentes de menor precisión.

Dependiendo el tipo de índice de refracción del núcleo, tenemos dos tipos de fibra multimodo:

- **Índice escalonado:** Las fibras Multimodo de índice escalonado se basan en vidrio, con una atenuación de 30 dB/km, o plástico, con una atenuación de 100 dB/km. En estas fibras su núcleo es de un material uniforme cuyo índice de refracción es superior al de la cubierta que lo rodea. El paso desde el núcleo hasta la cubierta conlleva por tanto una variación del índice.

- **Índice gradual:** Las fibras multimodo con índice gradual gradiente se basa en que el índice de refracción en el interior no es el único en el núcleo, estas fibras permiten reducir la dispersión entre todos los diferentes modos de propagación que están en el núcleo de la fibra.

2.6.3.2 Fibra Monomodo

Fibra Óptica Monomodo: Una fibra monomodo es una fibra óptica en la que sólo se propaga un modo de luz. Se logra reduciendo el diámetro del núcleo de la fibra hasta un tamaño (8,3 a 10 micrones) que sólo permite un modo de propagación. Su transmisión es paralela al eje de la fibra. A diferencia de las fibras multimodo, las fibras monomodo permiten alcanzar grandes distancias (hasta 400 km máximo, mediante un láser de alta intensidad) y transmitir elevadas tasas de información (10 Gbit/s). Poseen una atenuación típica de entre 0,1 dB y 0,4 dB por kilómetro.

En cuanto a las características de transmisión, la fibra óptica Monomodo posee los siguientes valores de atenuación estándar:

- Alrededor de 0.3 dB/Km a 1310 nm de longitud de onda
- Alrededor de 0.18 dB/Km a 1550 nm de longitud de onda
- Alrededor de 0.23 dB/Km a 1625 nm de longitud de onda

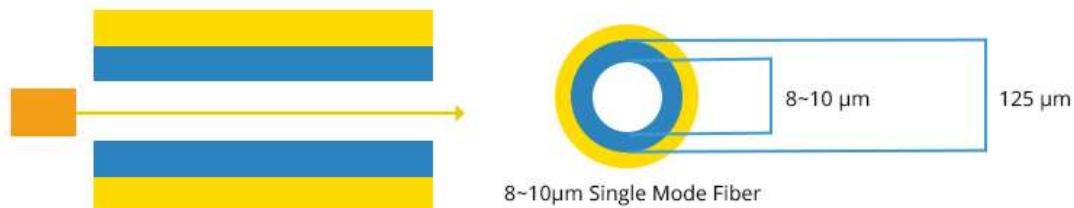


Figura 2.29 Fibra monomodo

2.6.3.3 Tipos de fibra Monomodo

Los tipos de fibra óptica monomodo son OS1 (Optical single mode type 1) y OS2 (Optical single mode type 2), las cuales presentan grandes diferencias en relación a los estándares de la ITU, la forma de construcción del cable, su aplicación, atenuación, distancia y precio.

	OS1	OS2
Estándares	ITU-T G.652 A/B/C/D	ITU-T G.652C/G.657.A1
Construcción del cable	Apretado	Tubo Suelto
Aplicación	Interior	Exterior
Atenuación	0.4 db/km	0.3 db/km
Distancia	10 km	200 km
Precio	Bajo	Alto

Tabla 2.5 Tipos de fibra monomodo

2.6.3.4 Ventajas y desventajas de la fibra monomodo

Ventajas de la fibra monomodo:

- Distancia de fibra monomodo: la fibra monomodo admite una mayor distancia que la fibra multimodo debido a su menor atenuación. Por ejemplo, la fibra multimodo generalmente tiene un alcance de varios metros, mientras que la fibra SM tiene el potencial de alcanzar 200 km.
- Capacidad de ancho de banda: un cable de fibra óptica monomodo ofrece un ancho de banda mayor que un cable de fibra óptica multimodo.
- Dispersión de datos: la fibra monomodo solo transmite luz de un modo, sin causar dispersión modal.
- Velocidad de fibra monomodo: la fibra monomodo no tiene dispersión modal, ruido modal y otros efectos que vienen con la transmisión multimodo. Por lo tanto, puede transportar señales a velocidades mucho más altas y hasta 50 veces más distancia que la fibra multimodo.

Desventajas de la fibra monomodo:

- Tolerancias más estrictas: es difícil acoplar la luz en una fibra monomodo que en una fibra multimodo debido al menor diámetro del núcleo de fibra dentro del SMF. Los núcleos más pequeños (8-10 μm) requieren tolerancias mucho más estrictas que el acoplamiento de la luz en los núcleos más grandes (62.5/50 μm) de fibras multimodo.
- Cuesta más: los componentes y equipos de fibra monomodo son más caros que los de fibra multimodo. La fibra multimodo puede soportar múltiples modos de luz, su precio es más alto que la fibra monomodo. Sin embargo, en el lado del dispositivo, los dispositivos de fibra monomodo son más caros que los dispositivos de fibra multimodo porque la fibra monomodo generalmente usa diodos láser de estado sólido.
- Tecnología más estricta: es más difícil fabricar y manejar SMF que MMF.

2.6.4 Configuración del armado de los cables

Las fibras ópticas en base a la cantidad de buffer e hilos que tenga, son agrupadas en un mismo cable que presenta cierta protección, relleno y cubierta. Existen diferentes formas y materiales de agrupación de los mismos.

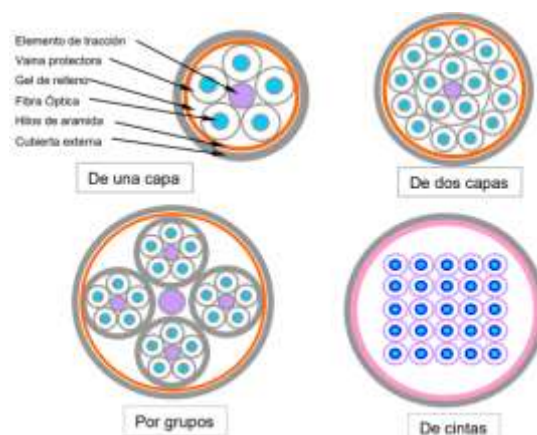


Figura 2.30 Estructuras externas de las fibras

Cubiertas: En cables monofibra, la fibra óptica lleva un recubrimiento primario, un recubrimiento secundario de 0.9 mm, una capa de fibras de aramida y por último una cubierta de material ignífugo coloreado (rojo o amarillo), totalizando un diámetro externo de 3 mm.

Armaduras y blindajes: Los cables enterrado directo para zonas con roedores, se proveen con armaduras o blindajes externos de protección. Son realizados con capas de polietileno, envolturas de flejes de acero, o mallas tejidas de hilos de acero e hilos internos de aramida (Kevlar). También se emplean flejes longitudinales corrugados o capas de láminas de acero corrugadas para posibilitar su flexibilidad, recubiertas con capas de polietileno.

Códigos de colores: Las fibras ópticas se numeran empleando un código de colores combinado, de la protección primaria (de la fibra) y de la protección secundaria (tubo protector). Con esta combinación de colores se permite individualizar cada fibra dentro de un cable. Asimismo, se sigue el procedimiento de ordenamiento de las fibras a lo largo de una ruta de cables ópticos, utilizando estos códigos de colores como guía para efectuar las derivaciones y los empalmes.

Relleno: El relleno de estos cables es un compuesto de gel blando, hidrófugo basado en aceites de baja viscosidad, con gel de sílice de dispersión uniforme y completa. Su finalidad será de protección al agua y al manipuleo de las operaciones, además minimizar las pérdidas por microcurvaturas.

Parámetro	Valor a Cumplir
Resistencia a la tracción	1200 – 2700 N
Resistencia a la compresión	220 N/cm
Radio de curvatura mínimo	15 veces el diámetro del cable
Resistencia de la cubierta	1200 – 1600 psi
Resistencia a la torsión	10 ciclos con rotaciones 180°
Temperatura de operación	-40°C a +70°C
Contracción de la cubierta	< 5%

Tabla 2.6 Características mecánicas de la Fibra Optica

CAPÍTULO III

FUNCIONAMIENTO Y

ARQUITECTURA DE POSTES WI FI

3.1 Redes de telecomunicaciones

3.1.1 Internet

Internet es un neologismo del inglés que significa red informática descentralizada de alcance global. Se trata de un sistema de redes interconectadas mediante distintos protocolos que ofrece una gran diversidad de servicios y recursos, como, por ejemplo, el acceso a archivos de hipertexto a través de la web.

Internet es un anglicismo que se forma por la abreviación del término International Network of Computers, que en español se podría traducir como ‘Red Internacional de Computadoras’, o también como ‘Red de redes’.

Para que una interconexión sea realmente global, todas las redes que se conectan a la gran red de redes deben hacerlo a través de un mismo protocolo o “lenguaje en común”. Es decir, el protocolo de comunicación de Internet debe ser una implementación estándar que garantice la conexión desde cualquier origen hasta cualquier destino.

3.1.2 Protocolo TCP/IP

Durante la década del ’70, un grupo de investigadores de Estados Unidos creó un protocolo de comunicación que denominaron TCP/IP, y conectaron entre sí a un conjunto de redes de computadoras a pedido del gobierno de ese país, sin saber que el proyecto resultaría tan exitoso y tendría alcance global. De esta forma, TCP/IP se convirtió en el modelo de comunicación de las redes que componen Internet.

El modelo TCP/IP es usado para comunicaciones en redes y, como todo protocolo, describe un conjunto de guías generales de operación para permitir que un equipo pueda comunicarse en una red. TCP/IP provee conectividad de extremo a extremo especificando cómo los datos deberían ser formateados, direccionados, transmitidos, enrutados y recibidos por el destinatario.

El modelo TCP/IP y los protocolos relacionados son mantenidos por la Internet Engineering Task Force.

Nº de Capa	Capas
4	Aplicación
3	Transporte
2	Internet
1	Acceso al Medio

Tabla 3.1 Capas de protocolo TCP/IP

3.1.3 WiFi

El WiFi es un mecanismo que permite, de forma inalámbrica, el acceso a Internet de distintos dispositivos al conectarse a una red determinada. Esta tecnología, al tiempo que ofrece la entrada a la gran red de redes, vincula diferentes equipos entre sí sin la necesidad de cables.

Dicha conexión inalámbrica es posible gracias al uso de radiofrecuencias e infrarrojos, empleados para la transmisión de información. Este hecho se traduce, irremediamente, en una limitación, ya que el usuario deberá encontrarse dentro de un alcance específico de cobertura para poder disfrutar de la señal. Generalmente, ese radio varía entre los 5 y los 150 metros de distancia con respecto al aparato emisor de dicha señal.

WiFi es una marca comercial desarrollado por la WECA, organización comercial que cumple con los estándares 802.11 relacionados con redes inalámbricas de área local.

3.1.3.1 Funcionamiento

Las redes WiFi transmiten información por el aire utilizando ondas de radio, que son un tipo de radiación electromagnética con longitudes de onda en el espectro electromagnético más largas que la luz infrarroja.

Las ondas de radio WiFi suelen tener la frecuencia de 2,4 GHz o 5,8 GHz. Estas dos bandas de frecuencia WiFi se subdividen en múltiples canales, siendo cada canal posiblemente compartido por muchas redes diferentes.

Cuando se descarga un archivo a través de una red WiFi, un dispositivo electrónico como ser un router inalámbrico, recibe los datos de Internet a través de su conexión a Internet de banda ancha y luego los convierte en ondas de radio. El router inalámbrico entonces emite las ondas de radio al área circundante, y el dispositivo inalámbrico que ha iniciado la solicitud de descarga las captura y las decodifica.

3.1.3.2 Ventajas

- Utilizan los estándares de la red 802.11, que tiene diferentes variantes como la 802.11a, la 802.11b, 802.11g, 802.11n o la 802.11ac.
- Las radios WiFi pueden transmitir en cualquiera de sus tres bandas de frecuencia. O, pueden realizar “saltos de frecuencia” rápidos entre las diferentes bandas. A menudo el realizar estos saltos reduce la interferencia y permite que múltiples dispositivos utilicen la misma conexión, simultáneamente.
- Al ser redes inalámbricas, la comodidad que ofrecen es muy superior a las redes cableadas, porque cualquiera que tenga acceso a la red puede conectarse desde distintos puntos dentro de un espacio lo bastante amplio.
- Permiten el acceso de múltiples dispositivos sin ningún problema ni gasto en infraestructura, ni gran cantidad de cables.

Aun así, como red inalámbrica, la tecnología wifi presenta los problemas intrínsecos de cualquier tecnología inalámbrica. Algunos de ellos son:

- Una de las desventajas que tiene el sistema wifi es una menor velocidad en comparación a una conexión cableada, debido a las interferencias y pérdidas de señal que el ambiente puede acarrear.
- La desventaja fundamental de estas redes reside en el campo de la seguridad. Existen algunos programas capaces de capturar paquetes, trabajando con la tarjeta wifi en modo promiscuo, de forma que puedan calcular la contraseña de la red y de esta forma acceder a ella.
- Esta tecnología no es compatible con otros tipos de conexiones sin cables, como Bluetooth, GPRS, UMTS, etcétera.
- La potencia de la conexión del wifi se puede ver afectada por los agentes físicos que se encuentran a su alrededor, tales como: árboles, paredes, arroyos, una montaña, etcétera. Dichos factores afectan la potencia de compartimiento de la conexión wifi con otros dispositivos.

3.1.3.3 Tipos de WiFi

Los diferentes tipos de WiFi se clasifican según los estándares 802.11 y, en función del utilizado, varía la velocidad de la señal.

Tipos de WiFi	Característica
IEEE 802.11.	Creado en 1997, en el presente ya no se usa. Éste permitía una velocidad máxima de conexión de dos megabits por segundo, unos valores muy lentos para la mayor parte de las aplicaciones.
IEEE 802.11a.	Surgió en 1999 con una velocidad máxima de 54 megabits por segundo. Esta versión fue la primera en funcionar a 5 GHz, una frecuencia que bloquea fácilmente los objetos y que hace que este estándar tenga un alcance limitado.
IEEE 802.11b, IEEE 802.11g, IEEE 802.11n	Cuentan con velocidades máximas de 11, 54 y 300 megabits por segundo y disponen de una frecuencia de 2,4 GHz, una banda casi universal que los convierte en los más empleados internacionalmente.
IEEE 802.11ac.	Nacido en 2014 y conocido como WiFi 5, funciona a una velocidad máxima de 1.300 megabits por segundo y opera en la banda de 5GHz.

Tabla 3.2 Estándares 802.11 del WiFi

3.2 Postes WiFi

3.2.1 ¿Qué son los postes WiFi?

Son sistemas particulares compuestos tanto por elementos físicos y lógicos que posibilita su autoabastecimiento energético y estructural para brindar el servicio de conexión a internet en forma inalámbrico.

Llevar un dispositivo que permite captar la señal que luego toman los teléfonos celulares mediante WiFi. En nuestro proyecto, estos postes utilizan como medio de transporte de la información una red de fibra óptica, que luego es esparcida a los usuarios mediante un router inalámbrico.

Los usuarios visualizarán los postes WiFi en forma rápida y segura por la señalización que poseerán. Los mismos son públicos y gratuitos a los que se podrán acceder en forma física al costado de la ruta. Cada poste tendrá un parlante y un cartel con las instrucciones de su uso y forma de conexión a su WiFi.

3.2.2 Estructura

3.2.2.1 Diseño

El tamaño de los postes será de 11,3 metros, de los cuales 1,3 metros son los que estarán soterrados, obteniendo 10 metros de altura visual y externa del poste. El tamaño, forma y color de los postes deben ser tales que permitan su visibilidad adecuada en condiciones normales a toda persona con visión normal, a una distancia de 300 metros. El mismo es de una gran altura ya que servirá para:

- Para colocar el Access point y los paneles solares a una altura más beneficiosa para su correcto funcionamiento.
- Para evitar el vandalismo.

Cada poste tendrá forma cilíndrica con un radio de 10 cm (20 cm de diámetro) y será instalado a 2 metros de distancia del borde la ruta 51.

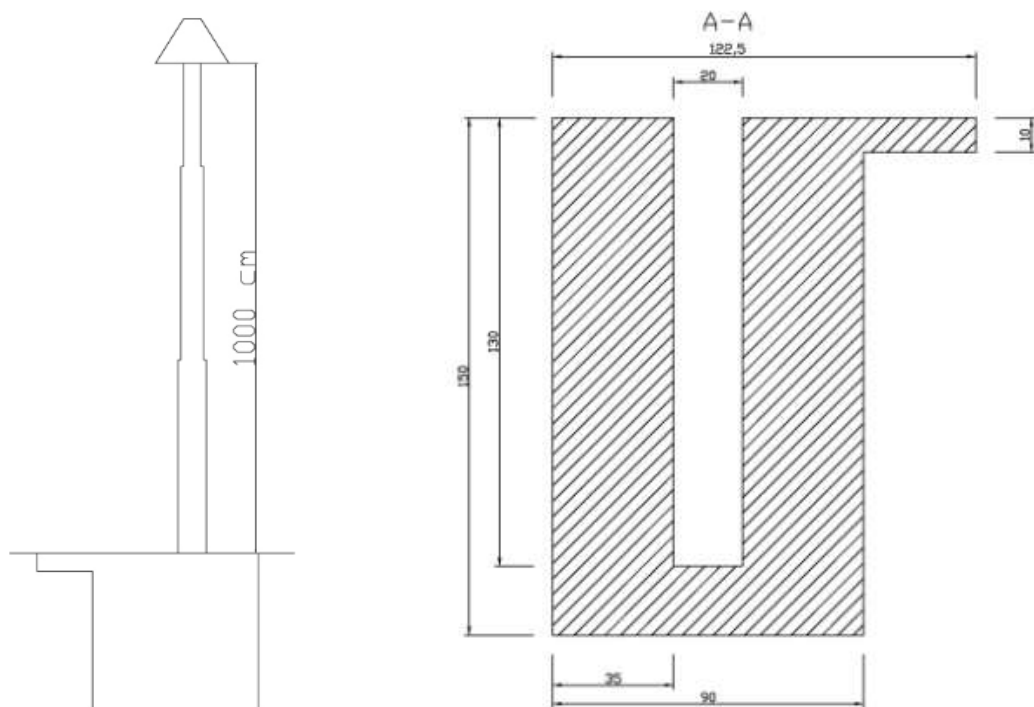


Figura 3.1 Dimensiones del poste WiFi

La base será de caño camisa. Las mismas fueron diseñadas en base a las condiciones climáticas y la topología del terreno de la zona comprendida.

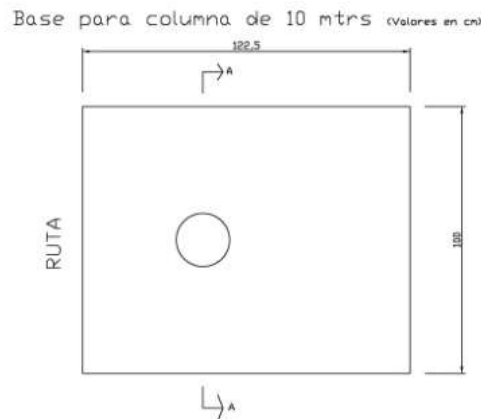


Figura 3.2 Base para la instalación del poste

3.2.2.2 Carcasa

Son sistemas particulares compuestos tanto por elementos físicos y lógicos que posibilita su autoabastecimiento energético y estructural para brindar el servicio de conexión a internet en forma inalámbrico.

El poste tendrá carcasa de poliéster reforzado con fibra de vidrio pintado en RAL 2004. Todas las líneas de comunicaciones están protegidas mediante elementos de separación galvánica y otros elementos de protección contra sobretensiones de al menos 3000 Vcc, cumpliendo con ello con la norma CEI 255-5 Clase C.

Estará construido totalmente de hierro pintado y anticorrosivo, siempre que cumplan las normativas de aislamiento de la humedad y el polvo. Los valores mínimos de resistencia serán:

- Resistencia a la tracción: 625 kg/cm²
- Resistencia a la flexión: 1 100 kg/cm²
- Resistencia a los choques: 30 kg/cm²

Las carcasas estarán constituidas por los siguientes elementos:

Columna: Fabricada de hierro de 4" diámetro como mínimo. No debe tener salientes que faciliten le trepada de una persona al poste y debe respetar los valores mínimos de la resistencia al viento.

Capitel: Debe ser diseñado para ser montado sobre columna estándar. Construido con chapa reforzada y/o electrozincada, antivandálico con aireación. Deberá estar soportado a la columna de manera que pueda ser orientado una vez colocado el poste. Deberá poseer porta panel solar, porta antena y porta baliza en su parte superior. Dentro de este capitel, se alojará la batería y la unidad de potencia de los transeptores digitales (WiFi) y todo otro elemento necesario para su funcionamiento.

Caja Estanco: Deberá estar soldada al poste y de muy alta resistencia a golpes. Tendrá un saliente para evitar que el agua de lluvia ingrese a la electrónica del frente: parlantes, etc. La terminación anti vandálica debe ser del mismo tipo que el capitel, como así también la protección contra la humedad.

3.2.2.3 Señalización y pintura

El poste exterior estará pintado en pintura COLOR RAL 2004 (norma correspondiente en señalización de la ruta). El pintado será realizado con pintura anticorrosiva de color amarillo en todos los elementos del poste tipo epoxy, excepto el frente que será de acero inoxidable. El acabado interior será igual que el exterior con máxima protección anticorrosiva.

Se colocarán los reflectantes "WIFI" e "Instrucciones" que serán claramente visible de ambos lados de la ruta, tanto de día como de noche (garantizara la visibilidad nocturna a una distancia de 1150 metros). Junto al cartel de instrucciones estarán anotados los números telefónicos de utilidad en dicha zona (hospitales, policía, bomberos, etc.)

Poseerá un sistema de balizamiento de color azul para guía nocturna que funcionará en forma intermitente (50%) y se activará al llegar el crepúsculo o cuando haya muy baja luminosidad., además de que cada poste deberá estar identificado con numeración correlativa fácilmente visible por el usuario y por los técnicos.

3.3 Equipos y componentes de los Postes WiFi

Todos los elementos provistos en los Postes WiFi, deberán haber sido testeadas para operar correctamente dentro de un rango de temperatura entre +50°C y -20°C y soportar ráfagas de viento de hasta 180km/h. Además de ser aptos para su instalación en la intemperie con humedad y suciedad.

La alimentación será de una red de 230 V \pm 10% 50 Hz con protecciones contra sobretensiones. La impedancia de tierra no será superior a 10 ohmios.



Figura 3.3 Equipamiento y componentes del poste WiFi

3.3.1 Componentes

3.3.1.1 Caja Estanco

Una caja estanco es un contenedor de conexiones eléctricas, por lo general destinada a ocultarlas de la vista y desalentar la manipulación. Las cajas de conexiones forman una parte integral de un sistema de protección de los circuitos, donde se debe suministrar integridad del circuito.

Además, en la caja estanco se alojará el regulador de tensión de la energía solar, la fuente de alimentación del Access point y del parlante. Además, se colocará un inversor en caso de ser necesario.

- Modelo y Marca: DS-TLWSP- PB3000 / Hikvision
- Material: hoja laminada en frío y pulverizada
- Voltaje de salida: 220 VAC
- Sistema de disipación térmica: Ventiladores integrados 45°C
- Protección: Protección contra rayos, puesta a tierra y disyuntor.
- Nivel Impermeable: IP55



Figura 3.4 Caja estanco

3.3.1.2 Varios

Cable de energía: Un cable eléctrico tiene la finalidad de transportar la energía eléctrica de un punto a otro. En función de su aplicación final, los cables pueden tener diferentes configuraciones, basando siempre su diseño según normativas. Su conductor es de cobre.

Toma de 4 bocas: es un dispositivo eléctrico usado para conectar varios aparatos eléctricos de corriente alterna en un mismo enchufe.

