



Universidad
Nacional de San Luis



Facultad de Ciencias Físico
Matemáticas y Naturales

Trabajo Integrador de Comunicaciones II

Blanquez, Emanuel

Cardozo, Estefanía

Suarez, Facundo

Año 2020

Índice

I Resumen	6
II Análisis Demográfico y Económico	6
Descripción Geográfica	7
Población y comienzo de Análisis Económico	8
Modelo del Consumo	9
Análisis de la ocupación	9
Planes y cálculo de capacidad	11
III Análisis Tecnológico	14
Red de Distribución por Radioenlace	14
Ubicación de estaciones	14
Equipos necesarios	16
Red de Distribución por Fibra Óptica	19
Red de Acceso Inalámbrico	26
Red de Acceso por Fibra Óptica	32
Componentes Pasivos	33
Componentes Activos	36
IV Plan Económico de Equipamiento	40
Enlace troncal por Radioenlace	40
Torre de Telecomunicaciones	40
Equipo de Telecomunicaciones	41
Antena	41
Costo total enlace troncal por Radioenlace	42
Enlace troncal por Fibra Óptica	44
Tendido eléctrico	44
Tipo de Fibra Óptica	44
Instalaciones Físicas	45
Resumen de Costos	45

Red de Acceso Inalámbrica	49
Router	49
Switch	49
Access Point	49
Customer Premises Equipment (CPE)	50
Costo total	51
V Propuesta Tecnológica	53
VI Plan de Accion	53
VII Plan de Mantenimiento	53
VIII Análisis Económico y de Negocio	53

Índice de figuras

1.	Ubicación de Carpinteria y Papagayos.	7
2.	Condición Ocupación Censo 2010.	9
3.	Perfil topográfico entre estaciones terminales.	14
4.	Ubicación de estación transmisora.	15
5.	Ubicación de estación repetidora.	15
6.	Ubicación de estación receptora.	16
7.	Torre (ilustrativa).	17
8.	Mapa Papagayos - Carpintería	19
9.	Trayectoria del enlace troncal.	21
10.	Trayectoria del enlace troncal.	22
11.	Terminación del enlace troncal.	23
12.	Topología planteada para enlace troncal por radioenlace y red acceso inalámbrica.	26
13.	Topología planteada para enlace troncal por fibra óptica y red acceso inalámbrica.	26
14.	Estructura General de Red de Acceso Inalámbrica.	27
15.	Distribución de AP's en la Ciudad de Papagayos.	29
16.	Soluciones FTTH.	32
17.	Topología de red GPON.	32
18.	Tipos de conectores SC.	34
19.	Disposición de caja de distribución en red acceso.	35
20.	Ciudad de Papagayos.	35
21.	Subdivisión de la ciudad en áreas.	36
22.	Ubicaciones de terminales de acceso FAT.	36
23.	Cambium PTP 820-S.	41
24.	Andrew VP4-77.	42
25.	Caja de empalmes	45
26.	Casetas	45
27.	Router Ubiquiti.	49
28.	Switch Ubiquiti.	49
29.	Cambium ePMP 1000 Force 180.	50
30.	Cambium ePMP Force 130.	51

Índice de cuadros

1.	Niveles de servicios a brindar.	12
2.	Distribucion de numeros de clientes por servicio.	12
3.	Factores de simultaneidad de los servicios.	12
4.	Alturas de las torres.	16
5.	Características torre de telecomunicaciones.	16
6.	Características principales Antena.	17
7.	Características equipo transmisor y receptor radioenlace.	18
8.	Estándares aplicados en las fibras opticas monomodo.	20
9.	Fibras Ópticas Analizadas.	20
10.	Características transceptor SFP+.	24
11.	Características del switch.	29
12.	Características del router.	29
13.	Características de los AP's.	29
14.	Características de los CPE's.	30
15.	Características Fibra Óptica drop.	33
16.	Características de OLT's.	37
17.	Características ONT's.	38
18.	Costos Torre Telecomunicaciones.	40
19.	Costo Terrenos en Radiobases.	41
20.	Costo aproximado de red distribucion por radioenlace.	42
21.	Costos productos Internacionales. Enlace Troncal Fibra Óptica	46
22.	Costos productos Nacionales. Enlace Troncal Fibra Optica.	46
23.	Costos Nacionales. Red Acceso Inalámbrica.	51