Protección térmica: es un dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando esta sobrepasa ciertos valores máximos.

Protección disyuntor: es un dispositivo capaz de interrumpir, o de abrir, un circuito eléctrico cuando ocurre un error de aislación en una instalación eléctrica. Sirve para proteger tanto a los propios dispositivos eléctricos como a las personas.

3.3.2 Equipos

3.3.2.1 Baliza y pararrayo

Baliza

La baliza es un objeto señalizador, utilizado para indicar un lugar geográfico o una situación de peligro potencial.

- Modelo y Marca: Universal
- Material y tamaño: Plástico / 16cm x 12cm
- Voltaje de salida: 12V



Figura 3.5 Baliza

Pararrayo

Un pararrayos es un terminal aéreo que realiza la protección externa de una estructura de los posibles impactos directos de los rayos. Se debe instalar siempre por encima de la parte más elevada de la estructura a proteger y será encargado de captar y canalizar de forma segura la descarga del rayo.

- Marca y Modelo: Euca / Franklin 5 puntas
- Material: Bronce 5/6 WG, Latón al plomo forjado C-37700 IRAM 782
- Complemento: Rosca de 1/2 pulgada



Figura 3.6 Pararrayo

3.3.2.2 Access Point (WiFi)

Para este proyecto se decidió poner un Access Point en lugar de un router WiFi, la explicación del mismo esta detallada en el capítulo V ya que para el ruteo de la red se definió que este en las ciudades cabeceras y que sea distribuido a cada poste por medio de VLAN. Que la fibra óptica llegue directo al equipo de transmisión inalámbrico sin otro router como intermediario.

Un punto de acceso inalámbrico WAP o AP “Wireless Access Point” actúa como un dispositivo que inter-conecta equipos de comunicación inalámbrica para construir una red inalámbrica. Estos se encargan de crear la red y siempre están a la espera de nuevos usuarios para brindar un servicio.

Ventajas

- Dar acceso a una red inalámbrica a los clientes.
- Llevar una conexión a internet a donde no había antes, sin perder ancho de banda con repetidores.
- Cubrir grandes áreas con una conexión de calidad, reduciendo el uso de cableado.
- Permite más usuarios conectados, al mismo tiempo.

El punto de acceso recibe la información, la almacena y la transmite entre la WLAN “Wireless LAN” y la LAN cableada.

- Marca y Modelo: ARUBA / SERIE 370 EX
- Puertos: Un puerto 1000BASE y un puerto SFP
- Alimentación: 23W y compatible con 802.3at (POE)
- Dimensiones y peso: 23 cm (ancho) x 22 cm (fondo) x 13 cm (alto) / 2.1 kg
- Cobertura: Cubre entre 30 y 100 metros en forma omnidireccional.



Figura 3.7 Access point Aruba 370

Especificaciones hoja técnica:

ESPECIFICACIONES DE LA SERIE AP-370EX

AP-375EX

- Bandas de radio 802.11ac de 5 GHz con MU-MIMO 4x4 (velocidad máxima de 1.733 Mbps)
 - Antenas omnidireccionales internas de 4,6 dBi
- Bandas de radio 802.11n de 2,4 GHz con MIMO 2x2 (velocidad máxima de 300 Mbps)
 - Antenas omnidireccionales internas de 4,0 dBi

ESPECIFICACIONES DE RADIO WI-FI

Tipo de AP: reforzado para exteriores, radio dual, 802.11ac de 5 GHz con MIMO 4x4 y 802.11n de 2,4 GHz con MIMO 2x2

Radio dual configurable por software compatible con 5 GHz (Radio 0) y 2,4 GHz (Radio 1)

5 GHz:

- Cuatro MIMO multiusuario (MU-MIMO) de flujo espacial para velocidades de transmisión de datos inalámbricos de hasta 1.733 Mbps con hasta tres dispositivos de cliente con capacidad MU-MIMO simultáneamente.
- Cuatro MIMO de usuario único (SU-MIMO) de flujo espacial para velocidades de transmisión de datos inalámbricos de hasta 1.733 Mbps a dispositivos cliente 4x4 VHT80 o 2x2 VHT160.

2,4 GHz:

- Dos MIMO de usuario único (SU-MIMO) de flujo espacial para velocidades de transmisión de datos inalámbricos de hasta 300 Mbps a dispositivos cliente 2x2 HT40 individuales.

Admite hasta 256 dispositivos cliente asociados por radio, y hasta 16 BSSID por radio

Figura 3.8 Especificaciones técnicas Aruba 370

3.3.2.3 Parlante

Modelo y Marca: SPKE 301 FO / Hikvision

Dara el mensaje de VOZ de bienvenida y de identificación del número de poste. Además de informar el nombre de la red y los pasos para conectarse a la misma al apretar un botón.

El equipo de comunicaciones SPKE 301 FO con las bornes de conexión y los elementos de protección de comunicaciones y alimentación, así como altavoces y micrófono forma un conjunto funcional que es operativo entre temperaturas de - 10 a + 50°C y humedades relativas entre 10 a 95 % sin condensación.



Figura 3.9 Parlante SPKE 301

3.3.3 Energía

Este sistema de postes WiFi tienen un muy bajo consumo en general, por tal motivo son aptos y compatibles para darle solución energética a través de baterías y alimentación solar. Por tal motivo los equipos que lo componen serán alimentados por energía solar proveniente de los paneles que a su vez cargarán una batería de mantenimiento que será usada en los momentos que no se pueda obtener energía del sol (ejemplo: día lluvioso)

3.3.3.1 Paneles Solares

Un panel solar es un dispositivo que capta la energía de la radiación solar para su aprovechamiento. El tipo más común de panel solar son los paneles fotovoltaicos o placas fotovoltaicas. Para el proyecto lo utilizaremos ya que la zona del desarrollo del mismo no se cuenta con corriente convencional del ente provincial encargado de brindarla.

Estos están formados por numerosas celdas que convierten la luz en electricidad. Las celdas a veces son llamadas células fotovoltaicas. Estas celdas dependen del efecto fotovoltaico porque la energía lumínica produce cargas positiva y negativa en dos semiconductores próximos de diferente tipo, produciendo así un campo eléctrico capaz de generar una corriente. Los materiales para celdas solares suelen ser silicio cristalino o arseniuro de galio.

- Modelo y Marca: DS-TLWSP-S250 / Hikvision
- Capacidad: 285 W
- Peso y tamaño: 19.4 kg / 1.6 m²
- Eficiencia de modulación: 17.8%
- Tipo de cable de alimentación y longitud: PV / 0.9 metros
- Marco: Aluminio
- Soporte: cada panel viene con su soporte de fijación expuestos, orientable con una única tuerca de fijación central.

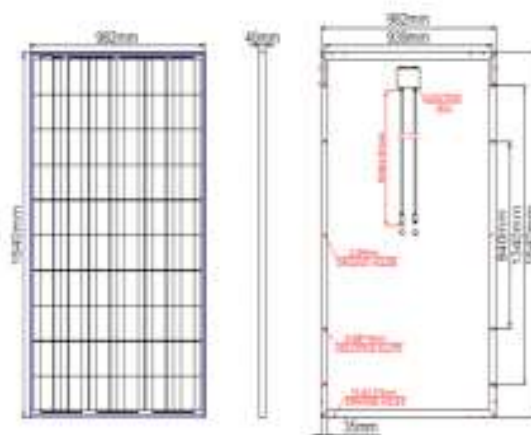


Figura 3.10 Paneles Solares

3.3.3.2 Controlador Solar

Un regulador solar (o de carga) es un dispositivo encargado de controlar constantemente el estado de carga de las baterías, así como de regular la intensidad de carga con el fin de alargar la vida útil de las baterías. Controla la entrada de corriente proveniente del panel solar y evita que se produzcan sobrecargas y sobre descargas profundas en la batería.

- Modelo y Marca: DS-TLWSP-SC3000 / Hikvision
- Tecnología de seguimiento: Por picos elevados
- Eficiencia de seguimiento MPPT: 99%
- Pantalla LCD: Configuración y comprobación accesible.
- Protocolo: Compatible con Modbus estándar



Figura 3.11 Controlador solar

3.3.3.3 Inversor

Un inversor es un dispositivo que cambia o transforma una tensión de entrada de corriente continua a una tensión simétrica de salida (senoidal, cuadrada o triangular) de corriente alterna, con la magnitud y frecuencia deseada por el usuario o el diseñador. En este caso transforma el voltaje de 24v obtenidos desde el regulador a través de la batería, en 220v de corriente alterna.

- Modelo y Marca: DS-TLWSP-WR1000-24 / Hikvision
- Tecnología de conversión: SPWM y salida onda sinusoidal pura.
- Eficiencia máxima: >91%
- Protecciones: cortocircuito, sobrecarga, voltaje de entrada insuficiente, protecciones contra sobrecalentamiento.



Figura 3.12 Inversor

3.3.3.4 Batería

Una batería eléctrica o acumulador eléctrico es un dispositivo que consiste en dos o más celdas electroquímicas que pueden convertir la energía química almacenada en corriente eléctrica. Cada celda consta de un electrodo positivo, o ánodo, un electrodo negativo, o cátodo, y electrolitos que permiten que los iones se muevan entre los electrodos, permitiendo que la corriente fluya fuera de la batería para llevar a cabo su función, alimentar un circuito eléctrico.

Existen diferentes tipos de batería, para este proyecto se decidió utilizar la batería de gel por encima de las baterías de plomo ácido abierto (más utilizadas), por las siguientes ventajas y motivos:

- Son de ciclo profundo, tienen la capacidad de descargarse hasta alcanzar un 70-80% de profundidad de descarga.
- No liberan gases, perfectas para lugares más cerrados.
- No se derrama el ácido, ya que no se encuentra en estado líquido
- Su rendimiento es mayor en climas más cálidos
- Gracias a su descarga lenta se aplica a electrónica, telecomunicaciones, alarmas, etc.

Las baterías deberán instalarse en un gabinete independiente tanto en caso de ser selladas por seguridad como también si son de Litio dado el peso y volumen para facilitar la instalación.

- Modelo y Marca: DS-TLWSP-P200 / Hikvision
- Tipo: GEL
- Voltaje Nominal: 12V
- Capacidad Nominal (10hr): 200AH
- Rango de temperatura de funcionamiento: Descarga: -15-50 °C (5-122 °F) / Carga: 0-40 °C (32-104 °F) / Almacenamiento: -15-40 °C (5 ~ 104 °F)



Figura 3.13 Batería

3.3.3.5 Cálculos de consumo

Consumo de los equipos utilizados: (según hoja técnica de cada uno)

- Access Point Aruba 370 EX: 10W

- Baliza genérica: 4W
- Parlante electrónico: 5W

Consumo de energía por día de cada equipo: (consumo de cada equipo x 24 horas)

- Access Point Aruba 370 EX: 10W x 24 = 240 Wh
- Baliza genérica: 4W x 24 = 96 Wh
- Parlante electrónico: 5W x 24 = 120 Wh

TOTAL: 240 Wh + 96 Wh + 120 Wh = **454 Wh**

La autonomía para cada poste WiFi será de 2 días, en caso de que este nublado o lluvioso por 48 horas seguidas, igual seguirá funcionando el sistema. (total consumo x días de autonomía)

- Consumo con autonomía = 454 Wh x 2h = **908 Wh**

Usaremos una batería de gel modelo DS-TLWSP-P200 (Hikvision), esta batería tiene un voltaje nominal de 12V, una capacidad nominal de 200 Ah y al ser de gel presenta un rango de descarga del 70%. Por lo tanto, la capacidad de esta batería será:

- Capacidad batería = Voltaje nominal x capacidad nominal x capacidad de descarga = 12V x 200 Ah x 70% = **1680 Wh**
- **1680 Wh > 908 Wh** – Por lo tanto, se necesita una sola batería de estas baterías para lograr la autonomía de 2 días, dejando un margen de 600 Wh para más días de autonomía o para conectar otro equipo electrónico en el poste.

La generación de energía por día se calcula en base a los paneles, para cada poste WiFi se utilizará 2 paneles marca DS-TLWSP-S250 (Hikvision) que tienen una capacidad de 285 W cada uno. La radiación solar que recibirán los paneles será de 5 días y cada uno tiene una eficiencia de recepción del 80%.

- Generación energía por día = Cantidad de paneles x Capacidad de cada panel x horas de radiación solar x eficiencia del panel = 2 x 285W x 5 x 80% = **2280 Wh**
- Energía de almacenamiento = generación energía por día (5 horas) – consumo energía por día = 2280 Wh – 454 Wh = **1826 Wh**
- Tiempo en cargar las baterías = 1680 Wh / 1826 Wh = **0.92 días** en cargar las baterías por completo.

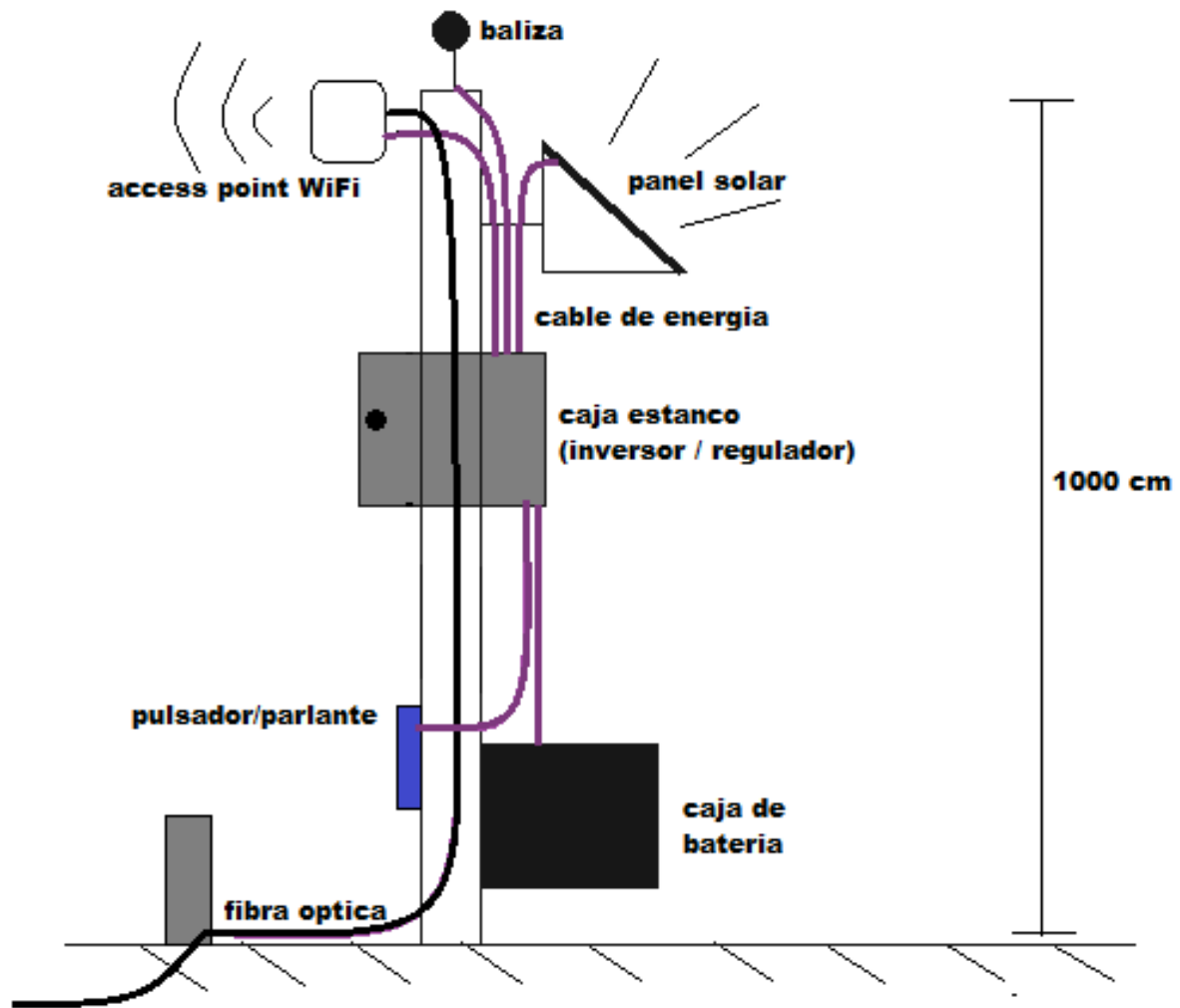


Figura 3.14 Diseño final poste WiFi

CAPITULO IV
DISEÑO E IMPLEMENTACION DE LA
RED FISICA

4.1 Puntos de Conexión del Proyecto

4.1.1 Postes existentes del 911

En la actualidad el sistema de emergencia del 911 de la provincia de Salta cuenta con 83 (ochenta y tres) de los denominados Postes S.O.S. Los mismos se encuentran en los Valles Calchaquíes, en el Valle de Lerma y en la ruta nacional n° 9 que une a Salta Capital con la localidad de General Güemes.

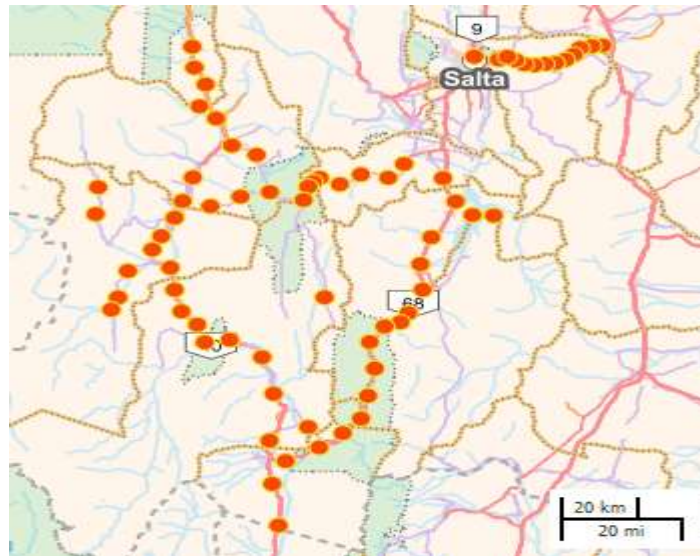


Figura 4.1 Postes SOS del 911 en la provincia de Salta

Estos postes están dañados y son obsoletos al día de la fecha por la total falta de mantenimiento. El servicio que brindaban los mismos no era de internet, sino que por su altura tomaban la poca señal telefónica existente (si no existiera ni la mínima señal no se instalaba el poste) y la amplificaban para dar cobertura y servicio al usuario.

Con esta tecnología podías comunicarte directamente con el sistema de emergencia 911 de Salta Capital para informar la incidencia. Pero dicha solución ya no cubre las necesidades actuales del usuario, tanto de los turistas de paso como de los habitantes de esas regiones, ya que por el avance tecnológico ellos no buscan el servicio propio de la comunicación telefónica, sino que requieren de los “datos” para la navegación en redes sociales, paginas educativas o de negocios.

4.1.2 Quebrada del Toro

4.1.2.1 Información del lugar

La Quebrada del Toro pertenece al departamento de Campo Quijano y posee una población de 12.500 habitantes según el Censo del año 2001. Está Quebrada es el camino que comunica el Valle con la Puna. Tiene una altura de 1580 y 3500 m.s.n.m. desde la zona baja hasta las zonas altas, esto implica características de vegetación y producción diferenciadas en cada tramo.

Tiene una longitud de 70 km. y es atravesada en su mayoría por la ruta nacional N°51, conocida como el paso internacional a Chile y es el tránsito obligado hacia la localidad de San Antonio de los Cobres (de características puneñas) desde la cual sale el Tren a las Nubes que atraviesa la Quebrada en varios tramos. Está compuesta por trece parajes y depende del municipio de Campo Quijano, a 30 km. de la capital de la provincia de Salta.

4.1.2.2 Encuesta de Justificación

En la introducción del proyecto se definió que la principal técnica e instrumento para la recopilación de datos para lograr la justificación del mismo y la definición de los lugares específicos en donde se instalaran los POSTES WiFi será la encuesta que se desarrolló a través de los formularios de Google.

La misma fue respondida mayoritariamente por habitantes de la localidad de Salta Capital que clasifican como potenciales turistas de la región de la Quebrada del Toro y presentan conciencia social sobre la realidad de esta zona. Se adjunta el link:

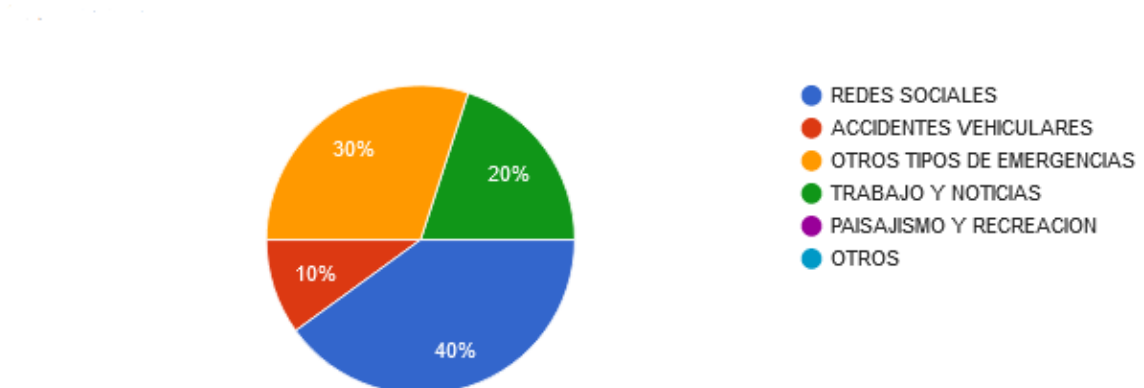
<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfMLsoVz9Pg-HIO745jJwkV5JJ21e8JI3qQ4nonGffsImjoAQ/viewform>

La información obtenida hace referencia a una muestra de 100 personas aleatorias con las características antes descritas. Los datos más relevantes adquiridos por esta encuesta son:

¿Te parece útil tener servicio de internet en diferentes trayectos de la ruta 51?

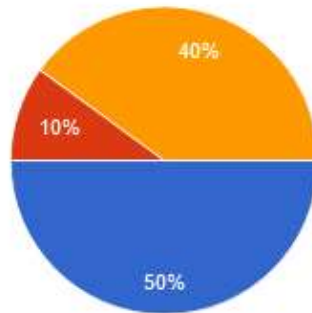


¿Principalmente, para que actividad lo utilizarías?



¿El servicio debería ser gratuito y con fines sociales tanto para los turistas como para los habitantes de esa region?

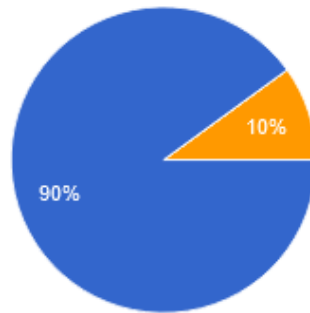
100%



- SI
- NO
- TAL VEZ

¿Cual crees que seria el mayor beneficio para dichos habitantes?

100%

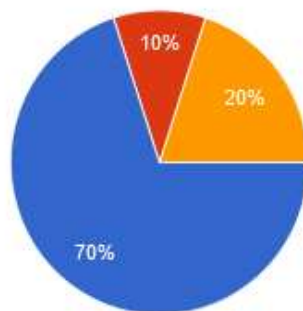


- EDUCACION
- NOTICIAS ACTUALES
|- TRABAJO Y EMPRENDEDURISMO

- SEGURIDAD
- SALUD
- OTROS

¿Crees que este tipo de proyectos debería ser llevado a cabo por entes gubernamentales (gobierno/enacom/municipalidades)

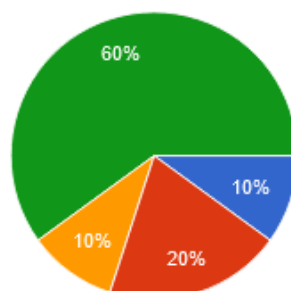
100%



- SI
- NO (por empresas privadas y servicio pago)
- TAL VEZ

¿Cual pensas que seria el mayor beneficio para el gobierno?

100%



- TURISMO
- DESARROLLO ECONOMICO
- TIEMPOS DE RESPUESTAS ANTE EMERGENCIAS
- OPORTUNIDADES PARA LOS HABITANTES DE ESA REGION

4.1.3 Trayectos de la Quebrada del Toro

4.1.3.1 Ruta Nacional N° 51

La Ruta Nacional 51 es una carretera argentina, que se encuentra en el oeste de la Provincia de Salta y el sudoeste de la Provincia de Jujuy. Su recorrido es de 283 km, de los cuales 149 km están pavimentados y el resto es calzada enripiada. Une la rotonda del Aeropuerto (Ciudad de Salta) con el Paso Sico, a 4092 msnm, en el límite con Chile. Este camino continúa en la vecina república como ruta 23-CH.

Esta ruta corre paralela, en tramos, al Tren a las Nubes. Para acceder al Viaducto La Polvorilla hay que tomar una ruta de tierra que sale en el km 171. Además, pasa por la Reserva Provincial Los Andes en el oeste de la provincia de Salta.

El trayecto de esta ruta en la que nos concentraremos es el que une las localidades de Campo Quijano y San Antonio de los Cobres que presenta una distancia total de **117 kilómetros**.

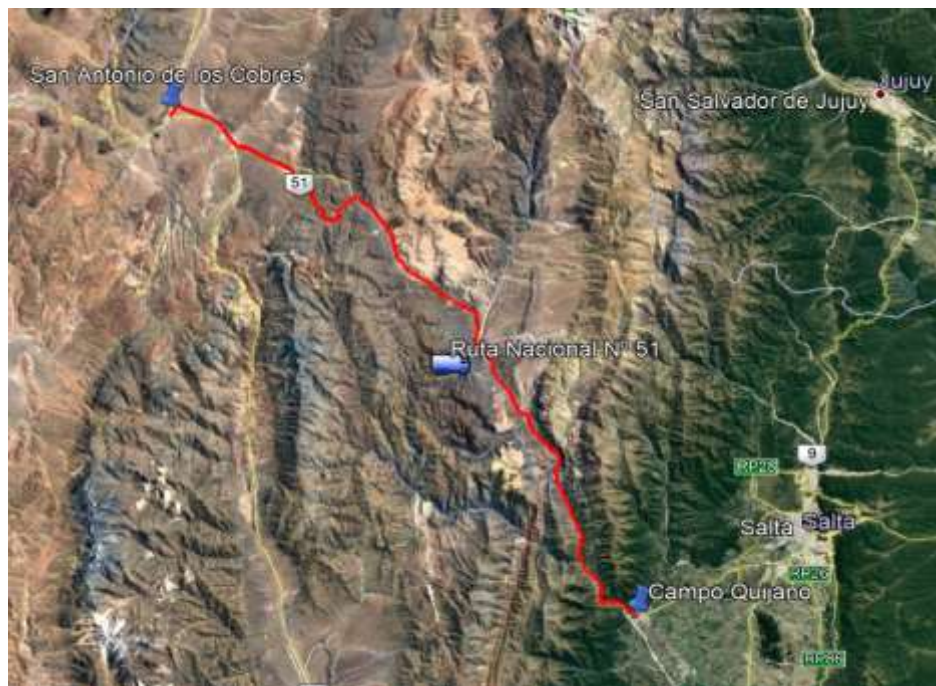


Figura 4.2 Trayecto Ruta Nacional N° 51

4.1.3.2 Tren a las Nubes

El Tren a las Nubes es un servicio ferroviario turístico argentino sobre el ramal C-14 del Ferrocarril General Manuel Belgrano en el tramo que une la Estación Salta con el viaducto La Polvorilla, sobre la Cordillera de los Andes, a más de 4220 msnm (13845 pies). El tren parte de la ciudad de Salta, atraviesa el Valle de Lerma para introducirse en la Quebrada del Toro y llegar hasta la Puna de Atacama.

Las vías se encuentran a la vera de la ruta 51 en la mayoría del recorrido que se usara para nuestro proyecto (73 kilómetros), pero cuenta con un tramo de 44 kilómetros en los que se desplaza por un trayecto muy distante de la ruta en las que se encuentran varias localidades a las que también llegaremos con los postes WiFi.

El despliegue del troncal de fibra óptica se realizará al costado de la vía del tren, ya que presenta el terreno removido y apto para su cavado con soterramiento de la fibra a través de monotubos. Además, este recorrido cuenta con puentes, túneles y viaductos que facilitarían el despliegue y protección del troncal. En el trayecto de la ruta 51 en la que no se desplaza el Tren a las Nubes, la obra de soterramiento de la fibra se realizara a la vera de la misma. La parte de permisos con los responsables y dueños del Tren a las Nubes para hacer uso de su infraestructura y terreno se encuentra en el capítulo VIII de marco legal.



Figura 4.3 Trayecto Tren a las Nubes

4.1.4 Localidades beneficiarias

Para llevar a cabo el proyecto se tomaron en cuenta la TOTALIDAD de localidades que se encuentran en la Quebrada del Toro que son atravesadas tanto por la Ruta Nacional 51 como por el trayecto del Tren a las Nubes. En total son 15 comunidades, en las cuales se adjunta su población aproximada para tener en cuenta la cantidad de beneficiarios locales.

N	Localidades Quebrada del Toro	Población (aprox.)
1	Campo Quijano	8929
2	El Alisal	210
3	Chorrillos	180
4	Ingeniero Maury	250
5	Gobernador J. Sola	200
6	El Alfarcito	85
7	San Bernardo de las Zorras	135
8	Diego de Almagro	90
9	Cachinal	70
10	Santa Rosa de Tastil	60
11	Las Cuevas	120
12	Abra Blanca	50
13	Munano	40
14	Los Patos	45
15	San Antonio de los Cobres (SAC)	4763

Tabla 4.1 Habitantes en las poblaciones de la Quebrada del Toro

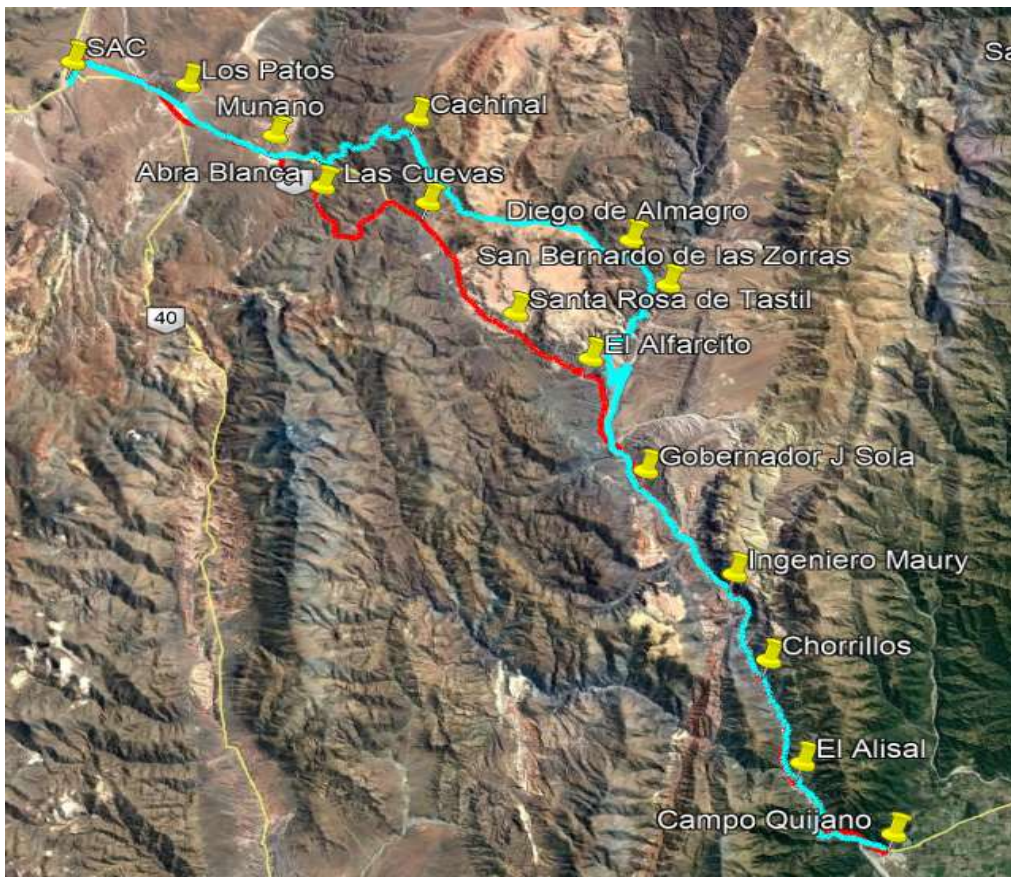


Figura 4.4 Ubicación de las localidades en los diferentes trayectos

4.1.5 Relevamiento de Puntos Estratégicos

Además de los postes WiFi que se colocaran en las 15 localidades, se analizaron los lugares estratégicos sobre la ruta y vía del tren que existen entre dichos pueblos. Para la selección de estos puntos se tomaron en cuenta una serie de factores:

- La equidistancia hacia los pueblos más cercanos.
- Lugares Aptos para la recreación, descanso y paisajismo.
- Sectores de mucha incidencia y accidentes vehiculares o desprendimientos de rocas.
- Terrenos lodosos o cercanos a ríos con proyección de desborde en tiempos de lluvia.
- Zonas en donde la señal de telefonía celular es nula o muy baja.
- Puntos cercanos a caseríos.

En total se seleccionaron 20 puntos estratégicos, para la toma de decisión de los puntos se recorrió personalmente la zona en cuestión y se usó técnica de entrevista no estructurada con los habitantes de las diferentes localidades para recopilar esta valiosa información.

Estos relevamientos fueron útiles para justificar los objetivos a los que estará acoplado cada uno de los postes WiFi, también para verificar y definir si habría que realizar trabajos de adecuación en el terreno de los sitios. A estos puntos se los geo-referencio:

Postes Ruta	Latitud	Longitud
Poste 1	24°53'39.04"S	65°41'40.18"O
Poste 2	24°51'54.54"S	65°42'54.54"O
Poste 3	24°48'9.01"S	65°43'28.90"O
Poste 4	24°43'14.22"S	65°45'37.09"O
Poste 5	24°38'20.40"S	65°48'3.21"O
Poste 6	24°34'17.01"S	65°51'12.02"O
Poste 7	24°31'54.27"S	65°52'23.69"O
Poste 8	24°27'43.72"S	65°51'52.49"O
Poste 9	24°21'38.79"S	65°53'54.93"O
Poste 10	24°21'14.15"S	65°57'12.21"O
Poste 11	24°19'15.08"S	66° 0'30.57"O
Poste 12	24°17'0.10"S	66° 5'22.39"O
Poste 13	24°18'15.46"S	66° 5'11.71"O
Poste 14	24°28'29.25"S	65°54'49.25"O
Poste 15	24°24'49.24"S	65°59'26.33"O
Poste 16	24°20'5.97"S	66° 2'58.54"O
Poste 17	24°21'58.63"S	66° 5'43.75"O
Poste 18	24°16'32.34"S	66°11'1.55"O
Poste 19	24°13'15.53"S	66°15'49.39"O
Poste 20	24°12'23.56"S	66°18'27.01"O

Tabla 4.2 Coordenadas de los postes WiFi en puntos estratégicos



Figura 4.5 Ubicación de los postes WiFi estratégicos en los diferentes trayectos

4.2 Diseño de la red

4.2.1 Introducción del diseño

Para el diseño de la red, se arrancó por la parte más importante que es el medio de transmisión de la información y su método de implementación.

El canal que se utilizará para la transmisión será la fibra óptica, hemos elegido este medio sobre radioenlaces u otros canales físicos por su fiabilidad, eficacia, posibilidad de transmisión a largas distancias con altas velocidades, baja tasa de pérdidas y por las demás características que especificamos en el Capítulo II.

El método óptimo que se utilizará para desplegar la fibra óptica será por soterramiento a través de tubos de PVC que se desplegará a la vera de la ruta 51 y del recorrido del Tren a las Nubes. Este tipo de instalación posee grandes ventajas, como una alta fiabilidad y protección del cable, además de un menor impacto visual a diferencia del tendido aéreo (actualmente no existen postes a la vera de la ruta para realizar el tendido aéreo, por lo cual para esta solución habría que “plantarlos”). La desventaja del soterramiento de los cables es el gran costo económico que requiere, sumado a las dificultades técnicas y físicas de su implementación.

Para el correcto desarrollo del diseño de la red de fibra óptica, se ha sectorizado el recorrido en 4 partes, de las cuales cada una abarca cierta cantidad de postes WiFi.

- Sector A: Abarca desde el poste de la localidad de Campo Quijano hasta el poste N° 7 de los postes de ruta. **Distancia total: 53 km**
- Sector B: Abarca desde el poste N° 7 hasta el poste de la localidad de Munano a través del recorrido del Tren a las Nubes. **Distancia total: 55 km**
- Sector C: Abarca desde el poste N° 7 hasta el poste de la localidad de Munano a través del recorrido de la ruta N° 51. **Distancia total: 52 km**
- Sector D: Abarca desde el poste de la localidad de Munano hasta el poste de la localidad de San Antonio de los Cobres. **Distancia total: 22 Km**

Sector	Poste	Distancia al Poste correlativo
A	Poste Campo Quijano	3.27 km
A	Poste 1	4.09 km
A	Poste 2	1.45 km
A	Poste El Alisal	5.15 km
A	Poste 3	4.56 km
A	Poste Chorrillos	4.66 km
A	Poste 4	5.51 km
A	Poste Ing. Maury	5.46 km
A	Poste 5	7.01 km
A	Poste Gob. J. Sola	2.68 km
A	Poste 6	4.00 km
A	Poste 7	9.62 km
B	Poste 8	6.37 km
B	Poste San Bernardo de las Zorras	4.69 km

B	Poste Diego de Almagro	5.90 km
B	Poste 9	5.73 km
B	Poste 10	7.88 km
B	Poste 11	5.71 km
B	Poste Cachinal	8.36 km
B	Poste 12	3.74 km
B	Poste 13	7.71 km
C	Poste Alfarcito	3.54 km
C	Poste 14	4.46 km
C	Poste Santa Rosa de Tasil	5.41 km
C	Poste 15	5.31 km
C	Poste Las Cuevas	7.89 km
C	Poste 16	3.24 km
C	Poste 17	7.07 km
C	Poste Abra Blanca	4.12 km
D	Poste Munano	8.25 km
D	Poste 18	4.60 km
D	Poste Los Patos	5.34 km
D	Poste 19	4.82 km
D	Poste 20	4.72 km
D	Poste San Antonio de los Cobres	2.03 km

Tabla 4.3 Sectorización de trayectos y distancia entre postes WiFi

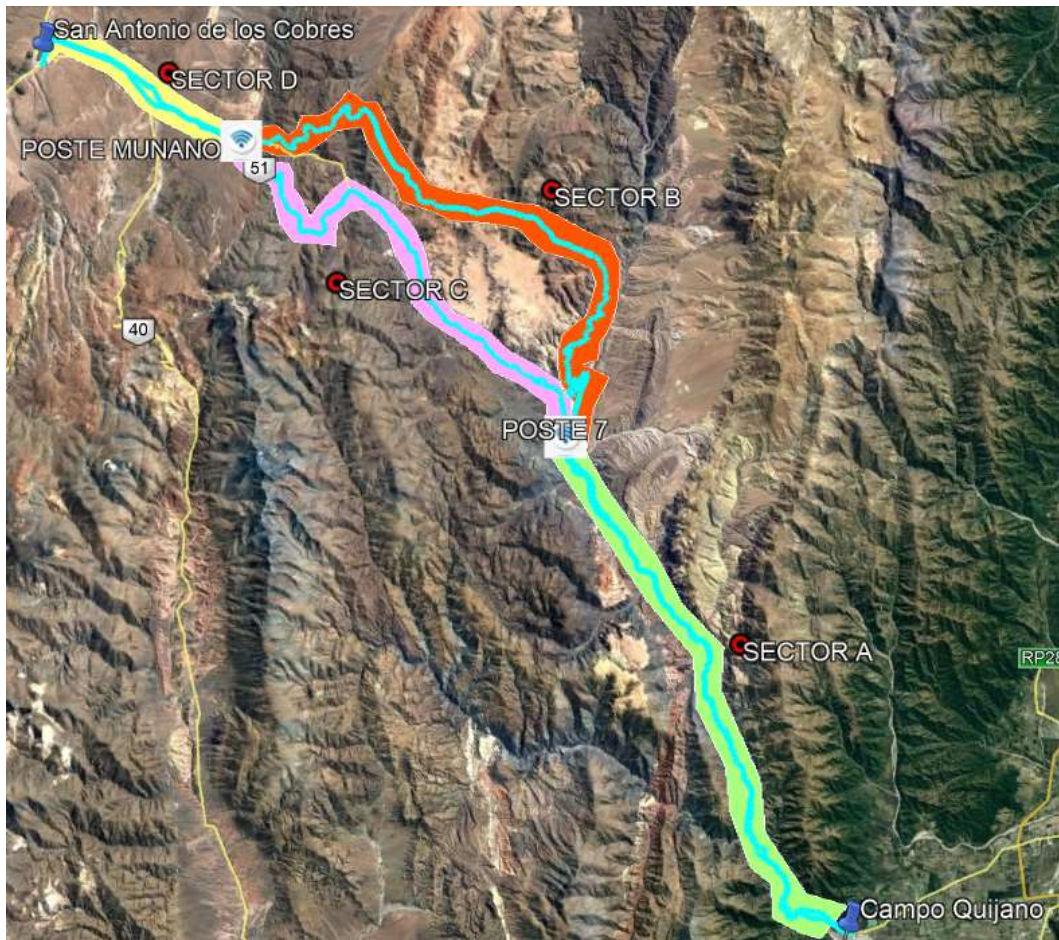


Figura 4.6 Sectorización del proyecto

Distancias

El promedio de distancias entre los 35 postes Wifi que se instalaran es de **5,41 kilómetros**, ninguna distancia entre postes adyacentes es superior a los 10 kilómetros. Se diseñó así para que ante una emergencia en cualquier trayecto nunca se esté a más de 5 km de un poste o de un pueblo para que este le sea de utilidad en su situación.

Puntos de tecnología (Pt): medida actual utilizada en los entes gubernamentales de transporte (vialidad), para convalidar que las distancias promedio entre postes S.O.S, WiFi o de otra tecnología en un trayecto determinado cumplen con los parámetros de las reglamentaciones existentes.

Formula:

Pt = Distancia total del trayecto/ Promedio de distancia entre los postes

$$Pt = 117 \text{ km} / 5,41 \text{ km} = \mathbf{21.62}$$

Este valor debe ser siempre mayor a diez (>10) para estar dentro de las especificaciones requeridas para cumplimentar las reglamentaciones. El valor de nuestro proyecto es bastante superior al mínimo requerido, por lo cual está correctamente diseñada en termino de distancias.

4.2.2 Obra Civil

Es importante saber sobre la ejecución de la obra civil en un proyecto que tiene despliegue de fibra óptica ya que es una tarea recurrente entre las actividades que dirige un ingeniero en Telecomunicaciones. Es una función del mismo, pero para realizarlo deberá capacitarse en esa especialización.

En el desarrollo civil de este proyecto no se hará hincapié ni se especificará detalles, cantidades y cálculos de materiales. Al ser un servicio tampoco se lo podrá presupuestar por actividad realizada ya que no se sabe con qué estructura interna cuenta el stakeholder que decidirá llevarlo a cabo.

En los sectores A, C y D el despliegue de la fibra se realizará a la vera de la RN N° 51, mientras que en el sector B se realizará a la vera del Tren a las Nubes.

4.2.2.1 Cavado y Zanjado

Los suelos de la Quebrada son arenosos, sueltos y muy permeables, en algunas zonas se hallan considerables concentraciones de sales y rocas. El relieve de esta región lo integran laderas de cerros, ríos lodosos y quebradas.

El primer paso para el desarrollo de la obra civil es el cavado que se deberá realizar con zanjadoras, retroexcavadora o martillo neumático en base al tipo de suelo, no será necesario el relevamiento para saber sobre la existencia de otras obras publicas existentes bajo tierra porque no hay. La zanja que se realizará deberá tener 1,5 metros de profundidad y 0,5 metros de ancho, menos en las partes donde se colocaran las cámaras premoldeadas. No se deberán realizar tramos con curvaturas muy pronunciadas para evitar dañar la fibra o los ductos.

En los sectores donde el despliegue es a la vera de la ruta, la misma deberá ser realizada a una distancia mínima de 2 metros. Mientras que la distancia que se deberá respetar en el sector B es de 2,5 metros de la vía del tren según las regulaciones existentes.

Cuando se cava una zanja, la parte inferior de esta es rellena con 5 cm de arena para suavizar el nivel del fondo y evitar así los desniveles a lo largo del trayecto. Una vez instalados los conductos (que veremos más adelante), y tras separarlos con la capa de arena pertinente, se rellena la zanja por completo colocando una cinta de aluminio o plástico en la parte superior con un texto de advertencia para señalar la existencia de los mismos a cualquier obra que pudiera realizarse en las inmediaciones y de esta forma, evitar posibles daños a la instalación.

4.2.2.2 Ductos

Se instalarán tritubos de Polietileno de Alta Densidad (PEAD) de diámetro exterior de 40 mm e interior de 34 mm, con paredes interiores y exteriores lisas. Un monotubo sería suficiente para el desarrollo de este despliegue, pero se proyecta que este diseño servirá para facilitar el agregado de otros servicios a futuro.

Los tubos son de iguales dimensiones cada uno del tipo III clase C, de la norma ASTM D 1248/84, se encuentran unidos de a tres por una membrana, formando así el tritubo.

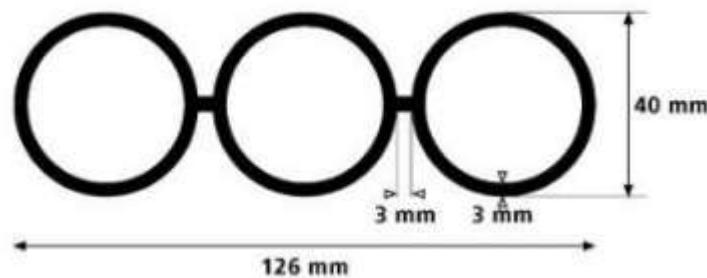


Figura 4.7 Tritubo

Campo	Tritubo PEAD de 40 mm
Presión	10 Kg/ cm ²
Índice de fluidez	< 0,25 g/ 10 min
Resistencia a la tracción	> 200 Kg / cm ²
Densidad	> 0,95 g /cm ³
Alargamiento	> 350%
Estanqueidad	Sin Perdidas

Tabla 4.4 Características del tritubo

Para proteger el cable, los conductos mantienen un entorno alcalino dentro de ellos que los aísla de los efectos del exterior. Aunque la temperatura en el exterior alcance niveles extremos, los cables permanecen aislados del aire externo. Esto, junto con una impermeabilidad adecuada de los conductos, suele ser suficiente para asegurar un margen de funcionamiento entre -15° y 40° C.

4.2.2.3 Método de Tendido

Existen cuatro tipos diferentes de tendido en canalización, los más habituales son:

- Tendido manual.
- Tendido mediante cabestrante automático.
- Tendido mediante "FLOATING".
- Tendido mediante "BLOWING".

Para el desarrollo del mismo se utilizará el tendido BLOWING, ya que el tendido manual se suele utilizar en desarrollos urbanos y de muy cortas distancias por el gran trabajo que conlleva. El tendido mediante cabestrante automático no sirve para largas distancias interurbanas, sirve para automatizar el tendido manual en cortas distancias y céntricas.