Parte I

Resumen

El presente trabajo consiste en la implementación de una red de telecomunicaciones que permite otorgar un servicio de Triple Play a la ciudad de Papagayos desde la ciudad de Carpintería, ubicadas sobre la Provincia de San Luis. De manera que la empresa ficticia se instalada sobre la ciudad de Carpintería.

El desarrollo del trabajo se ha dividido en 9 partes, sobre la parte II se exhibe un análisis demográfico de la localidad sobre la que se plantea brindar un servicio de comunicación del tipo "Triple Play", en la cual se visualiza la situación socio-económica de la ciudad, y permitiendo definir de la forma más exacta posible el monto que una familia destina para las TIC's.

En la parte III se evalúan las diversas tecnologías para establecer y facilitar la comunicación entre las dos localidades. Se analizan las posibles formas de establecer las Redes de Distribución y Acceso. Cabe destacar que el análisis técnico exhaustivo se presenta de forma adjunta a este informe.

De acuerdo a las tecnologías planteadas, en la parte IV se efectúa un análisis económico de las mismas, para determinar los diversos equipos que pueden utilizarse de acuerdo a las opciones planteadas en la parte anterior y además se exhiben los costos en los que se incurre para la adquisición de los equipos necesarios.

En el apartado V se elige una de las alternativas propuestas para establecer dicha red, considerando los factores más críticos que intervienen. Mientras que la parte VI desarrolla la planificación necesaria para la puesta en funcionamiento inicial de la red, se describe la metodología, el personal que se precisa y los costos necesarios.

Sobre la parte VII se expresa un plan de mantenimiento preventivo en la que se permite observar como se programa la mantención y supervisión de la red, con el propósito de reducir lo más posible la cantidad de fallas o degradaciones de la calidad de funcionamiento.

Una vez determinado la elección de equipos, costos y plan de mantenimiento se desarrolla en la parte VIII el análisis económico del negocio en el que se describe la inversión necesaria para la puesta en funcionamiento y la existencia de la rentabilidad de la solución elegida.

Para finalizar se expresan en la parte ?? los conceptos que se aplicaron, la forma en que se relacionan, y se determina en que medida es posible aplicar esta inversión a partir de los análisis económicos y técnicos que se desarrollan a lo largo del informe.

Parte II

Análisis Demográfico y Económico

Descripción Geográfica

La ciudad de Carpintería se encuentra ubicada en el Departamento Junin de la Provincia de San Luis a 192 km de la Capital, mientras que la ciudad de Papagayos se encuentra ubicada en el Departamento Chacabuco de la Provincia de San Luis, a 31 km hacia el sur de Carpinteria.

En la Figura 1 se destacan las 2 ciudades ubicadas sobre el noreste de la Provincia junto con algunas localidades destacables cercanas.