El tendido por FLOATING también serviría para este proyecto ya que se usa agua para el transporte del cable a grandes velocidades en cortos tiempos, pero requiere de una mayor logística y costo por el transporte del agua.

Tendido mediante "BLOWING"

Este método consiste en insertar los cables directamente a presión (insuflación), pudiendo ser colocado el cable en una sola operación. Para este tipo de tendido es necesaria la utilización de una oruga de cable para aumentar el empuje (utilizada para apoyar la fuerza de empuje durante la insuflación de cables de fibra óptica) así como un compresor, siendo necesario que los conductos o tubos para cables no presenten ninguna deformación.

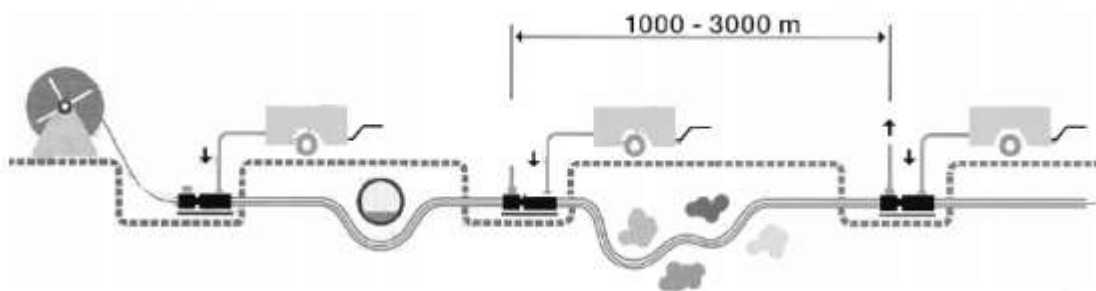


Figura 4.8 Tendido mediante "Blowing"

Primero se revisará la integridad del conducto, habrá que poner especial atención en la presión ejercida por el compresor de aire, para evitar causar daños al cable. Se vierte un poco de lubricante en el conducto y se sopla un transportador de espuma por el tramo para confirmar su integridad.

Con el fin de soplar la fibra, hay que preparar el paso del cable en las cámaras de paso, uniendo los conductos que embocan en la cámara mediante un tubo que servirá para guiar la fibra a su paso por cada cámara.

Se utiliza un compresor que inyectara aire a presión a un embolo. Este irá debidamente sujetado al cable a instalar y será la pieza que tire de él durante el tendido. Mientras dura el proceso de guiado del cable, el embolo será capaz de seguir el trazado de la canalización.

El tendido se puede hacer de una sola tirada por todo el trazado o bien recuperando cable en alguna de las cámaras intermedias y volver a soplar desde esta.



Figura 4.9 Embolo

Obturadores:

Se realizará un sellado adecuado de todos los tubos ocupados con cables de fibra y de todos los conductos vacíos, los cuales se dejarán también con obturadores adecuadamente instalados. Los tapones serán de polietileno de baja densidad o PVC y de diámetro adecuado al conducto que deban obturar. El sistema de ajuste será a presión. El sellado mínimo recomendado es mediante polietileno.

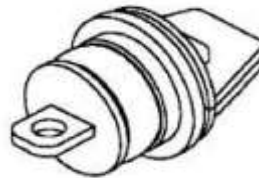


Figura 4.10 Obturador

4.2.2.4 Cámaras premoldeadas

Se usarán 2 tipos de cámaras premoldeadas para esta red interurbana:

Cámara de paso: Desde la misma no se hará distribución de servicio o fusión de fibras por lo cual no se usará caja de empalme de FO. Estarán ubicadas entre las cámaras de empalme. En la misma se dejará cable de FO arrollado como ganancia (15 metros) que deberá ser depositado en el fondo de la misma en forma libre que servirá para asegurar que ante un accidente de corte el cable de FO la ganancia pueda ser “tirado” y deslizar dentro del tributo evitando lo mejor posible que se corte.

Cámara de empalme: Desde la misma se realizan empalmes al troncal de la FO, se colocara una por cada poste WiFi, a su costado, en este caso de ejecución se debe colocar en la pared de la cámara dos regletas metálicas vertical contra la pared de mayor longitud, fijadas con tarugos expansivos, y colocar una ménsula en cada regleta vertical (como si fuese un estante) y sobre esta ménsula precintar el cable de FO de ganancia (30 metros) en conjunto con la caja de empalme de FO que debe quedar entonces sobre el lateral y no en el fondo de la cámara.

Construcción y Ubicación de las cámaras

La excavación se realizará dejando un mínimo de 10 centímetros libres a cada lado de la cámara, quedando siempre las paredes totalmente verticales y sin peligro de desprendimientos. Con la excavación realizada se nivelará el fondo haciendo una capa de arena compactada y nivelada que servirá de base de asiento de la cámara.

La cámara prefabricada se pondrá mediante medios mecánicos de manera que las paredes transversales queden perpendiculares a la traza de la canalización. Una vez situada la cámara en su emplazamiento se comprobará y procederá a la nivelación. A continuación, se verterán los ductos en las ventanas correspondientes dejando un vuelo de 30 centímetros mínimo respecto del paramento interior de la cámara para facilitar los empalmes. Se rellenarán y compactarán los huecos entre la cámara y la excavación con hormigón HM-20 vibrado, reponiendo el pavimento y asegurando que la tapa queda al mismo nivel.

Como vimos, cada una de las cámaras de empalmes se colocará a lo largo del recorrido de los ductos en donde se encuentre un poste WiFi. En los trayectos entre las cámaras de empalmes se colocarán las cámaras de paso, se colocará una cada 500 metros de distancia y así se irán agregando proporcionalmente (se estipula dicha distancia menor a las normales por motivo de las condiciones ambientales de la zona como ser la falta de aire para realizar el método de tendido definido). Ej.: para una distancia de 8km se colocarán 16 cajas de paso.

Poste	Distancia al Poste correlativo	Cámaras de Paso	Cámaras de Empalme
Poste Campo Quijano	3.27 km	1	8
Poste 1	4.09 km	1	8
Poste 2	1.45 km	1	4
Poste El Alisal	5.15 km	1	12
Poste 3	4.56 km	1	12
Poste Chorrillos	4.66 km	1	12
Poste 4	5.51 km	1	12
Poste Ing. Maury	5.46 km	1	12
Poste 5	7.01 km	1	16
Poste Gob. J. Sola	2.68 km	1	8
Poste 6	4.00 km	1	8
Poste 7	9.62 km	1	20
Poste 8	6.37 km	1	12
Poste San Bernardo de las Zorras	4.69 km	1	12
Poste Diego de Almagro	5.90 km	1	12
Poste 9	5.73 km	1	12
Poste 10	7.88 km	1	16
Poste 11	5.71 km	1	12
Poste Cachinal	8.36 km	1	16
Poste 12	3.74 km	1	8
Poste 13	7.71 km	1	16
Poste Alfarcito	3.54 km	1	8
Poste 14	4.46 km	1	8
Poste Santa Rosa de Tastil	5.41 km	1	12
Poste 15	5.31 km	1	12
Poste Las Cuevas	7.89 km	1	16
Poste 16	3.24 km	1	8
Poste 17	7.07 km	1	16
Poste Abra Blanca	4.12 km	1	8
Poste Munano	8.25 km	1	16
Poste 18	4.60 km	1	8
Poste Los Patos	5.34 km	1	12
Poste 19	4.82 km	1	12
Poste 20	4.72 km	1	12
Poste San Antonio de los Cobres	2.03 km	1	4
TOTAL		35	400

Tabla 4.5 Cámaras premoldeadas por trayectos

Características de las cámaras

- Cámara de paso “CP”: Ancho 65 cm - Largo 113 cm - Altura libre 60 cm. Tiene tres tapas.
- Cámara de empalme “CE”: Ancho 65 cm - Largo 154 cm - Altura libre 60 cm. Tiene cuatro tapas.

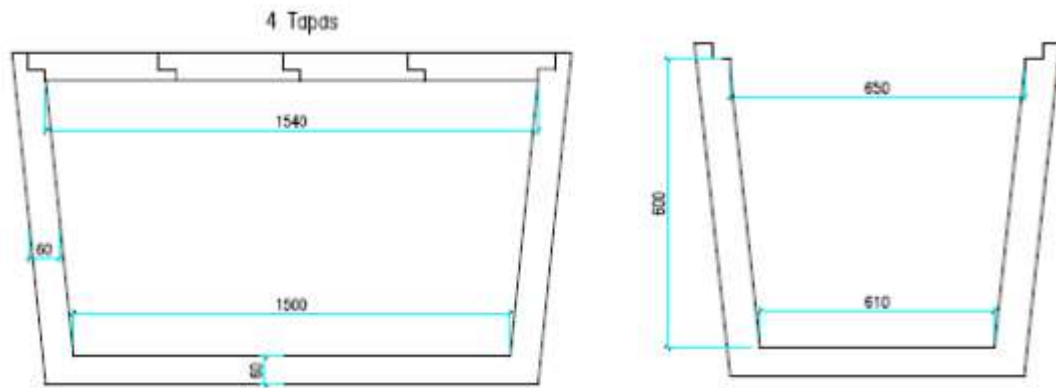


Figura 4.11 Cámara premoldeada

4.2.2.5 Demarcación con Hitos

Para la identificación de las cámaras se ubicarán monolitos o hitos de hormigón. El objetivo es identificar cada una de las cámaras de paso y de empalme.

Se utilizarán hitos de hormigón de 12 x 12 cm de base y 2.00 m de alto (siendo el 50 % de la altura utilizado para la instalación bajo tierra). Los monolitos deberán estar pintados con un color azul reflectante y una franja naranja cuando este indique una caja de empalme.

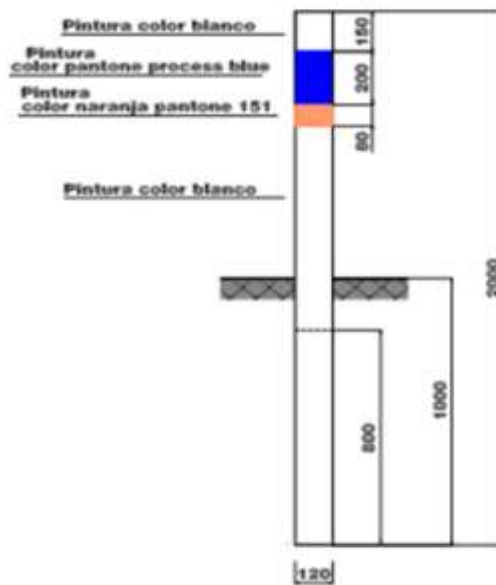


Figura 4.12 Hito de hormigón

4.2.2.6 Diseño obra civil

Se adjunta el diseño genérico de la obra civil entre 2 postes WiFi que se encuentran a menos de 2 kilómetros por lo que se colocaría una sola cámara de paso en el medio.

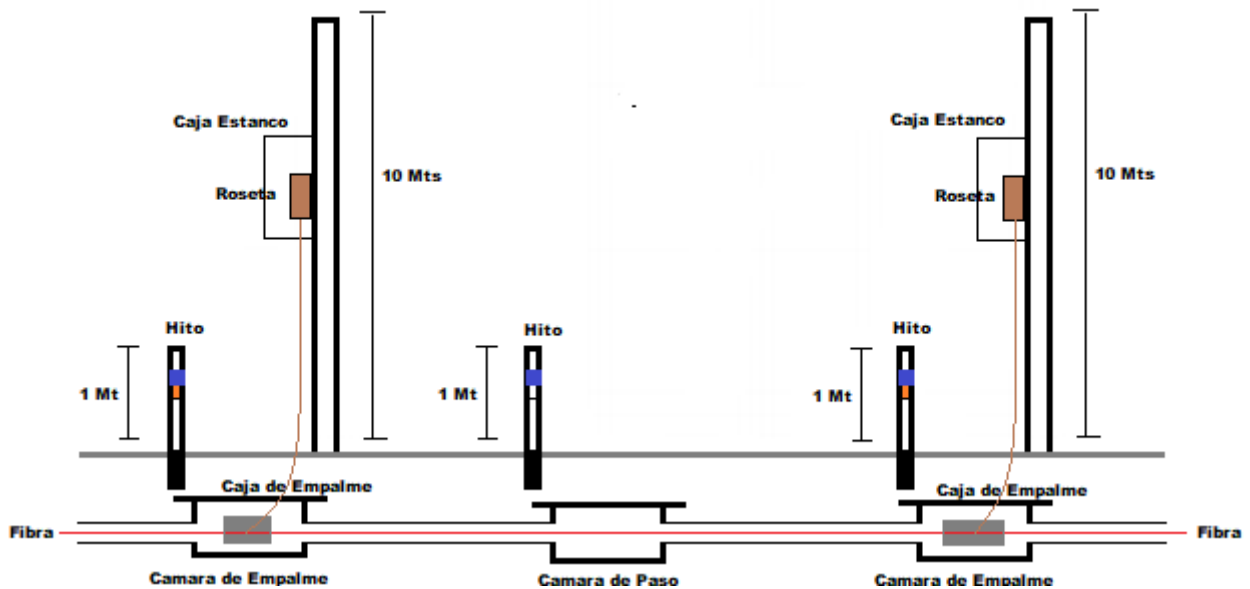


Figura 4.13 Diseño ductos-postes

4.2.3 Fibra Óptica y sus complementos

4.2.3.1 Elección del tipo de F.O.

Las fibras ópticas serán **monomodo G652.D** con un diámetro de núcleo de 8.3 μm , presentara un revestimiento con un diámetro de $125.0 \pm 0.7 \mu\text{m}$ y un diámetro de Recubrimiento de $245 \pm 10 \mu\text{m}$. La atenuación que presentara por ventanas es de:

- 0.34 dB/km a 1310 nm
- 0.32 dB/km a 1383 nm
- 0.22 dB/km a 1550 nm

El núcleo óptico deberá estar compuesto de fibras ópticas recubiertas por tubos de protección holgada rellenos con un compuesto bloqueador de agua que protejan las fibras contra las bajas temperaturas y dejen al mismo tiempo las fibras libres de tracción incluso si el cable se somete a la máxima tracción especificada.

La cubierta interior y exterior será termoplástica Afumex de color negro, libre de halógenos, no propagadora de la llama y de baja emisión de humos y gases tóxicos.

Características

- El cable óptico será del tipo "Outdoor Stranded Loose Tube", con armadura de acero, compuesto por la cantidad de hilos de fibra monomodo de 12, 16 y 32 pelos (ya especificaremos su distribución).

- Debe permitir el uso de canales WDM (Wave Division Multiplexing). Todas las fibras deben llevar un código de colores para facilitar su identificación individual.
- El tipo de armadura será de acero corrugado y debe poseer resistencia a rayos ultravioleta y humedad.
- Debe poseer radio mínimo de curvatura de 10 veces su diámetro exterior después de la instalación y de 20 veces durante la instalación.
- Temperatura de operación de -20° a 65°C , comprobada a través de pruebas ciclo térmico.

4.2.3.2 Distribución de hilos en el troncal de F.O.

Se destinará un hilo de FO para cada uno de los postes WiFi. Como veremos en el Capítulo V, el servicio de internet saldrá desde la localidad de San Antonio de los Cobres dando cobertura para los sectores B, C y D utilizando únicamente SFP, mientras que para el sector A además de SFP, se tendrá que incorporar WDM debido a la distancia.



Figura 4.14 Distribución de hilos por sector

El troncal principal saldrá desde la localidad de San Antonio de los Cobres, el mismo contará 32 hilos de FO por lo cual en el trayecto del sector D se utilizarán 6 de esos hilos para abastecer de servicio a los postes WiFi, 1 será el hilo WDM que deberá llegar a la localidad de Campo Quijano y se usaran 23 hilos para abastecer a los postes WiFi de los sectores B y C.

En la localidad de Munano la FO se distribuirá en 2 subtrunkales, ambos de 12 hilos. Uno de esos troncales, ira para el sector B en donde abastecerá 9 postes WiFi y sobran 3 pelos de back up o para futuros nuevos servicios o postes WiFi, mientras que para el sector C de los 12 hilos se usaran 8 para postes WiFi, uno será por donde seguirá recorriendo el servicio con WDM y los 3 que sobren serán de back up.

Ambos subtrunkales se volverán a encontrar en el “POSTE 7” que es el lugar donde arranca el sector A, a partir de ahí la FO tendrá 16 pelos de los cuales uno será destinado al WDM para llegar a la localidad de Campo Quijano, mientras que habrá 12 destinadas a los Postes WiFi de los cuales el servicio para sus abastecimientos ya vendrá desde la localidad de Campo Quijano gracias al WDM y no será transportado directamente desde San Antonio de los Cobres por motivo de la distancia. Quedaran 3 hilos libres para ser usados en un futuro.

Sector	Hilos del Troncal	Postes WiFi	Troncal a otro sector	WDM	Libre
A	16	12	0	1	3
B	12	9	0	0	3
C	12	8	0	1	3
D	32	6	11 (C) + 12 (B) = 23	1	2

Tabla 4.6 Distribución de hilos por sector

4.2.3.3 Colores de los hilos y buffers

Los troncales de FO que presentan una cantidad de hilos que es superior a 8 y además es múltiplo de 8 se dividen en buffers. Cada buffer cuenta con 8 hilos donde cada hilo cuenta con un color específico. Los colores de los buffers también son los mismos colores que los de los hilos. Si el troncal de fibra óptica cuenta con más de 12 hilos o un múltiplo de este también se dividirán en buffers, donde los buffers y pelos del 1 al 8 siguen el mismo patrón de colores que los de “8” mientras que del 9 al 12 presentan otros colores.

Posición	Colores
1	Azul
2	Anaranjado
3	Verde
4	Café
5	Plateado (Gris)
6	Bianco
7	Rojo
8	Negro
9	Amarillo
10	Violeta
11	Rosa (Rosado)
12	Aqua (Celeste)

Figura 4.15 Código de colores de los buffers e hilos de las FO

Los buffers y pelos que ocuparan cada uno de los postes WiFi en los diferentes trayectos del troncal en el proyecto son:

- Troncal sector D: 4 buffers de 8 hilos (total: 32 Hilos)
- Troncal sector C: 1 buffer de 12 hilos (total: 12 Hilos)
- Troncal sector B: 1 buffer de 12 hilos (total: 12 hilos)
- Troncal sector A: 2 buffers de 8 hilos (total: 16 hilos)

Sector Troncal	Buffer	Hilo	Poste
D	Azul (1)	Azul (1)	Poste San Antonio de los Cobres
D	Azul (1)	Naranja (2)	Poste 20
D	Azul (1)	Verde (3)	Poste 19
D	Azul (1)	Café (4)	Poste Los Patos
D	Azul (1)	Gris (5)	Poste 18
D	Azul (1)	Blanco (6)	Poste Munano
D	Azul (1)	Rojo (7)	LIBRE 1 sector D
D	Azul (1)	Negro (8)	LIBRE 2 sector D
D	Naranja (2)	Azul (1)	Transp. Servicio: Poste Abra Blanca
D	Naranja (2)	Naranja (2)	Transp. Servicio: Poste 17
D	Naranja (2)	Verde (3)	Transp. Servicio: Poste 16
D	Naranja (2)	Café (4)	Transp. Servicio: Poste Las Cuevas
D	Naranja (2)	Gris (5)	Transp. Servicio: Poste 15
D	Naranja (2)	Blanco (6)	Transp. Servicio: Poste Sta. Rosa de Tástil
D	Naranja (2)	Rojo (7)	Transp. Servicio: Poste 14
D	Naranja (2)	Negro (8)	Transp. Servicio: Poste Alfarcito
D	Verde (3)	Azul (1)	Transp. Servicio: WDM
D	Verde (3)	Naranja (2)	Transp. Servicio: LIBRE 1 Sector C
D	Verde (3)	Verde (3)	Transp. Servicio: LIBRE 2 Sector C
D	Verde (3)	Café (4)	Transp. Servicio: LIBRE 3 Sector C
D	Verde (3)	Gris (5)	Transp. Servicio: Poste 13
D	Verde (3)	Blanco (6)	Transp. Servicio: Poste 12
D	Verde (3)	Rojo (7)	Transp. Servicio: Poste Cachinal
D	Verde (3)	Negro (8)	Transp. Servicio: Poste 11
D	Café (4)	Azul (1)	Transp. Servicio: Poste 10
D	Café (4)	Naranja (2)	Transp. Servicio: Poste 9
D	Café (4)	Verde (3)	Transp. Servicio: Poste Almagro
D	Café (4)	Café (4)	Transp. Servicio: Poste San Bernardo de las Z
D	Café (4)	Gris (5)	Transp. Servicio: Poste 8
D	Café (4)	Blanco (6)	Transp. Servicio: LIBRE 1 Sector B
D	Café (4)	Rojo (7)	Transp. Servicio: LIBRE 2 Sector B
D	Café (4)	Negro (8)	Transp. Servicio: LIBRE 3 Sector B

Tabla 4.7 Distribución de servicios por hilos sector D

Sector C		Sector D (Fusión)		Poste
Buffer	Hilo	Buffer	Hilo	
Azul (1)	Azul (1)	Naranja (2)	Azul (1)	Poste Abra Blanca
Azul (1)	Naranja (2)	Naranja (2)	Naranja (2)	Poste 17
Azul (1)	Verde (3)	Naranja (2)	Verde (3)	Poste 16
Azul (1)	Café (4)	Naranja (2)	Café (4)	Poste Las Cuevas
Azul (1)	Gris (5)	Naranja (2)	Gris (5)	Poste 15
Azul (1)	Blanco (6)	Naranja (2)	Blanco (6)	Poste Sta. Rosa de Tástil
Azul (1)	Rojo (7)	Naranja (2)	Rojo (7)	Poste 14
Azul (1)	Negro (8)	Naranja (2)	Negro (8)	Poste Alfarcito
Azul (1)	Amarillo (9)	Verde (3)	Azul (1)	Transp. Servicio: WDM
Azul (1)	Violeta (10)	Verde (3)	Naranja (2)	LIBRE 1 Sector C
Azul (1)	Rosa (11)	Verde (3)	Verde (3)	LIBRE 2 Sector C
Azul (1)	Celeste (12)	Verde (3)	Café (4)	LIBRE 3 Sector C

Tabla 4.8 Distribución de servicios por hilos sector C

Sector B		Sector D (Fusión)		Poste
Buffer	Hilo	Buffer	Hilo	
Azul (1)	Azul (1)	Verde (3)	Gris (5)	Poste 13
Azul (1)	Naranja (2)	Verde (3)	Blanco (6)	Poste 12
Azul (1)	Verde (3)	Verde (3)	Rojo (7)	Poste Cachinal
Azul (1)	Café (4)	Verde (3)	Negro (8)	Poste 11
Azul (1)	Gris (5)	Café (4)	Azul (1)	Poste 10
Azul (1)	Blanco (6)	Café (4)	Naranja (2)	Poste 9
Azul (1)	Rojo (7)	Café (4)	Verde (3)	Poste Almagro
Azul (1)	Negro (8)	Café (4)	Café (4)	Poste San Bernardo de las Z
Azul (1)	Amarillo (9)	Café (4)	Gris (5)	Poste 8
Azul (1)	Violeta (10)	Café (4)	Blanco (6)	LIBRE 1 Sector B
Azul (1)	Rosa (11)	Café (4)	Rojo (7)	LIBRE 2 Sector B
Azul (1)	Celeste (12)	Café (4)	Negro (8)	LIBRE 3 Sector B

Tabla 4.9 *Distribución de servicios por hilos sector B*

Sector A		Sector C (Fusión)		Poste
Buffer	Hilo	Buffer	Hilo	
Azul (1)	Amarillo (9)	Azul (1)	Azul (1)	Transp. Servicio: WDM
X	X	Azul (1)	Naranja (2)	Poste Campo Quijano
X	X	Azul (1)	Verde (3)	Poste 1
X	X	Azul (1)	Café (4)	Poste 2
X	X	Azul (1)	Gris (5)	Poste El Alisal
X	X	Azul (1)	Blanco (6)	Poste 3
X	X	Azul (1)	Rojo (7)	Poste Chorrillos
X	X	Azul (1)	Negro (8)	Poste 4
X	X	Naranja (2)	Azul (1)	Poste Ing. Maury
X	X	Naranja (2)	Naranja (2)	Poste 5
X	X	Naranja (2)	Verde (3)	Poste G. J. Sola
X	X	Naranja (2)	Café (4)	Poste 6
X	X	Naranja (2)	Gris (5)	Poste 7
X	X	Naranja (2)	Blanco (6)	LIBRE 1 Sector A
X	X	Naranja (2)	Rojo (7)	LIBRE 2 Sector A
X	X	Naranja (2)	Negro (8)	LIBRE 3 Sector A

Tabla 4.10 *Distribución de servicios por hilos sector A*

4.2.3.4 Caja de Empalme

Las cajas de empalme son estructuras cerradas y estancas que permiten alojar y proteger las fibras en sus puntos de unión de agentes externos tales como agua, polvo o impactos. Las fusiones de cables de FO se realizarán en el exterior de las cámaras utilizando el método de empalme por fusión y se alojarán en las cajas de empalme.