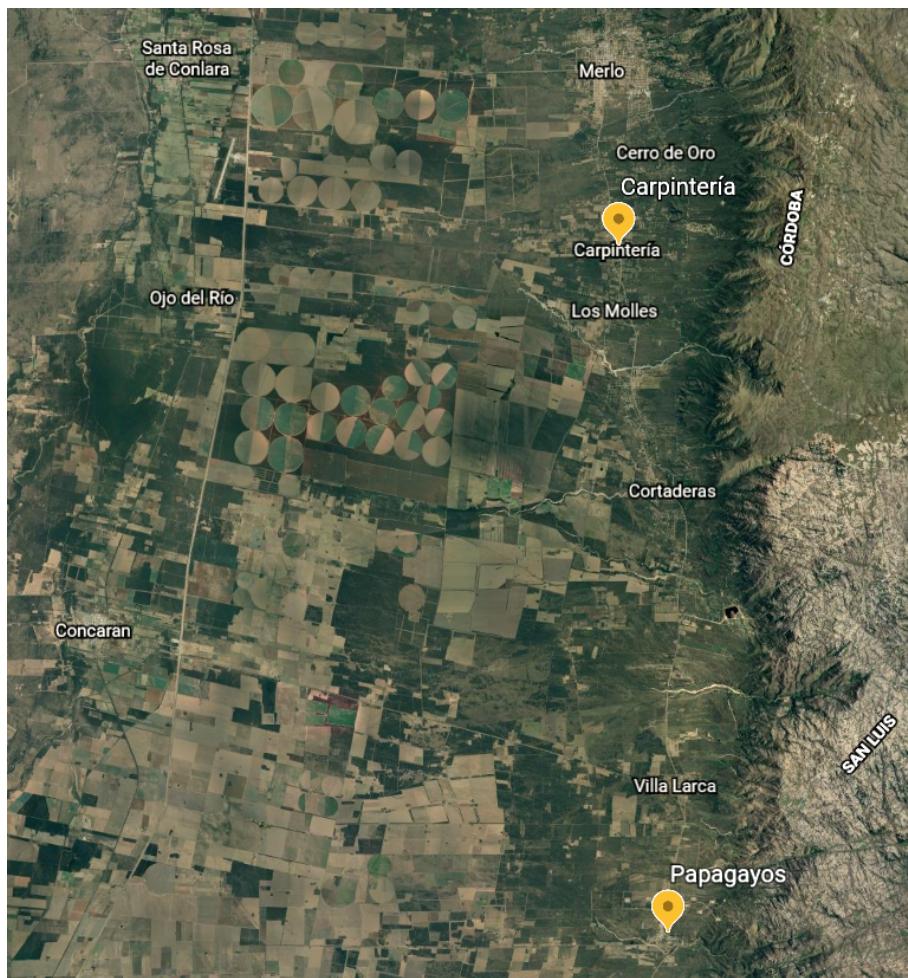


Figura 1: Ubicación de Carpinteria y Papagayos.

Población y comienzo de Análisis Económico

En el presente trabajo, se utiliza la base de datos captados en Censo 2001 y 2010 para visualizar el comportamiento que presenta la localidad de Papagayos en dicho lapso.

Se realizan cálculos y análisis de diferentes indicadores para aspectos socio-económicos y demográficos.

La población de la ciudad de Papagayos según el Censo de 2001 es de 275 habitantes, mientras que en el Censo 2010 es de 433 habitantes [1].

Para calcular la población total en la ciudad en 2019 se calcula de forma aproximada la tasa de crecimiento durante el período 2010-2019 utilizando los datos anteriores. Si bien se omiten algunos factores demográficos y se supone un crecimiento lineal, dicha aproximación es válida para esta aplicación.

- La Ecuación 1 define dicha tasa aproximada:

$$\text{Tasa de crecimiento} = \sqrt[9]{\frac{\text{Poblacion}_{2010}}{\text{Poblacion}_{2001}}} - 1 = \sqrt[9]{\frac{433}{275}} - 1 = 5,17 \quad (1)$$

- De esta forma, la cantidad de habitantes previstos en la ciudad se determina en la Ecuación 2.

$$\text{Poblacion}_{2019} = \text{Poblacion}_{2010} \times \left(1 + \frac{\text{Tasa crecimiento}}{100}\right)^{2019-2010} = 433 \times \left(1 + \frac{5,17}{100}\right)^9 = 681 \quad (2)$$

Se corrobora este resultado llamando a la municipalidad de Papagayos, obteniendo una respuesta de un valor aproximado.

Tomando en cuenta la base de datos REDATAM del Censo 2010, la tasa de empleo de la Ciudad de Papagayos es del 60 % [2], mientras que la medición trimestral efectuada por el INDEC muestra que la tasa de empleo en la región de Cuyo al comienzo de 2019 es del 42 % [5]. A fines prácticos es posible aproximar una tasa de empleo del 51 % en la localidad. De esta forma es posible formar una idea de la solvencia económica de la región a la que se plantea brindar el servicio. Se deduce que sobre la población económicamente activa, poco mas de la mitad tiene al menos una ocupación asalariada.