En el extremo de la caja se sitúan unos tubos a través de los cuales se insertan los cables de fibra. Al pasar por estos tubos los cables de fibra se mantienen sujetos mediante abrazaderas y los miembros de refuerzo central se amarran fuertemente al soporte de la caja. Una vez en el interior, el cable va a parar a unas bandejas de empalme o casetes, que se utilizarán para proteger y mantener los empalmes individuales.

Se instalará en una de las paredes laterales de la cámara, en posición horizontal y a la mayor altura posible para minimizar los efectos de la existencia de agua en el interior de la cámara. El cable sobrante se fijará a los soportes para cables existentes en las paredes de la cámara, respetando los radios mínimos de curvatura.

La caja de empalme será tipo RAYCHEM modelo FIST GCO (tipo “torpedo”), adecuada para su instalación en cámaras subterráneas. Tienen un sellado impermeable y cumplen los siguientes requerimientos:

- Numero de Entradas: 4 entradas.
- Número máximo de fusiones: 24 empalmes.
- Numero bandejas de empalme: 2 bandejas de 12.
- Diámetro Cables Entrada / Salida: Φ 4 mm - Φ 12 mm.
- Estanqueidad: IP 68.
- Altura: 80 mm.
- Anchura: 160 mm.
- Longitud: 270 mm.
- Peso: 2 kg.



Figura 4.16 Caja de empalme

Por cada Poste WiFi o cámara de empalme se instalará una de estas cajas, siendo las cajas de empalme de los postes de Munano y Poste N° 7 las principales porque en la misma se fusionarán los troncales de los distintos trayectos. El total de cajas de empalmes a utilizar serán 100.

4.2.3.5 Cable Drop

Es un cable de naturaleza óptica que resiste a inclemencias dado que su núcleo está cubierto por fuera por un polímero que además no es inflamable, este cable lleva un refuerzo conformado por alambre galvanizado de acero que le ofrece aún mayor resistencia, y por lo tanto es un componente que resiste muy bien entornos de intemperie. Su despliegue debe ser para distancias menores a 100 metros.

El cable drop de un solo hilo es el que se utilizara entre las cajas de empalmes y su trayecto a cada uno del poste WiFi. Se calcula que por cada uno de los postes se desplegaran 20 metros de cable drop.

- Marca: Inglobar.
- Modelo: G657A2



Figura 4.17 Cable Drop

4.2.3.6 Roseta

La roseta es el punto terminal óptico o especie de caja mural que permite hacer la terminación y el acondicionamiento del cable óptico, en este caso del cable drop que va al poste WiFi que culminaría en el Access point. En la misma se fusiona el único pelo del cable drop a un pigtailed SC/APC que finaliza en la conexión a un acoplador.

Los pigtailed son accesorios para realizar la terminación del cable de fibra óptica que se utilizarán para conectar el cable a los repartidores ópticos (como ser la roseta). La roseta ira colocada en el interior de la caja estanco de cada uno de los postes WiFi, necesitando un total de 35.

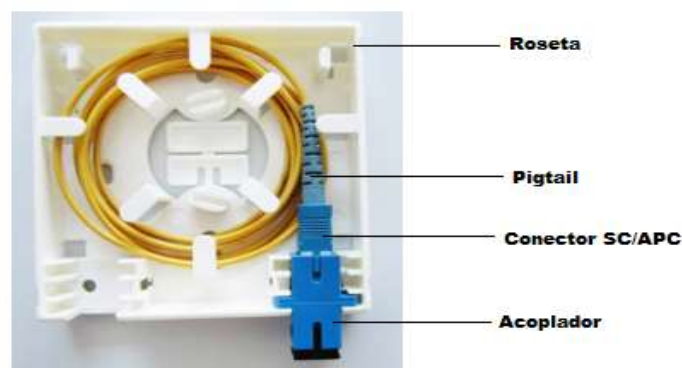


Figura 4.18 Roseta

4.2.3.7 PatchCord

Un PatchCord o “Cable de Enlace” permiten la interconexión entre los ODF y los Equipos de Comunicaciones. Estos cables reciben mucha manipulación por lo que vienen recubiertos de mucho Kevlar. Un dato a tomar en cuenta son las palabras Simplex o Dúplex. Que está relacionado con el número de hilos del mismo; en caso de ser solo un hilo se llama Simplex y de ser dos hilos se le conoce como Duplex.

La longitud de la mayoría de los PatchCord que se pueden adquirir son de 1, 3, 5 metros y los tipos de conectores, pueden ser muy variados como ST, SC, FC y Otros. Por ejemplo, cuando por los dos extremos son del mismo tipo de conector ST se usa ST-ST.

Para nuestro proyecto se utilizará un patchcord simplex (3 metros) para las conexiones:

- ODF al WDM. (2 unidades)
- ODF al Switch. (48 unidades)
- Roseta al Access Point. (35 unidades)

Y se usara patchcord dúplex (3 metros) para las siguientes conexiones:

- Switch al Router. (2 unidades)
- WDM al Router. (2 unidades)



Figura 4.19 PatchCord

CAPITULO V
ELECTRONICA Y FUNCIONAMIENTO
DE LA RED LOGICA

5.1 Proveedor de Servicios de Datos

5.1.1 ¿Que es ARSAT?

ARSAT (Empresa Argentina de Soluciones Satelitales Sociedad Anónima) es la empresa de telecomunicaciones del Estado Argentino que brinda servicios de transmisión de datos, telefonía y televisión por medio de infraestructura terrestre, aérea y espacial.

Sus instalaciones están ubicadas en Benavídez, provincia de Buenos Aires. Desde allí opera los servicios ofrecidos por los satélites geoestacionarios ARSAT-1 y ARSAT-2, la Red Federal de Fibra Óptica, el Centro Nacional de Datos y el soporte técnico a los servicios de Televisión Digital Abierta.



Figura 5.1 Logotipo ARSAT

5.1.2 Elección de ARSAT

Para realizar la distribución de servicios a los distintos postes WiFi se utilizará la localidad de San Antonio de los Cobres como NOC (Network Operations Center). La empresa estatal ARSAT es la única proveedora mayorista de internet en dicha zona, por lo cual se trabajará en conjunto con ellos contratándole los megas requeridos para el correcto desarrollo de nuestro proyecto.

Si el proyecto es desarrollado por un particular o empresa privada con el fin de lucrar, esta deberá pagar la tarifa estándar por el mega contratado, pero si es desarrollada como proyecto gubernamental no se deberán abonar los megas contratados para los postes WiFi, ya que el objetivo de esta empresa estatal es fomentar y desarrollar mejoras en los niveles de vida y actividades cotidianas de los habitantes de regiones inhóspitas a través de las telecomunicaciones. El precio actual del mega ronda los \$447 (cuatrocientos cuarenta y siete pesos).

La conexión será por medio de la REFEOF (red federal de fibra óptica) de ARSAT que llega a la base operativa de ellos en el centro de la localidad de San Antonio de los cobres y desde ahí ellos brindaran una “boca” para conectarnos utilizando FO que finalizara en el NOC propio que se instalará.



Figura 5.2 REFEOF en SAC

5.1.3 Redundancia

La distancia existente entre San Antonio de los Cobres y los postes WiFi ubicados en el sector A es superior a 80 km, por lo cual se analizó la posibilidad de contratar a otro proveedor mayorista en el otro extremo que sería en la localidad de Campo Quijano.

Esta opción serviría para abastecer de datos a los postes del sector A que son cercanos a esta localidad sin tener que usar la tecnología de WDM que veremos más adelante. También sería de utilidad al darle redundancia a los postes WiFi de los sectores B y C, ya que, al fallar el servicio proveniente de uno de los NOC por algún corte o problema técnico, el servicio saldría desde el otro NOC sin interrumpir el servicio que se brindara en cada localidad y punto estratégico.

Los motivos por los cuales no se usará esta opción son:

- Se busca desarrollar el proyecto utilizando nuevas tecnologías de mucha utilidad como el WDM (no son necesarias para este proyecto).
- En la localidad de Campo Quijano no se cuenta con la red federal de fibra óptica de ARSAT, por lo que se deberá contratar a otro proveedor no estatal al que habrá que pagarle por los megas contratados (ej.: Telecom).
- Los costos del proyecto serán mayores, ya que, al tener redundancia, a cada poste WiFi se deberá llegar con 2 hilos distintos que llegaran por caminos diferentes. Habrá 2 troncales de F.O.
- Por último, en cada poste WiFi se deberá colocar un router individual en el que culminen ambos pelos de F.O. y este realice la parte lógica que en caso de que el hilo principal falle se redireccione el servicio por el otro hilo. Esto ocasionara un mayor costo de proyecto, además de una reingeniería en los cálculos y materiales energéticos de cada poste. Se sumaría la probabilidad de un nuevo punto de falla al contar con estos equipos por poste.

5.2 Base Operativa - NOC

5.2.1 Edificios Públicos

Se armarán dos NOC, uno en la localidad de San Antonio de los Cobres y el otro en la localidad de Campo Quijano, en donde irán colocados todos los equipos de hardware de la red como ser Router, Switch, WDM, etc., en sus respectivos racks con energía securizada.

Para evitar el gasto en el alquiler o construcción de este espacio, se solicitará a las respectivas municipalidades de estas localidades, un espacio adaptado en la misma para la colocación de estos equipos. Al ser un proyecto social en las localidades dependientes de estos municipios cabeceras, es casi seguro que se podrá realizar este tipo de comodato (legales).

El espacio requerido para el montaje del NOC es de 2 x 2 metros. Por lo cual, si la municipalidad no cuenta con dicho espacio o el espacio no se encuentra en condiciones óptimas, se lo solicitara en otro edificio público de la localidad como ser comisarias, hospitales o escuelas.

5.2.2 Racks

Los racks son un espacio fabricado en metal a modo de armario en el cual se introducen una serie de dispositivos informáticos o de comunicaciones, así como electrónico. Estos armarios rack están fabricados con el objetivo de permitir la introducción de equipamiento de diversos estilos y marcas. Las medidas, debido a ello, siguen unas líneas estandarizadas, con 600 milímetros como anchura y un fondo que puede ser de un máximo de 1000 milímetros.

Los armarios rack tienen columnas verticales con agujeros colocados de forma regular. Se les denomina unidad rack, o de forma habitual "U", y están siempre reunidos de tres en tres. Estos racks serán ubicados en los espacios definidos previamente con los edificios públicos como vimos anteriormente, uno por NOC.

Características del rack a utilizar:

- Marca: GLC
- Modelo: GLC-RACKP-45U-600
- Tamaño: 19 pulgadas
- Altura x Ancho x Profundidad: 219 cm x 60 cm x 60
- Unidades: 45 U
- Montable en pared: NO
- Cumple con la Norma EIA/TIA 310 E



Figura 5.3 Rack 19 pulgadas

5.2.3 UPS

Si bien los edificios públicos de las localidades mencionadas cuentan con energía 220V proveniente del tendido eléctrico provincial (EDESA), en caso de existir una falla en dicha red, el servicio de internet de los postes WiFi quedaría sin respuesta, además que también podría ocasionar el daño en los equipos de hardware por suba de tensión.

Por tal motivo, a cada NOC también se le agregara un UPS. La sigla UPS es la abreviación de su nombre en inglés Uninterruptable Power Supply, también llamado Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI). Dicho dispositivo permite tener flujo de energía eléctrica mediante baterías, cuando el suministro eléctrico falla. De la misma manera, sirven para proteger los dispositivos que se encuentran conectados cuando hay una elevación o disminución de tensión, o sostener su funcionamiento cuando suceden pequeños cortes de energía.

Partes de la UPS

- Rectificador: revisa la corriente alterna que entra al UPS y suministra corriente continua a la batería para que se mantenga cargada.
- Batería: suministra energía en caso de corte del flujo eléctrico. El tiempo de duración de la batería dependerá de la capacidad de almacenaje que esta tenga.
- Inversor: transforma la corriente continua en corriente alterna. La corriente alterna alimenta a los artefactos que se encuentran conectados a la salida del UPS.
- Conmutador: puede estar en dos posiciones. Permite conectar la salida con la entrada del artefacto, o con la salida del inversor.

Características del UPS a utilizar:

- Marca: Lyonn
- Modelo: Ult-1000v
- Potencia Pico: 1000VA
- Voltaje de entrada: 220 V
- Voltaje de Salida: 220 V
- Panel frontal a LED.
- Control doble procesador. Arranque en frío.
- Función de corrección de factor de potencia.



Figura 5.4 UPS Lyonn

5.2.4 Bandeja ODF

La bandeja ODF es un distribuidor de fibras ópticas que facilita la centralización, interconexión y derivaciones de cables de F.O. en un rack normalizado de 19". El sistema está diseñado para combinar altas densidades de fibras con facilidad de utilización, seguridad y sencillez de mantenimiento.

Son miniracks metálicos donde empiezan y terminan los cables de FO, conectados por medio de acopladores entre los cables de fibra óptica que salen por el troncal para alimentar a los postes WiFi y los que llegan a los equipos de hardware del NOC.

Panel repartidor de fibra óptica con capacidad para 1 cable de 16 fibras ópticas, como mínimo. En el rack de Campo Quijano se colocará uno mientras que en el rack de San Antonio de los Cobres se colocaran dos de 16 fibras ópticas.

Características de la bandeja ODF a utilizar:

- Marca: GLC
- Modelo: GLC-BANFO-SCAPC-001
- Fabricadas en chapa de acero D.D. Esp. 1.25 mm.
- Dispondrá de 16 acopladores de fibra óptica de acceso frontal del tipo SC/APC.
- En el interior debe poseer bandejas para almacenar las fibras empalmadas.
- Debe poseer organizadores que permitan posicionar los empalmes, y un disco preparado para almacenar las fibras sin sobrepasar el radio de curvatura mínimo de las mismas.
- Largo: 400mm
- Ancho: 200mm
- Profundidad: 70mm



Figura 5.5 Bandeja ODF GLC con sus acopladores

5.3 Hardware

5.3.1 WDM

La multiplexación por división de longitud de onda (WDM) es una tecnología que permite transmitir varias señales independientes sobre una sola fibra óptica mediante portadoras ópticas de diferente longitud de onda, usando luz procedente de un láser o un LED. Los multiplexores WDM se utilizan en pares, uno al comienzo de la fibra para acoplar las entradas y otro al final de la fibra para desacoplar y luego enrutar las longitudes de onda separadas en fibras separadas.

5.3.1.1 Tipos de WDM

Esta tecnología se la utiliza para las redes que unen nodos o poblaciones a grandes distancias que tienen un enlace de comunicación dedicado, ya que permite altos anchos de banda. WDM puede ser de 2 tipos, la que utilizaremos en el proyecto es DWDM.

- Densa (DWDM, 'Dense' WDM): Muchas longitudes de onda y larga distancia.
- Ligera (CWDM 'Coarse' WDM): Pocas longitudes de onda y entornos metropolitanos.

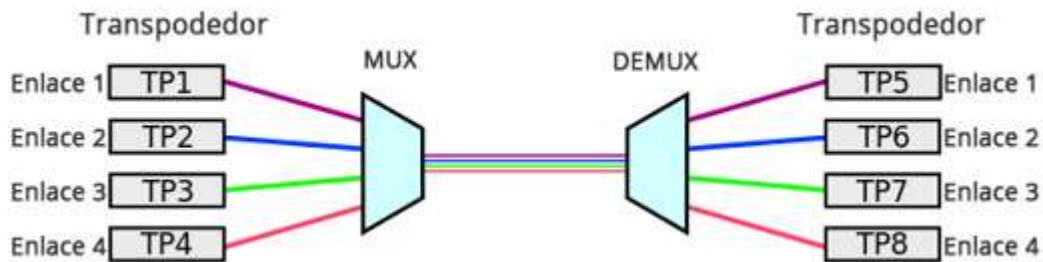


Figura 5.6 Funcionamiento del multiplexor y demultiplexor

5.3.1.2 DWDM

DWDM significa multiplexación por división en longitudes de onda densas, esto apunta a una técnica de transmisión de señales a través de fibra óptica usando distintas bandas. Se encarga de transportar múltiples señales de luz en un solo cable, utilizando portadoras ópticas de diferente longitud de onda y usando luz procedente de un láser o un LED.

En el espaciado de canales de 100 GHz o aproximadamente 0,8 nm hay multiplexores DWDM de banda C, banda S y banda L. La banda C es la banda de 1550 nm que utiliza longitudes de onda de 1530 a 1565 nm. La banda S usa longitudes de onda de 1525 a 1538 nm, y la banda L usa longitudes de onda de 1570 a 1610 nm. Cuanto más cerca estén los canales separados, mayor será el número de canales que se pueden insertar en una banda.

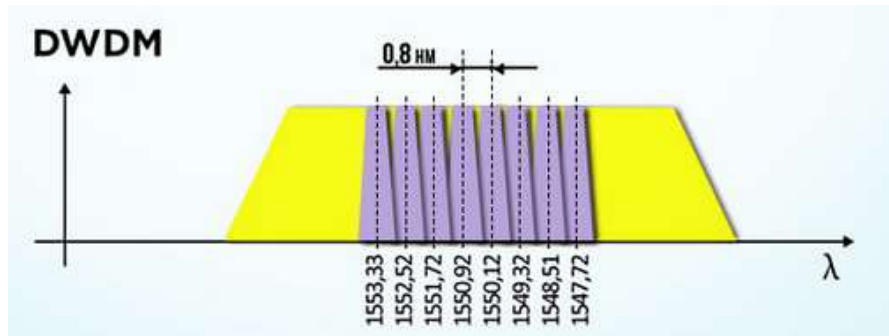


Figura 5.7 Bandas de frecuencia de DWDM

Direccionalidad

El multiplexor unidireccional DWDM está configurado de modo que el multiplexor solo se conecta a los transmisores o receptores ópticos. En otras palabras, permite que la luz viaje solo en una dirección y proporciona solo comunicación simple a través de una sola fibra óptica. Por lo tanto, las comunicaciones full-duplex requieren dos fibras ópticas. Nuestro sistema será unidireccional.

Un multiplexor WDM que está diseñado para conectarse con transmisores y receptores se llama bidireccional (BiDi); en esencia, el multiplexor BiDi WDM está diseñado para la transmisión óptica en ambas direcciones utilizando solo una fibra óptica. Dos canales soportarán un enlace de comunicación full-duplex.

5.3.1.3 Selección de equipo

Para el desarrollo del proyecto se utilizará DWDM por sobre CWDM porque el primero permite lograr mayores distancias sin necesidad de tener que usar un amplificador de luz, además de que trabaja en un mayor rango de amplitudes de ondas que permitirá el transporte de diferentes servicios para futuros desarrollos tecnológicos en la zona. Se colocará un MUX-DEMUX en el NOC de San Antonio de los Cobres, mientras que otro MUX-DEMUX estará en el NOC de Campo Quijano.

El único servicio que se usará por el momento a través del WDM será el de transporte de datos que ira por un pelo troncal desde San Antonio a Campo Quijano atravesando los sectores A, C y D. Con este hilo de FO, se podrá abastecer a los postes WiFi del sector A saliendo desde el NOC de Campo Quijano, ya que no pueden ser abastecidos en forma directa desde el NOC de San Antonio de los Cobres por la distancia superior a los 80 Km. Esta tecnología permite distancias aproximadas de 180 km sin necesidad de utilizar un amplificador.

Troncal DWDM	Buffer	Hilo	KM (acumulado)
Sector D	Verde (3)	Azul (1)	21,39 km
Sector C	Azul (1)	Azul (1)	74,12 km
Sector A	Azul (1)	Amarillo (9)	129,03 km

Tabla 5.1 Hilo de distribución de DWDM

- Marca: GEZHI
- Modelo: 8CHDWDM-LGX



Figura 5.8 Multiplexor DWDM

Parámetro	Unidad	8CH WDM denso módulo de Mux y de Demux
Número de canal	--	Canal 8
Longitud de onda de la operación	nanómetro	C33-C40
Longitud de onda central del canal	nanómetro	Rejilla @DWDM de ITU-T
Banda útil de canal	nanómetro	0,8 (100Ghz)
Pérdida de inserción @PB	DB	<2>
Aislamiento @ adyacente	DB	>30
Canal @Non-adjacent del aislamiento	DB	>40
Canal del @Reflect del aislamiento	DB	>15]
Ondulación de la banda útil	DB	<0>
Pérdida dependiente de la polarización	DB	<0>
Dispersión del modo de la polarización	picosegundo	<0>
Pérdida de la directividad y de vuelta	DB	Directividad: Pérdida de vuelta >50: >45
Manejo de la potencia	mW	<500>
Conector	--	LC/UPC
Tipo de la fibra	--	SMF-28e o modificado para requisitos particulares
Temperatura de funcionamiento	°C	-20 - +70
Temperatura de almacenamiento	°C	-40 - +85
Dimensión del paquete	milímetro	130x129x29

Figura 5.9 Especificaciones multiplexor DWDM

5.3.2 Transceptor SFP

SFP (Small Form-Factor Pluggable) es un transceptor insertable en caliente que se emplea para servir de interface entre un equipo de comunicaciones (switch, router, conversor de medios) y un enlace por fibra óptica.



Figura 5.10 SFP

5.3.2.1 Tipos de SFP

El módulo transceptor SFP tiene varios tipos según diferentes estándares de clasificación, hay módulos SFP monomodo y multimodo de acuerdo con el tipo de cable que se use en el proyecto.

La velocidad de transmisión de módulo SFP está disponible desde 100Mbps hasta 4Gbps o más, los SFP + permiten hasta 10Gbps. La distancia de funcionamiento de estos módulos transceptores pueden desde 500 metros hasta 100 kilómetros. También existen módulos CWDM SFP y módulos DWDM SFP que se usan para enlaces de WDM.

Tipos de Transceptor	Conector	Especificación	Distancia	Velocidad
SX , MX, LX, EX, ZX, BX	LC Duplex	100m a 160 km MMF o SMF	100 m	100 Mbps 1000 Mbps
CDWM/DWDM SFP	LC Duplex	10 km a 120 km SMF	10 km	100 Mbps 1000 Mbps

Tabla 5.2 Tipos de SFP

5.3.2.2 Selección de SFP

Los transceptores vienen de pares, para su correcto funcionamiento tanto el que este en un extremo como el otro deben contar con las mismas características (distancia, velocidad, longitud de onda y tipo), para nuestro proyecto todos los SFP que se utilizarán serán para fibra monomodo:

Cantidades	TX	RX	Distancia	Velocidad	λ de Onda	Tipo
2	WDM Mux	WDM Demux	120 km	1 Gbps	1550 nm	Simplex SC
4	Router	Switch	10 m	1 Gbps	1550 nm	Duplex LC
4	Router	WDM	10 m	1 Gbps	1550 nm	Duplex LC
12	Switch	Postes WiFi	10 km	100 Mbps	1550 nm	Simplex SC
26	Switch	Postes WiFi	40 km	100 Mbps	1550 nm	Simplex SC
18	Switch	Postes WiFi	60 km	100 Mbps	1550 nm	Simplex SC
14	Switch	Postes WiFi	80 km	100 Mbps	1550 nm	Simplex SC

Tabla 5.3 Selección de SFP por sector

5.3.3 Switch

Un switch o conmutador es un dispositivo de interconexión utilizado para conectar equipos en red formando lo que se conoce como una red de área local (LAN) y cuyas especificaciones técnicas siguen el estándar conocido como Ethernet (IEEE 802.3).