Para realizar una estimación del monto destinado a las diversas tecnologías de las telecomunicaciones que puede realizar un hogar en la localidad, se calcula un valor medio del ingreso en un hogar de la ciudad. Dicho análisis se encuentra disponible en el anexo adjunto al informe y en el mismo se determina que el ingreso promedio en un hogar de la localidad de Papagayos en 2019 corresponde a US\$ 994 (cotización oficial dolar 02/01/19: \$ 36,80).

El porcentaje que un hogar de la región destina a las TIC's es aproximadamente igual al 4,5 %. Dicho análisis se encuentra disponible de forma adjunta al informe. De forma que es posible de-

terminar que cada familia puede destinar cerca de US\$ 44,73 (cotización oficial dolar 02/01/19: \$ 36,80) para el servicio *Triple Play* que se plantea implementar.

Modelo del Consumo

A partir de la base de datos REDATAM del Censo 2010, se observa la predominancia de 4 personas por hogar [3], por lo que se toma este valor para determinar la cantidad de casas.

En 2019 se estima que hay 681 personas, utilizando el factor de 4 habitantes por casa, se deduce que existen 170 casas en la localidad. De acuerdo de la cantidad de casas estimadas es posible iniciar el análisis del ingreso monetario en base a la cantidad de suscriptores al servicio.

Análisis de la ocupación

Al considerar que en 2010 la población ocupada eran 177 personas [4] sobre una población económicamente activa de 295 personas, dicha fracción representa aproximadamente un total de 40 % de la población activa, es posible suponer que sobre la ciudad hay una persona ocupada por cada hogar, de manera que de forma potencial el 40 % de los 136 hogares puede aceptar suscribirse al servicio al inicio de las actividades del proveedor, dicha proporción corresponde a un total de 55 hogares.

Condición de actividad	Casos	%	Acumulado %
Ocupado	177	60,00	60,00
Desocupado	5	1,69	61,69
Inactivo	113	38,31	100,00
Total	295	100,00	100,00

Figura 2: Condición Ocupación Censo 2010.

Referencias

- [1] Base datos REDATAM. Censo 2010. Resultados Básicos. Frecuencias. Población. Área # 740280301.
- [2] Base de datos REDATAM. Censo 2010. Indicadores sociodemograficos. Tasa de empleo. Área # 740280301.
- [3] Base datos REDATAM. Censo 2010. Resultados Básicos. Frecuencias. Hogares. Total personas en el hogar. Área # 740280301.
- [4] Base datos REDATAM. Censo 2010. Resultados Básicos. Población. Condición de Actividad. Área # 740280301.
- [5] Base datos abiertos " Datos Argentina". Tasa de empleo. Valores trimestrales. 2019-01-01.

Planes y cálculo de capacidad

Al plantear 55 casas abonadas al servicio, y considerando 6 nuevos abonados correspondientes a establecimientos que no son hogares, sino que son locales comerciales, clubes sociales y deportivos, entre otros, se calcula la capacidad máxima para el enlace junto a las diferentes tasas a ofrecer.

Se investiga que empresas brindan servicio de TICs, consultando por medio de las redes sociales y llamadas a contactos locales del Departamento de Chacabuco.

Las empresas que brindan servicios de televisión en la región son:

- DirecTV proveyendo más de 1.000 canales (HD y SD).
- Proveedores privados los cuales no brindan garantías respecto al servicio.

Se determina brindar 50 canales, los cuales serán 40 canales SD y 10 canales HD.

Mientras que las empresas que brindan servicios de telefonía:

- En telefonía fija: Cooperativa de Merlo y Cooperativa de Concaran.
- En telefonía móvil: la empresa Claro funciona en la periferia del pueblo y Movistar en menor medida.

Las empresas que brindan servicios de Internet:

- Cooperativa de Merlo con una velocidad de 4Mb.
- Antenas del gobiernos 2.0 y 3.0 .