La función básica que realiza un switch se conoce como conmutación y consiste en transferir datos entre los diferentes dispositivos de la red. Para ello, los switches procesan la información contenida en las cabeceras de la trama Ethernet. Es importante tener claro que un switch no proporciona por sí solo conectividad con otras redes, y tampoco proporciona conectividad con Internet. Para ello es necesario un router.

Ethernet es una tecnología de transmisión de datos para redes locales cableadas que divide los datos que se tiene que transmitir en tramas y a cada trama se le añade una determinada información de control llamada cabecera. Dicha cabecera contiene la dirección MAC tanto del emisor como del receptor. Los switches guardan en una tabla las direcciones MAC de todos los dispositivos conectados junto con el puerto en el que están conectados, de forma que cuando llega una trama al switch, dicha trama se envía al puerto correspondiente

Para nuestro proyecto se usarán 3 switches, dos de 16 puertos de F.O. irán en cascada en el NOC de San Antonio de los cobres para completar los 32 puertos de SFP ya que no hay switches con esa cantidad de puertos de F.O., mientras que el otro de 16 puertos SFP ira en el NOC de Campo Quijano. Desde estos conmutadores es por donde se distribuirá el servicio en la misma red hacia cada uno de los postes WiFi, siendo que por cada puerto del switch sale el servicio individualmente a cada poste WiFi. Previamente estos servicios pasaran por la bandeja ODF para su organización estructural, mientras que la salida a internet provendrá del router.

Características del Switch a utilizar:

- Marca: Mikrotik
- Modelo: CRS317-1G-16S+RM
- Puertos: 16 puertos SFP y 2 puertos RJ45
- Ancho x Profundidad x Altura: 443 mm x 224 mm x 44 mm
- Capacidad de conmutación: 160 GB/s
- Es montable en rack: Sí



Figura 5.11 Switch Mikrotik CRS317

5.3.4 Router

El router o enrutador es un dispositivo que opera en capa tres de nivel de 3. Así, permite que varias redes u ordenadores se conecten entre sí, por tanto, actúa de intermediario entre el conjunto de equipos e Internet, como un puente entre nuestros dispositivos y la red de redes.

La función principal del router es interconectar un conjunto de máquinas IP y establecer la ruta que será destinada a cada uno de los paquetes de datos dentro de esa red informática integrada por las distintas computadoras. De esta manera, tratará de definir cuál es, en cada momento, la ruta más apropiada para transferir dichos datos. Para ello, el dispositivo hará uso de un protocolo de enrutamiento, gracias al cual se conectará a otros enrutadores con los que compartirá información para determinar la ruta más rápida.

Un típico enrutador funciona en un plano de control, en este plano el aparato obtiene información acerca de la salida más efectiva para un paquete específico de datos y en un plano de reenvío que en ese plano el dispositivo se encarga de enviar el paquete de datos recibidos a otra interfaz. En este sentido, el router opera como receptor de la conexión de red para encargarse de distribuirlo a todos los equipos conectados al mismo. Así, se conecta una red o Internet con otra de área local.

Para nuestro proyecto se utilizarán 2 router con las mismas características, cada uno se colocará en el rack de cada NOC. El que se instalará en San Antonio de los Cobres será el que se interconectará por medio de F.O. con el servicio del shelter de ARSAT, este a través del WDM hará llegar el servicio al otro router. Ambos router administraran los servicios hacia los switch para que esto los distribuyan a cada uno de los postes WiFi.

Características del Switch a utilizar:

- Marca: Mikrotik
- Modelo: CRS112-8P-4S-IN
- Puertos: 8x Gigabit Ethernet Smart Switch with PoE-out - 4x SFP
- Ancho x Profundidad x Altura: 200 mm x 143 mm x 40 mm
- Capacidad de conmutación: 24 Gbps
- Es montable en rack: Sí



Figura 5.12 Router Mikrotik CRS112

5.3.5 Access Point

En el Capítulo III del funcionamiento de los postes WiFi se definió el modelo de Access point que se usara para brindar el servicio a los diferentes usuarios. Estos equipos pertenecen a la marca ARUBA de la serie 370 EX y cuentan con un puerto SFP para la llegada de la F.O. y conexión directa al servicio de internet.

Estos equipos funcionaran las 24 horas de los 365 días del año. Y tendrán una cobertura de 200 metros en forma omnidireccional. La cantidad de megas destinados variara en caso de ser un poste de localidad o un poste de espacio recreativo.

	Poste WiFi de localidad	Poste WiFi de espacio recreativo
Velocidad de descarga	50 M	20 M
Velocidad de subida	25 M	10 M
Usuarios permitidos por AP	200	200
Usuarios ideal por AP	20	10
Cobertura	200 m radial	200 m radial

Tabla 5.4 Velocidades y usuario en el Access point

Estos valores fueron calculados para la base inicial, los mismos podrán irse aumentando en caso de saturación del servicio o aumento de la demanda. No se deberá hacer ninguna inversión extra en equipamiento o estructura para realizar este aumento en forma paulatina, únicamente variará la contratación/pedido de megas a la empresa ARSAT.

La cantidad de megas que se deberán solicitar a la empresa ARSAT como base del proyecto será:

Postes WiFi de localidades (15 unidades)

- Velocidad de Descarga: $15 \times 50 \text{ Mbps} = 750 \text{ Mbps}$
- Velocidad de subida: $15 \times 25 \text{ Mbps} = 375 \text{ Mbps}$

Postes WiFi de espacios recreativos (20 unidades)

- Velocidad de Descarga: $20 \times 20 \text{ Mbps} = 400 \text{ Mbps}$
- Velocidad de subida: $20 \times 10 \text{ Mbps} = 200 \text{ Mbps}$

Total de Megas a contratar:

- Velocidad de Descarga: $750 \text{ Mbps} + 400 \text{ Mbps} = \mathbf{1150 \text{ Mbps (1.2 G)}}$
- Velocidad de subida: $375 \text{ Mbps} + 200 \text{ Mbps} = \mathbf{575 \text{ Mbps (0.6 G)}}$

5.4 Distribución de servicios

5.4.1 Diseño de red en los NOC

De esta forma quedara diseñada la red con los equipos de hardware en cada uno de los NOC. Estos equipos serán colocados en el rack de 19 pulgadas y con segurizacion energética por medio de UPS en caso de falla del tendido eléctrico municipal.

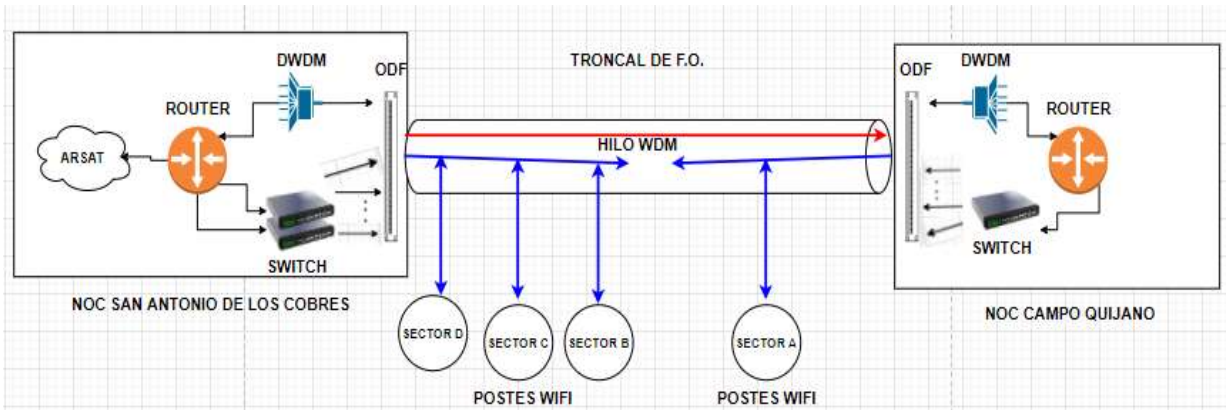


Figura 5.13 Diseño de red en los NOC

5.4.2 Calculo de tasas de velocidades y potencias

5.4.2.1 Velocidades de transmisión

Calculamos las tasas de velocidad entre los distintos equipos de hardware. Como ya analizamos, los megas solicitados a nuestro proveedor de internet ARSAT será de 1.2G de bajada y 0.6G de subida que serán distribuidos entre los 35 postes WiFi.

Esa será la tasa de transmisión entre ARSAT y el router del NOC de San Antonio de los Cobres. Hacia el WDM deberán partir los megas necesarios para abastecer a los postes del sector A que dependen directamente del NOC de Campo Quijano. Por lo tanto, la transmisión por ese troncal será de:

Sector A: 12 postes WiFi (5 de localidades y 7 de espacios recreativos)

- Postes de localidades:
 - Descarga: $5 \times 50 \text{ Mbps} = 250 \text{ Mbps}$
 - Subida: $5 \times 25 \text{ Mbps} = 125 \text{ Mbps}$
- Postes de espacios recreativos:
 - Descarga: $7 \times 20 \text{ Mbps} = 140 \text{ Mbps}$
 - Subida: $7 \times 10 \text{ Mbps} = 70 \text{ Mbps}$

Transmisión total entre WDM:

Descarga: $250 \text{ Mbps} + 140 \text{ Mbps} = \mathbf{390 \text{ Mbps}}$
 Subida: $125 \text{ Mbps} + 70 \text{ Mbps} = \mathbf{195 \text{ Mbps}}$

La tasa de transmisión entre el WDM del NOC de Campo Quijano al Router y luego al Switch de ese mismo NOC será la misma de 390 Mbps de bajada y 195 Mbps de subida. Posteriormente desde el Switch se transmitirá en forma individual por cada uno de los puertos el correspondiente de megas para cada poste WiFi en base a su ubicación en localidades o espacios recreativos.

Desde el router al Switch del NOC de San Antonio de los Cobres la tasa de transmisión será la equivalente a los postes WiFi que existen en los sectores B, C y D.

Sectores B, C y D: 23 postes WiFi (10 de localidades y 13 de espacios recreativos)

- Postes de localidades:
Descarga: $10 \times 50 \text{ Mbps} = 500 \text{ Mbps}$
Subida: $10 \times 25 \text{ Mbps} = 250 \text{ Mbps}$
- Postes de espacios recreativos:
Descarga: $13 \times 20 \text{ Mbps} = 260 \text{ Mbps}$
Subida: $13 \times 10 \text{ Mbps} = 130 \text{ Mbps}$

Transmisión al Switch de SAC:

Descarga: $500 \text{ Mbps} + 260 \text{ Mbps} = \mathbf{760 \text{ Mbps}}$
Subida: $250 \text{ Mbps} + 130 \text{ Mbps} = \mathbf{380 \text{ Mbps}}$

Luego estos megas serán distribuidos en forma equitativa desde el switch y la bandeja ODF a cada uno de los postes WiFi según su clasificación.

5.4.2.1 Potencias de transmisión

Al ser un diseño de red de fibra óptica la misma presentara perdidas de transmisión por los empalmes o conectores usados y principalmente perdida en la luz por la distancia recorrida. Nuestra red no cuenta con equipos de fibra como ser los utilizados en la red GPON (OLT o ONU) que presentan potencia de transmisión y sensibilidad de recepción.

Los equipos electrónicos que realizan la transformación de electricidad en energía y viceversa son los SFP, estos equipos serán los que nos darán los parámetros de potencia en la transmisión y la sensibilidad de recepción. Los SFP que utilizaremos para brindar el servicio a cada uno de los postes WiFi presentan la misma potencia de transmisión TX que es de 5 dBm y la misma potencia de recepción RX que es de -30 dBm . Si al SFP le llega una potencia inferior a la de recepción el servicio de datos no funcionara correctamente.

La descripción del cable de FO que se utilizará nos informa que por cada kilómetro recorrido se tendrá una pérdida de $-0,3 \text{ dBm}$. Además, por cada conector utilizado la perdida será de $-0,75 \text{ dBm}$, las conexiones a cada uno de los postes WiFi tienen 4 conectores:

- 1 Switch.
- 1 Bandeja ODF.
- 1 Roseta.
- 1 Access Point.

La otra perdida existente en las redes de FO son las ocasionadas por los empalmes o fusiones entre FO, por cada empalme se tendrá una pérdida de -0.1 dBm . Todas las conexiones a los postes WiFi cuentan con 2 empalmes fijos que son el de la Bandeja de ODF y el de la Roseta. Además de estos, cada 4 kilómetro existirá una fusión total en el troncal de FO, ya que los rollos de FO vienen de ese largo. Estos empalmes como vimos serán realizados en las cámaras de empalmes.

Formula de perdida de potencia:

$$P(RX) = P(TX) - (0.3 \text{ dBm} \times \text{Distancia}) - (0.1 \text{ dBm} \times \text{Empalmes}) - (0.75 \times \text{Conectores})$$

Sector	Poste	Distancia al NOC	Empalmes	Conectores	Potencia Tx dBm (SFP)	Potencia Rx dBm (SFP)	Potencia Rx dBm (Calculo)
D	Poste San Antonio de los Cobres	0.14	2	4	5	-30	1.8
D	Poste 20	2.64	3	4	5	-30	0.9
D	Poste 19	7.55	4	4	5	-30	-0.7
D	Poste Los Patos	12.54	5	4	5	-30	-2.3
D	Poste 18	18.13	7	4	5	-30	-4.1
D	Poste Munano	22	8	4	5	-30	-5.4
C-D	Poste Abra Blanca	30.66	10	4	5	-30	-8.2
C-D	Poste 17	34.72	11	4	5	-30	-9.5
C-D	Poste 16	41.78	12	4	5	-30	-11.8
C-D	Poste Las Cuevas	45.12	13	4	5	-30	-12.9
C-D	Poste 15	53	15	4	5	-30	-15.4
C-D	Poste Santa Rosa de Tastil	58.8	17	4	5	-30	-17.3
C-D	Poste 14	63.95	18	4	5	-30	-19.0
C-D	Poste Alfarcito	67.63	19	4	5	-30	-20.2
B-D	Poste 13	29.96	9	4	5	-30	-7.9
B-D	Poste 12	30.24	10	4	5	-30	-8.0
B-D	Poste Cachinal	38.39	12	4	5	-30	-10.7
B-D	Poste 11	44.32	13	4	5	-30	-12.6
B-D	Poste 10	52.03	15	4	5	-30	-15.1
B-D	Poste 9	57.78	16	4	5	-30	-17.0
B-D	Poste Diego de Almagro	64.28	18	4	5	-30	-19.1
B-D	Poste San Bernardo de las Zorras	69.21	19	4	5	-30	-20.7
B-D	Poste 8	75.72	21	4	5	-30	-22.8
A	Poste Campo Quijano	0.55	2	4	5	-30	1.6
A	Poste 1	5.92	3	4	5	-30	-0.1
A	Poste 2	9.9	4	4	5	-30	-1.4
A	Poste El Alisal	12.88	5	4	5	-30	-2.4
A	Poste 3	18.33	7	4	5	-30	-4.2
A	Poste Chorrillos	24.06	8	4	5	-30	-6.0
A	Poste 4	29.18	9	4	5	-30	-7.7
A	Poste Ing Maury	34.67	11	4	5	-30	-9.5
A	Poste 5	40.69	12	4	5	-30	-11.4
A	Poste Gob. J. Sola	47.94	14	4	5	-30	-13.8
A	Poste 6	50.59	15	4	5	-30	-14.6
A	Poste 7	56.24	16	4	5	-30	-16.5

Tabla 5.5 Sensibilidad de recepción en cada poste WiFi

CAPITULO VI

GESTION DE COSTOS Y TIEMPO

6.1 Gestión de Costo

La gestión de los costos es establecer las políticas, los procedimientos y la documentación necesarios para planificar, gestionar, ejecutar el gasto y controlar los costos del proyecto. Estos costos deben estar basados en la EDT que veremos en la gestión de tiempo.

6.1.1 Generalidades

Los costos existentes en el proyecto serán del tipo fijo o variable, los costos fijos son independientes a la producción o servicio mientras que los costos variables son directamente proporcionales al servicio que se brinda.

En nuestro proyecto los costos que se tratarán serán los de materiales, herramientas y servicios en general. No se indicaran los gastos ocasionados en recursos humanos, sueldos, transportes, viáticos, herramientas previas y maquinarias, base operativa de trabajo, marketing, publicidad, vehículos o combustible ya que se buscará por medio de ENACOM y ARSAT una terciarizada que realice estas actividades, por lo cual a ellos se les brindara la información de lo que deben realizar y ellos, internamente, deberán ver estos gastos para cumplir con los objetivos.

Materiales: Son los elementos que se utilizaran para la elaboración de los postes WiFi, para el desarrollo de la obra civil, para el despliegue de la red de fibra óptica y para la instalación de los NOC.

Herramientas: Son los elementos imprescindibles y más importantes al momento de fusionar la fibra óptica y realizar las pruebas correspondientes del buen funcionamiento de la red. Además del equipamiento para instalar los postes WiFi y sus complementos.

Servicios: Son las actividades extras que se deben realizar en el proyecto, pero las mismas serán llevadas a cabo por una terciarizada que deberá especificar sus propios recursos que deberá usar en cada una. Se le pone el costo global que llevara realizarse cada una de estas actividades sin sus especificaciones.

6.1.2 Materiales

Se calcularon las cantidades que se deberán utilizar de materiales en cada una de las fases existentes del proyecto con sus respectivos costos unitarios al día de la fecha.

Rubro	Material	Modelo	Marca	Cant.	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
Postes WiFi	Estructura	Caño camisa 10mts/ 20cm D	Universal	350	Mts.	\$ 2,260	\$ 791,000
	Caja Estanco	Para baterias 100cmx100cm	Hikvision	35	Unid.	\$ 5,600	\$ 196,000
	Caja Estanco	DS-TLWSP- PB3000	Hikvision	35	Unid.	\$ 6,300	\$ 220,500
	Baliza	12v	Universal	35	Unid.	\$ 900	\$ 31,500
	Pararrayo	Franklin 5 puntas	Euca	35	Unid.	\$ 3,900	\$ 136,500
	Parlante	SPKE 301 FO	Hikvision	35	Unid.	\$ 2,100	\$ 73,500
	Panel Solar	DS-TLWSP-S250	Hikvision	35	Unid.	\$ 5,500	\$ 192,500
	Controlador	DS-TLWSP-SC3000	Hikvision	35	Unid.	\$ 4,200	\$ 147,000

	Solar						
	Inversor	DS-TLWSP-WR1000-24	Hikvision	35	Unid.	\$ 3,800	\$ 133,000
	Batería	DS-TLWSP-P200	Hikvision	35	Unid.	\$ 53,000	\$ 1,855,000
	Pintura	epoxy COLOR RAL	Universal	70	Lts.	\$ 1,200	\$ 84,000
	Señalización	reflectantes 40x 40 cm	Universal	70	Unid.	\$ 700	\$ 49,000
Obra Civil	Tritubo	PEAD 40X34 mm	Huferjo	182	Rollo	\$ 40,000	\$ 7,280,000
	Acople tritubo	PEAD	Huferjo	182	Unid.	\$ 200	\$ 36,400
	Cámara de paso	65x113x60 cm hormigón	Universal	400	Unid.	\$ 4,200	\$ 1,680,000
	Cámara de empalme	65x154x60 cm hormigón	Universal	35	Unid.	\$ 4,500	\$ 157,500
	Hitos	Cemento 2mts	Universal	135	Unid.	\$ 1,000	\$ 135,000
Fibra Optica	Fibra Optica	12 Hilos Monomodo	GLC	27	Rollo	\$ 288,000	\$ 7,776,000
	Fibra Optica	16 Hilos Monomodo	GLC	14	Rollo	\$ 305,000	\$ 4,270,000
	Fibra Optica	32 Hilos Monomodo	GLC	6	Rollo	\$ 326,000	\$ 1,956,000
	Cable Drop	1 Hilo Monomodo	Inglobar	1	Rollo	\$ 130,000	\$ 130,000
	Caja de Empalme	4 entradas/ 24 empalmes	Yuyao	35	Unid.	\$ 5,400	\$ 189,000
	Pigtails	SC 50cm	Grand Way	83	Unid.	\$ 250	\$ 20,750
	Patchcord	Simplex de 3 metros SC/APC	Aconet	85	Unid.	\$ 390	\$ 33,150
	Patchcord	Duplex de 3 metros LC/UPC	Aconet	4	Unid.	\$ 390	\$ 1,560
	Roseta	1 entrada/1 salida	GLC	35	Unid.	\$ 120	\$ 4,200
Hardware	Rack	219cm x 60 cm x 60 cm	GLC	2	Unid.	\$ 45,000	\$ 90,000
	UPS	1000v	Lyonn	2	Unid.	\$ 39,000	\$ 78,000
	Bandeja ODF	16 acopladores SC/APC	GLC	3	Unid.	\$ 8,600	\$ 25,800
	DWDM	Mux/Demux	GEZHI	2	Unid.	\$ 8,300	\$ 16,600
	Switch	CRS317-1G-16S+RM	Mikrotik	3	Unid.	\$ 53,800	\$ 161,400
	Router	CRS112-8P-4S-IN	Mikrotik	2	Unid.	\$ 25,000	\$ 50,000
	Access Point	Serie 370 EX	ARUBA	35	Unid.	\$ 65,000	\$ 2,275,000
	SFP	Simplex WDM 120 km/1G	Mikrotik	2	Unid.	\$ 7,000	\$ 14,000
	SFP	Duplex LC 10mts/1G	Mikrotik	8	Unid.	\$ 5,100	\$ 40,800
	SFP	Simplex SC 10KM/100Mbps	Mikrotik	12	Unid.	\$ 5,500	\$ 66,000
	SFP	Simplex SC 40KM/100Mbps	Mikrotik	26	Unid.	\$ 5,700	\$ 148,200
	SFP	Simplex SC 60KM/100Mbps	Mikrotik	18	Unid.	\$ 6,000	\$ 108,000
	SFP	Simplex SC 80KM/100Mbps	Mikrotik	14	Unid.	\$ 6,200	\$ 86,800
General	Fleje	Acero galvanizado 3/4"	Universal	7	Rollo	\$ 7,100	\$ 49,700
	Hebilla	Acero galvanizado 3/4"	Universal	210	Unid.	\$ 25	\$ 5,250
	Soportes	Hierro "L" 50cmx50cm	Universal	70	Unid.	\$ 1,500	\$ 105,000
	Zapatilla	5 bocas	Universal	37	Unid.	\$ 800	\$ 29,600
	Térmica	10 Amp	Sica	37	Unid.	\$ 850	\$ 31,450
	Disyuntor	40 Amp	Sica	37	Unid.	\$ 1,300	\$ 48,100
	Cable Sintenax	2x6 cm	Ayan	185	Mts.	\$ 270	\$ 49,950
TOTAL							\$ 31,058,710

Tabla 6.1 Costos y cantidades de materiales

Aclaraciones:

- Los caños camisa para la estructura del poste WiFi vienen de a 10 metros.
- Para la pintura epoxy de los postes WiFi se utilizarán 2 litros por cada uno.
- Cada poste tendrá 2 reflectantes con sus respectivos datos.
- Los rollos de tritubo vienen de a 100 metros.
- Los acople de tritubo se colocarán cada 100 metros para unir los tramos de tributos.
- Se pondrán hitos en todas las cámaras premoldeadas (de empalme y de paso).
- Los rollos de FO de 12, 16 y 32 hilos vienen de a 4 kilómetros. Además del despliegue en el trayecto se suma las ganancias que se dejan en las diferentes cámaras.
- Se calcula 20 metros de cable drop por cada poste WiFi. Los rollos de cable drop vienen de a 1000 metros.
- La cantidad de pigtaills que se utilizarían son los que se acoplen a la roseta de cada poste y los que se fusionen dentro de las bandejas de ODF.
- Se usan 3 switch y bandejas ODF porque se deben colocar 2 en el NOC de San Antonio de los Cobres, ya que estos equipos son solamente para 16 hilos cuando esos NOC deben abastecer al doble de esos hilos. Los otros se colocarán en el NOC de Campo Quijano.
- Se usarán 2 soportes en “L” por cada poste WiFi, uno se lo utilizará para sostener a la AP mientras que el otro sostendrá al panel solar en un ángulo planificado.
- Se flejara 6 veces por poste, a cada una de las dos cajas estanco se le harán 2 flejaciones para sostenerlas al poste, mientras que a cada soporte se lo flejara una vez. Los rollos de flejes traen 30 metros cada uno.
- Las zapatillas, térmicas y disyuntores se usarán una por poste WiFi y una en cada uno de los NOC.