La desventaja de estas últimas es que mirando el mapa de antenas de la localidad se observa que en horas pico tiene 70 conectados aproximadamente. Lo cual nos indica un nivel considerable de la ocupación, por lo que se sospecha que la calidad del servicio es limitada.

De acuerdo con lo investigado a nivel socio-económico de la población de la Localidad, se decide brindar un servicio de Internet el cual tendrá 3 opciones las cuales son: de hasta 2 Mbps, de hasta 4 Mbps y de hasta 6 Mbps teniendo en cuenta un factor de simultaneidad del 25 %, dicho factor es ampliamente utilizado en la región, sin sacrificar la calidad del servicio.

Se decide brindar un servicio de VoIP, el cual tendrá una tasa de 30kbps y no se usa un factor de simultaneidad debido a que su tasa es baja comprada con la de televisión e internet.

Cabe decir que se decide que los servicios a brindar tienen 3 niveles, los cuales se describen en la Tabla 1.

Planes	VoIP	SDTV	HDTV	Internet
Bronce	Si	40 canales	-	2 Mbps
Plata	Si	40 canales	5 canales	4 Mbps
Oro	Si	40 canales	10 canales	6 Mbps

Tabla 1: Niveles de servicios a brindar.

Teniendo en cuenta los 61 clientes y los datos socio-económicos de la Localidad, se realiza una división aproximada de la cantidad de hogares por nivel de servicio. La columna de “Otros clientes” corresponde a candidatos como radios, escuela, restaurant, Municipalidad, etc.

Plan	Casas Clientes	Otros Clientes
Bronce	29	-
Plata	19	-
Oro	7	6

Tabla 2: Distribucion de numeros de clientes por servicio.

Para realizar el cálculo de la capacidad de enlace troncal se tendrá en cuenta la simultaneidad de cada servicio y las tasas de cada servicio que se muestran en la Tabla 3.

Servicio	Factor Simultaneidad
SDTV	1:2
HDTV	1:1
VoIP	1:1
Internet	1:4

Tabla 3: Factores de simultaneidad de los servicios.

Se comienza con el cálculo de la tasa de transmisión del enlace troncal, la cual varía de acuerdo al servicio analizado. Los métodos de cálculo se expresan a continuación:

- Servicio VoIP e Internet: La taza de transmisión de estos servicios está completamente ligada al número de clientes que lo contrata. La forma de calcular para ambos casos la tasa de transmisión neta, consiste en multiplicar la tasa de transmisión propia de cada servicio por el número de clientes que los contrate.

Para el caso de VoIP:

$$T_{NETA-SERVICIO} = T_{Servicio} * N_{Clientes} * f_{Simultaneidad} \quad (3)$$

Utilizando la Ecuación 3:

$$T_{VoIP} = 30Kbps * 61 * 1 = 1,83Mbps \quad (4)$$

Para el caso de Internet, el cálculo de la tasa para cada uno de los planes ofrecidos se tiene incorporado el factor de simultaneidad.

- Plan Bronce: Utilizando la Ecuación 3 para este plan tenemos:

$$T_{INTERNET-BRONCE} = 2Mbps * N_{Clientes} * f_{Simultaneidad} = 2Mbps * 29 * \frac{1}{4} = 14,5Mbps \quad (5)$$

- Plan Plata: Utilizando la Ecuación 3 para este plan tenemos:

$$T_{INTERNET-PLATA} = 4Mbps * N_{Clientes} * f_{Simultaneidad} = 4Mbps * 19 * \frac{1}{4} = 19Mbps \quad (6)$$

- Plan Oro: Utilizando la Ecuación 3 para este plan tenemos:

$$T_{INTERNET-ORO} = 6Mbps * N_{Clientes} * f_{Simultaneidad} = 6Mbps * 13 * \frac{1}{4} = 19,5Mbps \quad (7)$$

- Servicio de Televisión: La tasa de transmisión de este servicio es totalmente independiente del número de clientes que lo contrata. De acuerdo a la Tabla 1 el método para calcular la tasa neta consiste en multiplicar el número de canales almacenados en el caché del servidor con respecto a la tasa de transmisión que corresponde.

Utilizando la Ecuación 8 para las distintas calidades de televisión tenemos:

$$T_{NETA-TV} = T_{Servicio} * N_{CanalesBuffering} \quad (8)$$

Se decide almacenar 20 canales para el servicio SDTV, de manera que la tasa calculada es la siguiente:

$$T_{SDTV} = 1,5Mbps * N_{Canales} = 1,5Mbps * 20 = 30Mbps \quad (9)$$

Mientras que para el servicio HDTV se decide almacenar en la memoria caché todos los canales, de manera que la tasa calculada es la siguiente:

$$T_{HDTV} = 6Mbps * N_{Canales} = 6Mbps * 10 = 60Mbps \quad (10)$$

La contribución a la Tasa Neta de todos los servicios se calcula a continuación:

$$T_{NETA} = k(T_{VoIP} + T_{INTERNET-BRONCE} + T_{INTERNET-PLATA} + T_{INTERNET-ORO}) + T_{SDTV} + T_{HDTV} = \quad (11)$$

Siendo k igual 1.5, la cual es una constante para establecer una capacidad remanente para posibles crecimientos futuros en la misma localidad o hacia pueblos cercanos como Concarran, Cortaderas, Villa Larca,etc.

Utilizando la Ecuación 11:

$$T_{NETA} = 1,5(1,83Mbps + 14,5Mbps + 19Mbps + 19,5Mbps) + 30Mbps + 60Mbps = 172,325Mbps \quad (12)$$

Parte III

Análisis Tecnológico

Red de Distribución por Radioenlace

Para brindar el servicio de *Triple Play* a los abonados de la localidad de Papagayos se plantea un radioenlace punto a punto de Mediana Capacidad (cuya frecuencia se determina entre 3 Ghz y 15 Ghz), digital, de largo alcance y alto ancho de banda, entre dos estaciones terminales ubicadas en las dos localidades mencionadas. Sin embargo, como se puede apreciar en la Figura 3 no hay linea de vista entre las mismas, por lo cual se utiliza una estación repetidora.

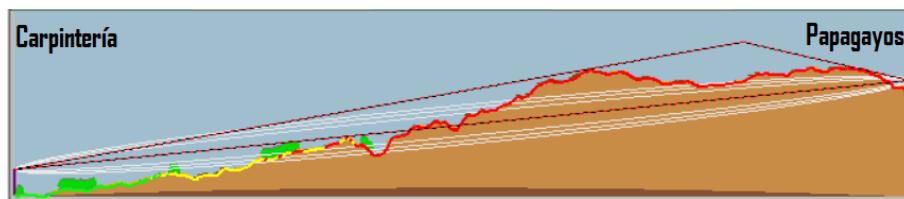


Figura 3: Perfil topográfico entre estaciones terminales.

Se considera utilizar la torre previamente instalada en la oficina central ubicada en Carpintería. De esta forma se plantea la ubicación y equipamiento del repetidor y receptor.

Para la viabilidad del radioenlace se establece que debe haber un despeje de la zona de Fresnel de al menos el 60 % y un margen de recepción de 20 dB. Dicho cálculo se realiza utilizando software desarrollado para esta tarea.

Ubicación de estaciones

- La estación transmisora se encuentra establecida sobre la ciudad de Carpintería, la Figura 4 permite identificar la posición donde está ubicada la instalación de la misma.