6.1.3 Herramientas

Se calcularon las cantidades que se deberán utilizar de herramientas en cada una de las fases existentes del proyecto con sus respectivos costos unitarios al día de la fecha.

Rubro	Herramientas	Modelo	Marca	Cant.	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
Fibra Optica y despliegue	Fusionadora	T45	Orientek	2	Unid.	\$ 215,000	\$ 430,000
	Flejadora	Sunchadora manual de acero	Acomanflex	2	Unid.	\$ 6,900	\$ 13,800
	Kit de fusión	Elementos de fusión	Orientek	2	Unid.	\$ 13,500	\$ 27,000
	OTDR	TR600-S	Orientek	2	Unid.	\$ 150,000	\$ 300,000
TOTAL							\$ 770,800

Tabla 6.2 Costos y cantidades de herramientas

6.1.4 Servicios

Se calcularon los servicios en forma genérica que deberán ser realizados por la terciarizada que sea contratada. A ARSAT se le contratara 1,2 gigas, teniendo un costo de \$250 el mega.

Rubro	Servicios	Empresa	Costo Total
Relevamiento	Encuestas	Terciarizada de Enacom	\$ 30,000
	Transporte y viáticos	Terciarizada de Enacom	\$ 70,000
Obra Civil	Cavado y Zanjado	Terciarizada de Enacom	\$ 2,500,000
	Despliegue de FO	Terciarizada de Enacom	\$ 1,000,000
Fibra Optica	Fusión y empalmes	Terciarizada de Enacom	\$ 800,000
Proyecto	Pago servicio en general	Terciarizada de Enacom	\$ 5,000,000
Hardware	Conexión lógica	Terciarizada de Enacom	\$ 500,000
Proveedores	Internet	Arsat	\$ 2,000,000
TOTAL			\$ 11,900,000

Tabla 6.3 Costos de los distintos servicios

6.1.5 Presupuesto final

Las sumas de los costos de materiales, herramientas y servicios nos darán el presupuesto final del proyecto, al mismo se lo incrementara en un 10% por motivo de los riesgos existentes como ser la inflación y otros que detallaremos en el siguiente capítulo.

Presupuesto	
Materiales	\$ 31,058,710
Herramientas	\$ 770,800
Servicios	\$ 11,900,000
Total	\$ 43,729,510
Riesgos (10%)	\$ 4,372,951
Presupuesto Final	\$ 48,102,461

Tabla 6.4 Presupuesto final

6.2 Gestión de Tiempo

La gestión de tiempo consiste en definir las actividades del proyecto, desglosando las fases en paquetes de trabajo listas para ejecutarlas. Esas actividades se las secuenciara en una EDT y se les estimara la duración para finalmente volcar esa información en un cronograma o diagrama de Gantt.

6.2.1 Fases y listas de actividades

Las fases son las etapas grandes de un proyecto que abarcan a cada una de las actividades finales. Este proyecto ha sido dividido en 8 fases y se las ha secuenciado:

Nº	FASES
1	Iniciación
2	Planificación
3	Obra Civil
4	Instalación Postes WiFi
5	Armado de red de Fibra Optica
6	Creación de los NOC
7	Distribución del servicio
8	Cierre del proyecto

Tabla 6.5 Fases del proyecto

Las actividades de un proyecto son medibles en términos de tiempo, recursos, esfuerzos y costos. Tienen un producto final como resultado que se debe cumplir en un tiempo pautado con inicio y fin de esa actividad.

1	Iniciación
1.1	Relevamiento puntos críticos
1.2	Encuesta a pobladores
1.3	Recopilación de requisitos
1.4	Asesoramiento con entes gubernamentales
1.5	Convenios, contratos y permisos
1.6	Documentación
2	Planificación
2.1	Planificación de la solución técnica
2.2	Diseño de la red y distribución de postes WiFi
2.3	Contratos a Terciarizadas
2.4	Búsqueda de proveedores
2.5	Selección y compra de materiales
3	Obra Civil
3.1	Cavado y zanjado
3.2	Despliegue del tritubo
3.3	Instalación de cámaras premoldeadas
3.4	Relleno de las zanjas
3.5	Colocación de los Hitos
4	Instalación Postes WiFi
4.1	Cavado de pozos
4.2	Colocación de las estructuras
4.3	Flejado de las cajas estanco y soportes
4.4	Pintado con material epoxy
4.5	Instalación del circuito eléctrico
4.6	Colocación de pararrayos, balizas y parlantes.
4.7	Señalización de los postes
5	Armado de red de Fibra Optica
5.1	Ingeniería de distribución de hilos
5.2	Despliegue del troncal de Fibra Optica
5.3	Instalación de botellas de empalme y fusión de la FO
5.4	Despliegue del cable drop a cada poste WiFi
5.5	Instalación de las rosetas y fusión del cable drop
6	Creación de los NOC
6.1	Ambientación del espacio predestinado para los NOC
6.2	Colocación de los rack y segurización de la energía
6.3	Instalación del hardware: switch, router, dwdm
6.4	Fusión y distribución de hilos en las bandejas ODF
6.5	Colocación de los SFP y de los Access Point
7	Distribución del servicio
7.1	Despliegue de FO desde ARSAT al NOC de SAC
7.2	Configuración de los equipos hardware
7.3	Verificación técnica de la red de FO
7.4	Prueba de velocidades en los Access Point

8	Cierre del proyecto
8.1	Control y seguimiento
8.2	Mantenimiento
8.3	Auditorias
8.4	Documentación y certificaciones

Tabla 6.6 Lista de actividades

6.2.2 EDT

La EDT (estructura de desglose del trabajo) es una representación gráfica del proyecto de forma muy descriptiva. Se organiza dividiendo las actividades en diferentes niveles, alcanzando un grado de detalle necesario para planear y controlar de forma adecuada el proyecto. Es una descomposición jerárquica del alcance total del trabajo a realizar por el equipo de proyecto. La EDT que se desarrolló para el proyecto está orientada a los entregables.

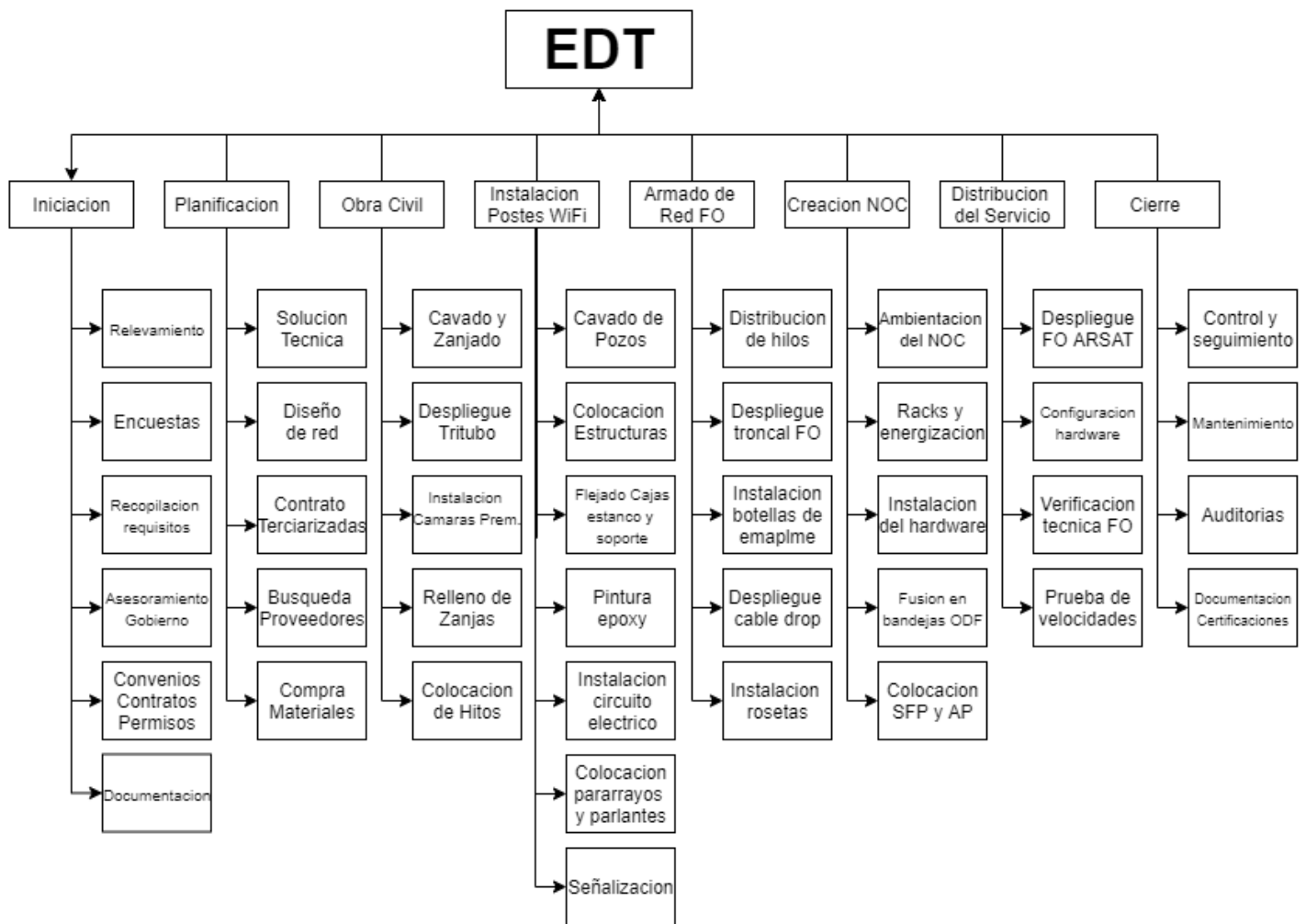


Figura 6.1 Diagrama de la EDT

6.2.3 Diagrama de GANTT

El diagrama de Gantt es una herramienta gráfica cuyo objetivo es exponer el tiempo de dedicación previsto para diferentes tareas o actividades a lo largo de un tiempo total determinado. El diagrama está compuesto por un eje vertical donde se establecen las actividades que constituyen el trabajo que se va a ejecutar, y un eje horizontal que muestra en un calendario la duración de cada una de ellas.

Tomamos que el inicio del proyecto será en el mes genérico 1 del año 2021. El mismo será desarrollado en forma mensual en base al recurso humano correspondiente por la empresa terciarizada (4 cuadrillas).

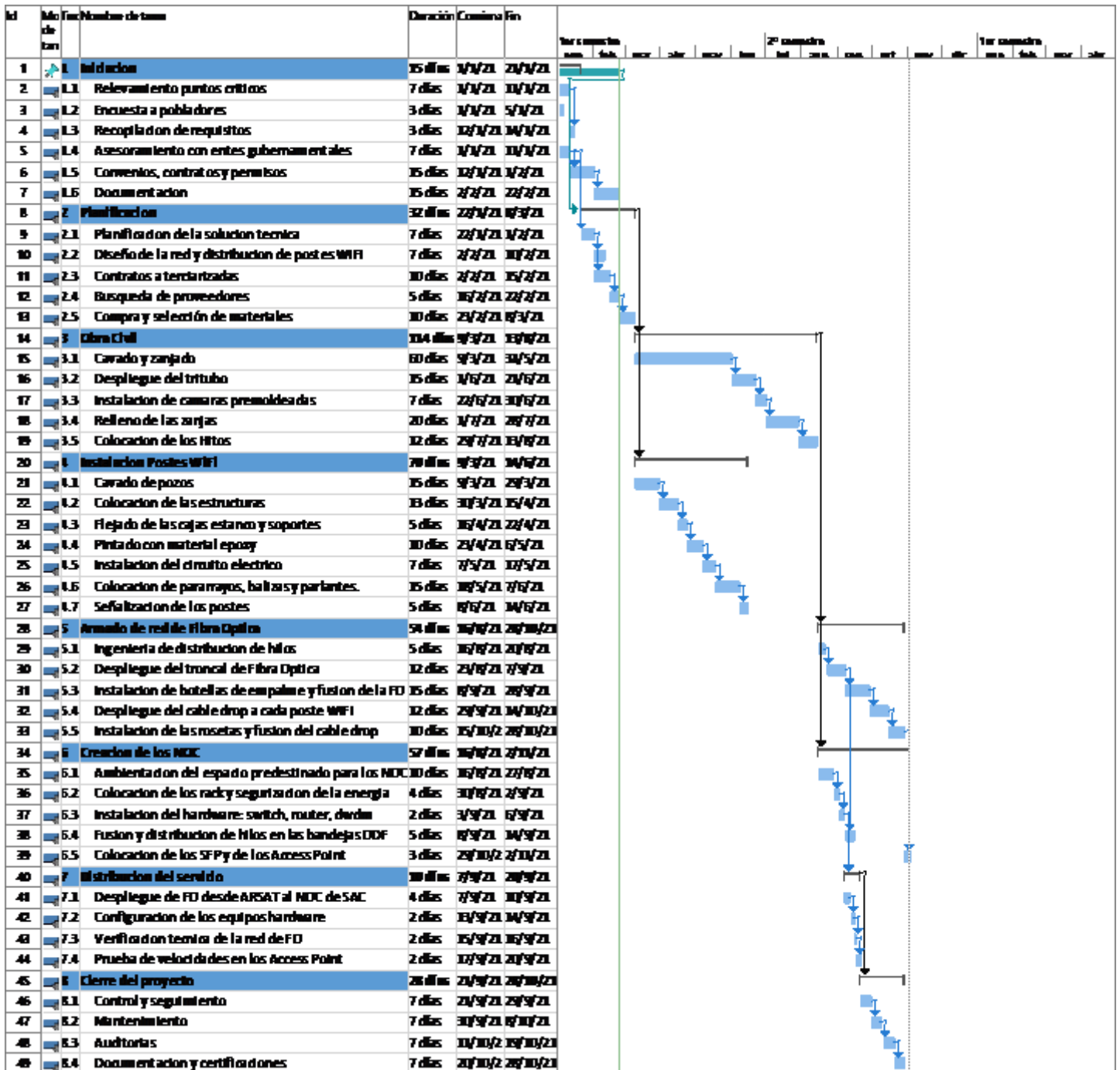


Figura 6.2 Diagrama de GANTT

6.2.4 Camino Crítico

Es un algoritmo utilizado para el cálculo de tiempos y plazos en la planificación de proyectos. Es la secuencia de los elementos terminales de la red de proyectos con la mayor duración entre ellos, determinando el tiempo más corto en el que es posible completar el proyecto. La duración de la ruta crítica determina la duración del proyecto entero. Cualquier retraso en un elemento de la ruta crítica afecta a la fecha de término planeada del proyecto, y se dice que no hay holgura en la ruta crítica. Para este proyecto la duración de la ruta crítica es 262 días.

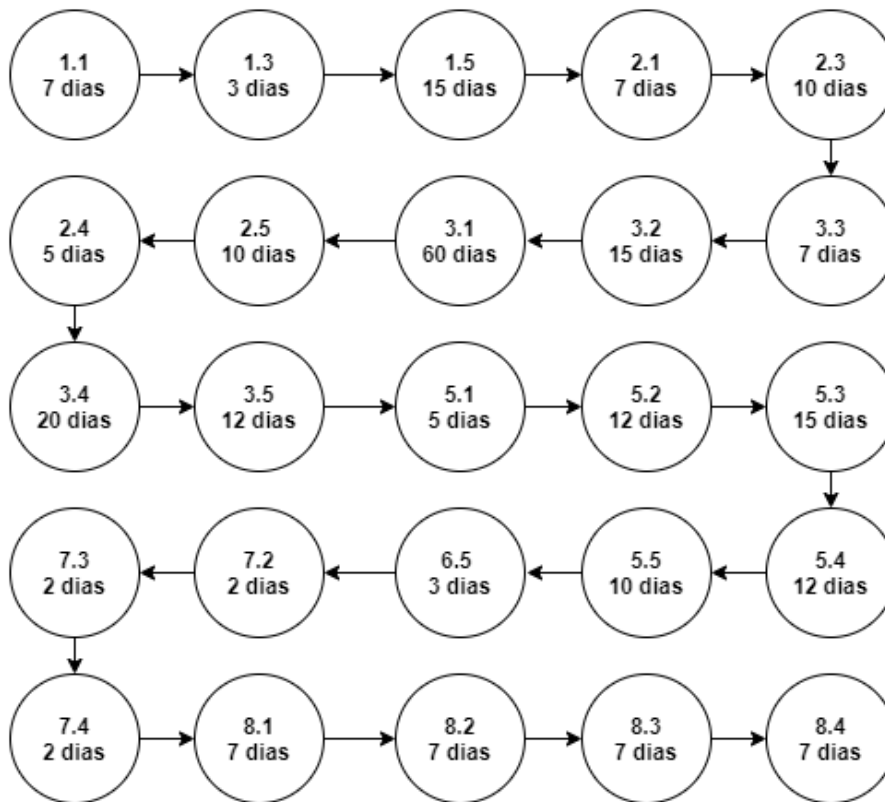


Figura 6.3 Camino crítico

CAPITULO VII

STAKEHOLDERS Y GESTION DE

RIESGO

7.1 Gestión de Interesados

Un interesado es cualquier persona o entidad que participa en el proyecto o puede verse afectado por la salida de este, son aquellos actores que tienen cierto grado de influencia e interés, también se los denomina con el nombre en inglés de Stakeholders.

Hay que tener en cuenta que durante todo el ciclo de vida del proyecto pueden aparecer o desaparecer interesados o cambiar su influencia o interés sobre el proyecto y no todos los interesados en un proyecto tienen la misma participación, ni el mismo peso, ni el mismo poder, ni la misma influencia.

7.1.1 Identificación de Stakeholders

Se identifican todos los interesados que participan en el proyecto con sus nombres, características y funciones dentro del mismo en forma directa o indirecta. Se considera únicamente a los Stakeholders con mayor influencia en el proyecto para lograr una mejor eficiencia en los resultados.

- **Gobierno (municipal/provincial/nacional):** Encargados directos de solicitar y gestionar la realización del proyecto a través de la ENACOM y de ARSAT. Son los responsables de comunicar las razones y justificación para el desarrollo del mismo, deberán ser el nexo para la comunicación entre los entes, vialidad, pobladores y otros agentes intervinientes.
- **ENACOM – ARSAT:** Entes nacionales encargados de aprobar, financiar y ejecutarlo al proyecto llamando a licitación para que lo realice una terciarizada o utilizando recursos de ellos mismos. Tanto si la realizan ellos o una empresa contratada, nombrarán de responsable de ejecución a un director de proyectos.
- **Pobladores locales:** Son uno de los beneficiarios del proyecto, ellos son la razón por la cual llevarlo a cabo. Comparten sus dudas, experiencias y necesidades a los gobiernos municipales o provinciales.
- **Sector privado (turistas/ empresas/ transportistas):** Son los otros beneficiarios del proyecto, ellos también comparten sus dudas, experiencias y necesidades a los gobiernos municipales o provinciales. Acostumbran a plantear sus opiniones a través de los ministerios, secretarías o gremios de sus rubros.
- **Director del Proyecto:** Responsable directo contratado por la empresa terciarizada o empleado del ente ARSAT o ENACOM encargado del inicio, planificación, ejecución, control y cierre del proyecto. Es la máxima autoridad para llevarlo a cabo, interactuando y dando respuestas a cada uno de los Stakeholders.
- **Proveedores:** Agentes externos al desarrollo del proyecto, los mismos se encargan de brindar los materiales, herramientas y maquinarias tanto en venta como alquiler para la ejecución en cada etapa del mismo.

7.1.2 Matriz de Compromiso

Una vez descriptos los interesados, se hará una matriz de compromiso para clasificarlos ya que no todos tienen el mismo peso sobre el proyecto.

Una matriz de compromiso consiste en plasmar a los diferentes grupos de interesados en relación a su postura frente al éxito del proyecto (inconsciente, resistente, neutral, apoyando y liderando). De esta forma, para cada interesado que se haya identificado se plasmará en la matriz según su estado actual y el deseado por la organización.

Interesado	Inconsciente	Resistente	Neutral	Apoyando	Liderando
Gobierno					L
ENACOM/ARSAT					L
Pobladores				A	
Sector Privado				A	
Director de Proyectos					L
Proveedores	I				

Tabla 7.1 Matriz de compromiso

*Inconsciente: Desconocedor del proyecto y de sus impactos potenciales.

*Resistente: Conocedor del proyecto y de sus impactos potenciales, y reticente al cambio.

*Neutral: Conocedor del proyecto, aunque ni lo apoya ni es reticente.

*Apoyando: Conocedor del proyecto y de sus impactos potenciales, y apoya el cambio.

*Liderando: Conocedor del proyecto y de sus impactos potenciales, y activamente involucrado en asegurar el éxito del mismo.

7.1.3 Matriz de Poder-Interés

Una vez identificados, se deben determinar sus necesidades y expectativas, y ser mapeados conforme a su interés, poder, influencia e impacto en el proyecto, a modo de poder priorizarlos.

La matriz de poder-interés nos ayuda a identificar los interesados más importantes en nuestro proyecto. Los que nos queden en el cuadrante superior derecha significa que serán interesados clave, mientras que si es el inferior derecha se tendrá que mantener informado. Por contra, si nos quedan en el cuadrante superior izquierda se tendrá que mantener satisfecho, mientras que si es en el inferior izquierdo se hará un esfuerzo mínimo para gestionarlos.

		Nivel de interés	
		Bajo	Alto
Poder	Alto	Tener satisfecho -Gobierno	Interesado clave -Dir. Proyectos -ENACOM/ARSAT
	Bajo	Mínimo esfuerzo -Proveedores	Tener informado -Pobladores -Sector Privado

Tabla 7.2 Matriz poder-interés

7.2 Gestión de Riesgos

Es un enfoque estructurado para manejar la incertidumbre relativa a una amenaza a través de una secuencia de actividades humanas que incluyen la identificación, el análisis y la evaluación de riesgo, para luego establecer las estrategias de su tratamiento utilizando recursos gerenciales.

7.2.1 Descripción de riesgos

Los riesgos identificados más sobresalientes de este proyecto son:

A- Climatológicos: Por diferentes problemas ambientales, como ser intensas lluvias, granizo, aludes, desprendimiento de rocas, etc.; ocasionara desfasajes en los tiempos de desarrollo del proyecto, hasta podría causar daños en los equipamientos.