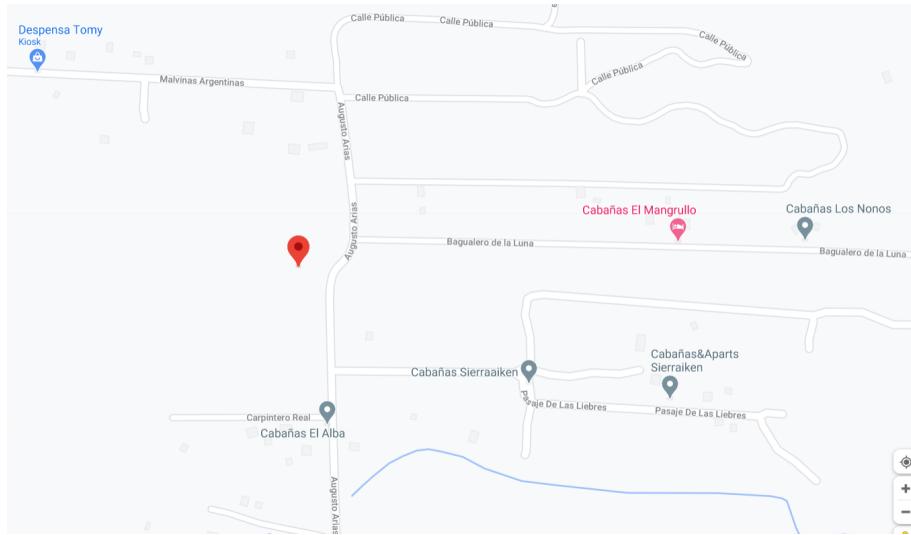


Figura 4: Ubicación de estación transmisora.

- La estación repetidora se coloca aproximadamente a 8 km al este de Concarán, sobre la ruta provincial N° 6 . La Figura 5 ilustra la ubicación de la misma. Dicho lugar es el de mayor cercanía entre las dos localidades que permite la viabilidad del enlace, posee acceso a energía eléctrica, y se encuentra en una posición estratégica para futuras ampliaciones sobre ciudades vecinas.

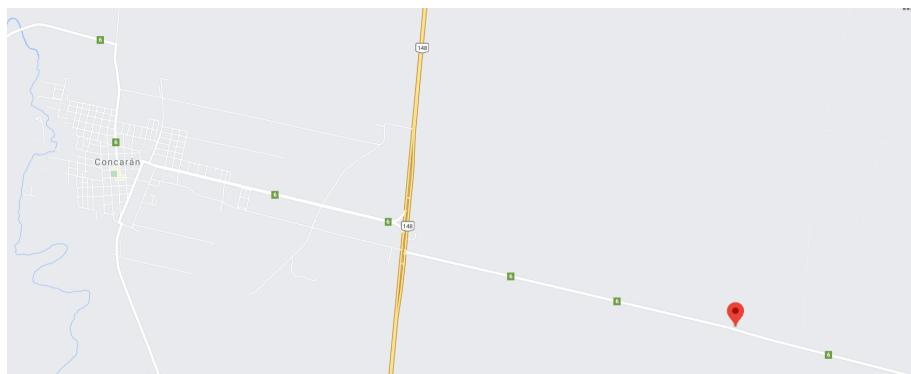


Figura 5: Ubicación de estación repetidora.

- La estación receptora se coloca a la altura de la curva que atraviesa la ciudad de Papagayos. La Figura 6 ilustra la posición de la misma.

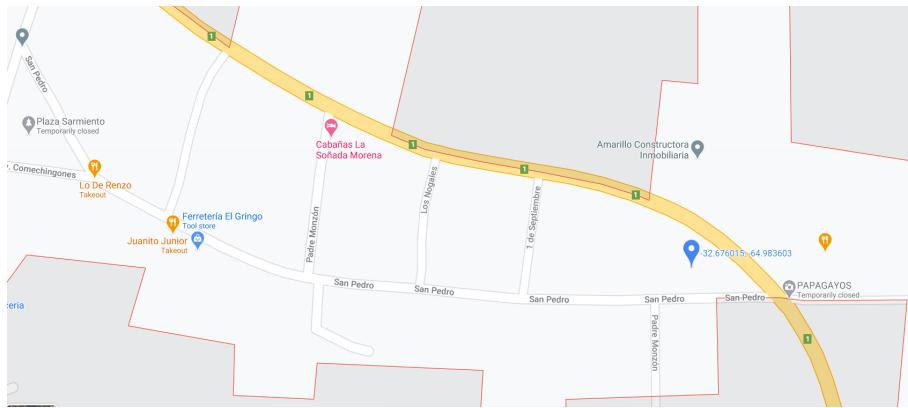


Figura 6: Ubicación de estación receptora.