B- Inflacionarios: Los presupuestos del proyecto podrían variar mes a mes respecto al informe inicial por motivos de la inestabilidad económica existente en Argentina. El mismo al ser financiado por un ente estatal estará estrechamente ligado a las necesidades políticas de turno.

C- Falta de Proveedores: La mayoría de los equipamientos necesarios para la ejecución del proyecto son fabricados en el extranjero. Y los materiales que son posibles de conseguir en el país tienen demasiada demanda, lo que complica sus compras.

7.2.2 Probabilidad e Impacto

En el primer cuadro se definió la probabilidad total del impacto según todos los aspectos (tiempo, calidad, costo y alcance) de cada uno de los riesgos nombrados y además se lo encasillo en su tipo de riesgo cualitativo según su rango de incidencia riesgosa. Se definió su análisis cuantitativo y cualitativo de cada uno de los riesgos en base a su probabilidad, impacto y al tipo.

PROBABILIDAD	VALOR NUMÉRICO	IMPACTO	VALOR NUMÉRICO
Muy Improbable	0.1	Muy Bajo	0.05
Relativamente Probable	0.3	Bajo	0.10
Probable	0.5	Moderado	0.20
Muy Probable	0.7	Alto	0.40
Casi Certeza	0.9	Muy Alto	0.80

TIPO DE RIESGO	PROBABILIDAD X IMPACTO
Muy Alto	Mayor a 0.50
Alto	Menor a 0.50
Moderado	Menor a 0.30
Bajo	menor a 0.10
Muy Bajo	Menor a 0.05

Tabla 7.3 Probabilidad de impacto

Nº	RIESGO	OBJETIVO AFECTADO	PROBABILIDAD	IMPACTO	TIPO DE RIESGO (CUALITATIVO)
A	Climatológicos	Alcance	0.5	0.1	ALTO
		Tiempo	0.7	0.4	
		Costo	0.5	0.2	
		Calidad	0.5	0.1	
		TOTAL PROBABILIDAD X IMPACTO	0.48		
B	Inflacionarios	Alcance	0.7	0.2	MUY ALTO
		Tiempo	0.3	0.1	
		Costo	0.9	0.8	
		Calidad	0.5	0.4	
		TOTAL PROBABILIDAD X IMPACTO	1.09		
C	Falta de Proveedores	Alcance	0.1	0.05	MODERADO
		Tiempo	0.5	0.2	
		Costo	0.5	0.4	
		Calidad	0.5	0.1	
		TOTAL PROBABILIDAD X IMPACTO	0.29		

Tabla 7.4 Probabilidades de los riesgos del proyecto

7.2.3 Plan de Contingencia

Las estrategias incluyen transferir el riesgo a otra parte, evitar el riesgo (reducir su probabilidad o impacto a 0), reducir el impacto negativo del riesgo y aceptar algunas o todas las consecuencias de un riesgo particular mediante una decisión informada.

A- Climatológicos: El tipo de respuesta ante este riesgo será ACEPTAR, ya que el mismo es un fenómeno de fuerza mayor es impredecible como cuando y donde será exactamente. Se puede evitar un poco al desarrollar el proyecto en épocas con menor incidencia climatológicas en dicha zona, como ser en invierno.

B- Inflacionarios: El tipo de respuesta ante este riesgo será el de MITIGAR, si bien al ser un factor externo la inflación habría que aceptarlo, pero al saber que hay un incremento inflacionario mensual en los últimos años, se tomarían precauciones económicas para ganarle a la inflación.

C- Falta de Proveedores: El tipo de respuesta ante este riesgo será el de TRANSFERIR. Para evitar los conflictos con los proveedores existentes se deberá buscar exhaustivamente todos los proveedores posibles para cubrir nuestras necesidades. Ir por los proveedores más confiables y seguros que tengan stock para llevar a cabo nuestro proyecto con tranquilidad.

CAPITULO VIII
GESTION DE CALIDAD Y MARCO
LEGAL

8.1 Método de Financiación del Proyecto

8.1.1 ENACOM

El Ente Nacional de las Comunicaciones (ENACOM) es la Autoridad de Aplicación de las Leyes N° 27.078 y 26.522, sus normas modificatorias y reglamentarias. En el título IV de la Ley 27.078 se establece lo relacionado con el concepto del Servicio Universal, el objetivo del mismo y la metodología de utilización de los Fondos del Servicio Universal.

A través de la Resolución ENACOM 2642/16 se aprobó el Reglamento General del Servicio Universal en el cual se encuentran las condiciones para la elaboración de los programas y los proyectos que serán adjudicados. A través de la Resolución ENACOM N° 3.597, se aprobó el Programa Conectividad con el objetivo de propiciar la implementación de proyectos que tengan por objeto la prestación de servicios mayoristas o minoristas sobre áreas con necesidades insatisfechas, mediante el desarrollo de redes de transporte o el fortalecimiento de las redes de acceso existentes, señalando entre sus finalidades generar un acceso equitativo a los servicios de telecomunicaciones, promover el desarrollo de las distintas regiones y su integración social y promover el acceso a las tecnologías de la información.

La justificación del proyecto deberá estar de acuerdo con los objetivos para la utilización de los Fondos del Fondo Fiduciario del Servicio Universal según lo establecido en la Ley 27.078, las Resoluciones ENACOM 2642/16 y ENACOM 3597/2016.

8.1.2 Fondo Fiduciario del Servicio Universal

Los aportes de inversión correspondientes a los programas del Servicio Universal son administrados a través del Fondo Fiduciario del Servicio Universal. El Ente Nacional de Comunicaciones es el encargado de dictar el reglamento de administración del Fondo y las reglas para su control y auditoría respecto de los costos de administración, asegurando que tanto la misma como la ejecución del Fondo se encuentren a cargo del Estado Nacional.

El Fondo Fiduciario de Servicio Universal está integrado con los aportes de los prestadores de servicios de telecomunicaciones, quienes deben aportar el uno por ciento (1%) de la totalidad de los ingresos devengados por su prestación, netos de los impuestos y tasas que los graven.

Nuestro proyecto se encuadra dentro de los objetivos a los que están destinados los fondos del Servicio Universal. Por lo tanto, se solicitará la financiación a través del mismo por medio de la ENACOM.

8.2 Permisos, Contratos y Convenios

Son todos los documentos que se deberán formalizar a lo largo del proyecto entre todos los Stakeholders intervinientes.

- Permisos Municipales

Por el uso de espacio público para el despliegue de la FO, por el uso de la energía y espacio dentro de la municipalidad u otro edificio público para el armado del NOC.

(Municipalidad de Campo Quijano y San Antonio de los Cobres)

- Contrato con la ENACOM
El gobierno nacional, provincial (Salta) o municipal será el encargado de firmar el contrato con la ENACOM para gestionar el proyecto usando el fondo fiduciario del servicio universal.
- Contrato con ARSAT
El ente nacional de las comunicaciones será el encargado de planificar el proyecto y subcontratar a la empresa estatal ARSAT para llevar a cabo su ejecución. Es un contrato entre dos empresas estatales. La primera deberá hacerle seguimiento a la otra durante su ejecución por contrato.
- Contrato con Proveedores o Terciarizadas
La empresa ARSAT podrá desarrollar el proyecto con sus recursos, pero al ser en una zona muy desfavorable y lejana a sus bases operativas deberá contratar a una terciarizada para llevarlo a cabo con sus respectivas condiciones y formas de control. Además, se deberá realizar contratos con cada uno de los proveedores de los diferentes recursos, materiales y servicios necesarios para llevar las etapas del proyecto.
- Convenio con Vialidad Nacional
Para el uso del espacio físico en las adyacencias de la ruta nacional 51, se deberá firmar un convenio con Vialidad Nacional, que son los responsables de las concesiones y trabajos varios que se lleven a cabo en las rutas nacionales. Se deberá firmar entre este ente y la ENACOM, pero podría tener la gestoría por parte del gobierno provincial de Salta.
- Convenio con el Tren a las Nubes
Para el uso del espacio físico en las adyacencias de las vías del tren en el recorrido del Tren a las Nubes, se deberá firmar un convenio con dicha empresa, que son los responsables de las concesiones y trabajos varios que se lleven a cabo en esas estructuras. El recorrido del Tren a las Nubes es parte de la empresa estatal Ferrocarril General Belgrano S.A., por lo cual el convenio será accesible de llevarse a cabo, mientras que los responsables de promoverlo serán los agentes de la ENACOM con gestorías por parte del gobierno provincial de Salta.
- Convenios municipales y provinciales
Se firmarán acuerdos con los diferentes ministerios y secretarías tanto municipales como provinciales en las áreas de seguridad, salud, turismo, educación y economía para colaborar en conjunto brindando toda la información representativa de cada sector, desarrollando el proyecto con la mayor eficiencia, cantidad de datos y requerimientos específico.
- Permisos Medioambientales
Se solicitarán los permisos necesarios para llevar a cabo las obras de construcción y la instalación de equipamientos cumpliendo con las regulaciones y normativas existentes a nivel provincial como municipal sobre el medioambiente.

8.3 Verificaciones

8.3.1 Certificación ISO 9001

Para esta certificación, se deberán confeccionar y proveer los manuales de procedimientos correspondientes a las distintas solicitudes efectuadas desde los Postes WiFi, especificando en cada caso particular las acciones a tomar y los grupos intervinientes para el cierre de la actividad.

Dichos manuales se encontrarán divididos en procedimientos de mantenimiento y resolución de fallas. Se deberán tener en cuenta los procedimientos indicados para:

- Fallas en el servicio de internet.
- Accidente de tránsito/ emergencias.
- Daños en la estructura del poste.
- Otros eventos

La fabricación de los Postes de WiFi, deberá ser realizada a través de un proceso de aseguramiento de la calidad, preferentemente ISO 9001/2008. En caso de no poseerlo el fabricante, podrá presentar un sistema propio de calidad con los estudios correspondientes del caso, que esté aprobado por autoridad competente. Se deberá presentar el manual de calidad de dicha fabricación.

8.3.2 Auditoria

ARSAT deberá contratar a un organismo público el cual realizará las auditorías correspondientes, las cuales deben consistir en el análisis de los datos obtenidos desde el sistema de gestión para verificar el funcionamiento de la infraestructura de cada uno de los postes instalados y su disponibilidad del servicio, la cual debe ser como mínimo del 99% del tiempo auditado.

Dichas auditorías deberán ser realizadas semestralmente, el proceso de la auditoría deberá extenderse hasta la finalización del convenio. ARSAT informará semestralmente al ENACOM sobre el resultado de las auditorías.

8.3.3 Medidas reflectométricas con OTDR

Teniendo en cuenta que los tramos de fibra empalmados son parte de la red troncal, las mediciones de potencia serán realizadas desde los NOC situados en los extremos de la fibra. Los equipos de medida de luz utilizados serán los OTDR y permitirán evaluar la continuidad de la fibra, detectar defectos y medir empalmes.

Se medirá la potencia óptica a la salida de la fuente de luz, utilizando los pigtaills de acoplo a la fibra que se utilizarán en la medida. El valor obtenido será P0 (dBm). Al mismo tiempo, se realizarán las mediciones del tramo de fibra requerido, obteniendo un valor P1 (dBm).

El valor de la atenuación total en el tramo se calculará mediante la expresión:

$$A \text{ (dB)} = P_0 - P_1$$

Las medidas reflectométricas deberán realizarse en ambos sentidos, obteniéndose las atenuaciones correspondientes. Entre el OTDR y la fibra bajo prueba se deberá instalar una bobina de lanzamiento de una longitud no inferior a 800 metros.

Las características más importantes de un OTDR a considerar son:

- Medida para longitudes de onda de 1310 nm y 1550 nm.
- Localización de rupturas, conexiones y conectores.
- Medida de atenuación del tramo de fibra.
- Medida de pérdidas en empalmes y conectores.
- Medida de pérdidas ópticas de retorno.
- Medida de la longitud del tramo de fibra.

8.3.4 Velocidad de Internet

Para la verificación de la calidad de servicio en cuanto a la cantidad de megas que se brindan por postes se hará desde la empresa ARSAT como también por parte de agentes municipales. El objetivo de este doble control es que desde las municipalidades se reciban las quejas por parte de los pobladores o turistas en caso de fallas para luego poder verificarlas in situ, mientras que desde ARSAT se tenga un registro técnico de las incidencias en cuanto a hora de inicio, duración y motivos.

Verificación Municipal

1. Conectar una notebook a señal wifi emitida por AP en poste
2. En la notebook abrir un explorador (Mozilla, Chrome, Internet Explorer)
3. Abrir la página <http://velocidad.arsat.com.ar>
5. Realizar el Test y copiar la pantalla con el resultado de velocidad y latencia.
6. Verificar que la velocidad sea la adecuada por cada tipo de poste WiFi.
7. Informar a ARSAT sobre las anomalías existentes para que realicen asistencias.

Verificación ARSAT

Para la verificación del servicio, ARSAT realizará mediciones desde su centro de operaciones hasta cada poste instalado. La medición de conectividad, para cada poste, empezará a correr desde que se acepta la instalación de la misma. ARSAT debe contar con una herramienta de gestión que permita verificar el estado (en servicio/ fuera de servicio) de cada poste y su vínculo asociado. La herramienta debe permitir visualizar las caídas de servicio, y el tiempo durante el cual permaneció sin servicio de conectividad.

- Verificación del estado (en servicio/fuera de servicio) de cada poste instalado.
- Visualización del tiempo durante el cual permaneció sin servicio de conectividad
- Visualización de la cantidad de datos de tráfico transferido desde cada equipo instalado

8.4 Mantenimiento

El proveedor ya sea ARSAT o una terciarizada deberá cotizar un servicio de mantenimiento preventivo y correctivo por el término de 12 meses a partir de la efectiva puesta en marcha del sistema, este mantenimiento será remoto y de 1 asistencia mensual a cada Poste WiFi.

Dichas tareas consisten en la verificación de los Postes WiFi y del despliegue de la FO en sus respectivos troncales. Además, deberá reparar las anomalías en el funcionamiento en caso de detectarlas. Se deberá proveer un vehículo grúa para permitir el acceso al poste y todas las herramientas necesarias para la reparación.

Tareas a llevar a cabo:

- Continuidad de tendidos
- Estado de botellas y cajas de empalmes
- Continuidad de ductos
- Cerramiento de ductos
- Instalación de regletas
- Estado de tapas
- Identificación de ductos y cables
- Estado general de cámaras

CONCLUSIÓN

CONCLUSIÓN

La viabilidad del proyecto está fundada en la razón social del desarrollo de los habitantes de la Quebrada del Toro y otras actividades económicas relacionadas al turismo y transporte minero. Esta justificación se engloba en los objetivos a cumplir por parte del Fondo Fiduciario del Servicio Universal de la ENACOM, por lo que sería financiado por el mismo.

A futuro, en la zona se podrá desarrollar proyectos de telecomunicaciones a nivel privado que generen ganancias a los inversionistas. Para ello se necesitará un mayor desarrollo económico de las empresas, como ser las mineras, que necesiten de nuevos servicios y soluciones informáticas.

La solución es a través de fibra óptica sin la utilización de radioenlace. Esto permitirá una mayor transmisión de ancho de banda y una estabilidad óptima al no tener incidencias de factores externos como fuertes vientos o lluvias que existen en dicha zona.

El diseño y planificación de la obra civil de un proyecto de telecomunicaciones será llevado a cabo por un ingeniero civil, pero un ingeniero en telecomunicaciones debe ser capaz de realizar cálculos, estimaciones de tiempo, estimaciones de costo, diseños, ejecución y control de la obra, por lo que debería existir una materia en la carrera que abarque este contenido.

El despliegue de la fibra óptica será soterrado, evitando el tendido aéreo, para lograr la mayor eficacia en la transmisión sin incidencias externas como caídas de postes o gran velocidad de los vientos. Se usará el espacio del terreno correspondiente a la ruta nacional 51 y al tren a las nubes que son aptos para su cavado y zanjado.

Las herramientas, equipos y materiales necesarios fueron seleccionados con criterios de relación calidad costos, con proveedores de mucha experiencia. Los equipos que se usaran son escalables permitiendo duplicar o triplicar la cantidad de usuarios a corto plazo.

El único servicio que se brindará será el de internet a través de los postes WiFi, pero el diseño de la obra civil (tritubos) como de la red de fibra óptica, permitirá a futuro la instalación de nuevos servicios como el de telefonía IP o LAN to LAN a distintas empresas sin la necesidad de realizar inversiones de obras.

Además, como valor agregado futuro al proyecto, se planificará la mejora de los Postes WiFi incorporando sensores climatológicos (temperatura, niebla, humedad, etc.) y cámaras de última generación (patentes, domos, fijas, etc.). Estos complementos serán de utilidad para predecir y evitar accidentes como también para prevenirlos.

Estos servicios se los podrá compatibilizar con los programas de otros entes gubernamentales como el servicio meteorológico nacional, vialidad o los diferentes sistemas de emergencias 911.

Facultad de Ingeniería

Diseño de red de Fibra Óptica en la Quebrada del Toro para abastecimiento de internet a las distintas comunidades e instalación de postes WIFI con servicio abierto de internet a la vera de la RN 51.



GLOSARIO

GLOSARIO

- **Ancho de banda:** Es el flujo de bits de información que puede ser llevado por un canal de transmisión
- **Atenuación:** La reducción de la potencia óptica que pasa a lo largo de una fibra, generalmente expresado en decibelios (dB).
- **Auditoría:** Inspección o verificación de la contabilidad de una empresa o una entidad, realizada por un auditor con el fin de comprobar si sus cuentas reflejan el patrimonio.
- **Buffer:** un recubrimiento que la protege la fibra óptica de la humedad y de daños físicos.
- **Calidad:** la capacidad de todos los rasgos y características de un producto o servicio para satisfacer las exigencias de los usuarios (facilidad para el usuario, seguridad, fiabilidad, fuerza, economía, seguridad ambiental) dado tanto explícitamente o implícitamente.
- **Capitel:** es un elemento arquitectónico que se dispone en el extremo superior de la columna.
- **Certificación:** procedimiento según el cual un tercero da lo conformidad por escrito de que un producto, proceso o el servicio cumple con las exigencias requeridas.
- **Cobertura:** se refiere al área geográfica en la que se dispone de un servicio. Suele aplicarse a comunicaciones radioeléctricas, pero también puede emplearse en servicios de cable.
- **Compatibilidad:** el correcto funcionamiento conjunto de diferentes productos, procesos o servicios.
- **Conector:** Son uniones desmontables que permiten la conexión y la desconexión rápida, similar a los conectores BNC o a un enchufe eléctrico.
- **Decibeles:** Medida de sonoridad o sensación sonora que es igual a la décima parte de un bel.
- **Despliegue:** significa enviar tu artefacto a un lugar (repositorio) para ser compartido con otros. Se establecerá un repositorio para esto.
- **Embolo:** Pieza que se mueve alternativamente en el interior de un cuerpo de bomba o del cilindro de una máquina para enrarecer o comprimir un fluido o recibir de él movimiento.
- **Empalme:** es el acto y el resultado de combinar, acoplar o unir algo. El término también se emplea para nombrar a aquello que empalma, al lugar donde se empalma y al modo de concretar la unión.
- **Espectro:** es una condición que no se limita a un conjunto específico de valores, sino que puede variar, sin pasos, a través de un continuo.

- **Férula:** Un tubo que tiene una fibra para la alineación, por lo general parte de un conector.
- **Fotovoltaico:** Que genera una fuerza electromotriz cuando se encuentra bajo la acción de una radiación luminosa o análoga.
- **Inalámbrico:** Que no usa hilos o cables para recibir y enviar mensajes. Permite hacer llamadas y recibirlas a cierta distancia de la base, de la que recibe la señal por medio de ondas de radio.
- **Intermitente:** Que se interrumpe y prosigue cada cierto tiempo de manera reiterada.
- **ITU:** es el organismo especializado en telecomunicaciones de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), encargado de regular las telecomunicaciones a nivel internacional entre las distintas administraciones y empresas operadoras.
- **LAN:** Una red de área local es un grupo de computadoras personales conectadas sobre un medio común dentro de un edificio.
- **Multiplexación:** es la técnica de combinar dos o más señales, y transmitir las por un solo medio de transmisión.
- **Paraje:** Lugar al aire libre, lejano y generalmente aislado.
- **Ramal:** Parte que arranca de la línea principal de un camino, una cordillera, un río, etc.
- **REFEFO:** Red federal de fibra óptica de la empresa estatal ARSAT.
- **Semiconductor:** es un elemento que se comporta como un conductor o como un aislante dependiendo de diversos factores, por ejemplo: el campo eléctrico o magnético
- **Soterrar:** Poner bajo tierra, esconder o ocultar.
- **Stakeholders:** diferentes grupos de personas que influyen en una empresa. En español significa interesado/a.
- **Teleconsultas:** se refiere a las interacciones que ocurren entre un médico y un paciente con el fin de proporcionar asesoramiento diagnóstico o terapéutico a través de medios electrónicos.
- **Transmisión:** Hacer llegar a una persona una información, un mensaje o una noticia.
- **Troncal:** es cualquier cable de fibra óptica que es capaz de soportar múltiples usuarios o dispositivos de un punto a otro.
- **UPS:** es un Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI). Dicho dispositivo permite tener flujo de energía eléctrica mediante baterías, cuando el suministro eléctrico falla.
- **Zanjado:** Excavar la tierra con el fin de hacer zanjas (aberturas alargadas).

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

Libros

Fiber to the Home: The New Empowerment (2005) –

Paul E. Green

Fibra Optica (1977) -

Sattárov D. K.; Editorial Mir Moscú

Redes Ópticas (2006) –

Capmany F. J. & Ortega T. B.; Universidad Politécnica de Valencia

Sistemas y redes ópticas de comunicaciones (2005)

Martin P. J; Madrid: Prentice Hall

Fibra Optica hasta el Hogar (2010)

Schmidberg, Eduardo.

Fundamentos para la dirección de proyectos: Sexta edición (2015)

Guía PMBOK

Documentos por internet y portales Web

Página de Turismo de la provincia de Salta

<http://www.turismosalta.gov.ar/>

Instalación de redes de F.O. en la ciudad de Buenos Aires -

<https://documentosboletinoficial.buenosaires.gob.ar/publico/PE-DIS-MJGGC-DGIASINF-104-19-ANX.pdf>

Postes S.O.S en las rutas 38, 19, 34 y 18 -

<http://www.carreterascentrales.com.ar/postes.html>

Corredores Viales de la República Argentina -

<http://www.occovi.gob.ar/www/492/18701/corredores-viales.html>

Mapa Quebrada del Toro -

<https://trenalasnubes.com.ar/recorrido-pt/#>

Accidentes de tránsito en rutas por provincias argentinas -

<http://luchemos.org.ar/es/estadisticas/muertosanuales/muertos-argentina-2019>

Decreto instalación de postes entre ENACOM y ARSAT en las rutas 33 y 68 -

<https://www.enacom.gob.ar/multimedia/normativas/2019/res3706.pdf>

Sitio web de la ENACOM -

<https://www.enacom.gob.ar>

Pliego de obra pública de instalación de postes S.O.S en Salta (911) -

http://www.obrapublica.com/files/adjuntos/adj_61854.pdf

Todo Conectores - Venta de equipos de fibra óptica –

<http://www.todoconectores.com.ar>

Tradeisay TELECOMUNICACIONES - Comercialización en insumos de equipos para empresas de telecomunicaciones –

<https://www.tradeisay.com>

Definiciones y conceptos generales -

<https://es.wikipedia.org>

Conceptos de la Fibra Optica -

<https://concepto.de/fibra-optica/>

Fundamentos de la gestión y dirección de proyectos -

<https://webgestiondeproyectos.blogspot.com/>

Proveedor de Access point y complementos de hardware -

<https://www.arubanetworks.com/es/puntos-de-acceso/>

Conceptos globales de los elementos de Fibra Optica -

<http://platea.pntic.mec.es/~lmarti2/optral/cap2/fibra-7.htm>