Equipos necesarios

Se precisan torres de telecomunicación que permitan el soporte de la antena a las alturas especificadas en la Tabla 4. Se decide colocar una torre autosostentada, ya que las mismas adquieren una cimentación adecuada para terrenos ubicados en áreas urbanas y cerros, de forma que logren resistir las fuerzas a las que están sometidas.

Carpintería	36 m
Repetidor	32 m
Papagayos	28 m

Tabla 4: Alturas de las torres.

El modelo de la torre elegida y sus características se presentan en la Figura 7 y la Tabla 5.

Fabricante	Grupo TSB
Modelo	12/8
Altura	32 m
Detalles de la fabricación	10 tramos de 3 m de largo por 29 cm de ancho Montaje de hierro redondo 12 mm y diagonales 8 mm Soldadura bajo atmósfera de CEO2 con aporte continuo de electrodo MIG MAG Cumplimiento: Norma IRAM, AWS Unión mediante buje torneado de 25 con bulón de 1/2 x 4 por cada montante Cable acero de 1x7 de 4.8 mm cada 7 m según normas A-123,A-143 4-394, E-376 ASTM Tensores tipo U de 3/8 y grillete doble ojo de 7 mm a 3 puntos de anclajes

Tabla 5: Características torre de telecomunicaciones.



Figura 7: Torre (ilustrativa).

La banda de frecuencias a las cuales se establece el enlace corresponde a 7725 Mhz hasta 8500 Mhz. A pesar que la mayoría de los equipos de transmisión y recepción analizados ofrecen una antena incorporada, no adquieren la ganancia necesaria en la banda especificada. Se decide utilizar una antena exterior, cuyas características se ilustran en la Tabla 6 .

Diametro[m]	Ganancia[dBi]	Discriminación de Polarización Cruzada[dB]	VSWR(R.L.,[dB])
1,2	37,9	32	1,15(23,1)

Tabla 6: Características principales Antena.

Los equipos de transmisión y recepción pueden adquirir diversas configuraciones:

- All Outdoor: Tanto la unidad de radio, como el módem que interconecta la radio con el backbone, se colocan sobre la torre.
- All Indoor: Tanto la unidad de radio, como el módem que interconecta la radio con el backbone, se colocan sobre la caseta.
- Split Mount: La unidad de radio se coloca sobre la torre, mientras que el módem se coloca en la caseta.

Se ha analizado varios equipos del mercado y sobre la Tabla 7 se ilustran las características principales que se tomaron en cuenta tanto para la verificación de la viabilidad del enlace, como así también las diversas tecnologías que ofrecen.

Equipo	Fabricante	TX (dBm)	RX (dBm)	Montaje de Equipo	Estándar	Costo (US\$)
PTP 820-S	Cambium Networks	23	-66	All-outdoor	IEEE 802.3 IEEE 802.3ac IEEE 802.1Q IEEE 802.1p IEEE 802.1ad IEEE 802.3ad	Posibilidad de implementar VLAN's Multicasting, Prioridad de tráfico 3500
FibeAir IP-20C	Ceragon	24	-75	All-OutdooroSplit Mount	IEEE 802.3 IEEE 802.3ac IEEE 802.1Q IEEE 802.1p IEEE 802.1ad IEEE 802.3ad	Posibilidad de implementar VLAN's Multicasting, Prioridad de tráfico 4000
iPASOLINK 400	NEC	24	-66	Split-Mount	IEEE802.3z IEEE802.1ag IEEE802.3ad IEEE802.3ab IEEE802.1Q IEEE802.1ad IEEE802.1w IEEE802.1AX IEEE802.3ah	Además de las características anteriores, se suma la posibilidad de tratamiento de múltiples enlaces punto a punto como si fuera uno solo (802.1AX) 4500

Tabla 7: Características equipo transmisor y receptor radioenlace.

Tras analizar los equipos se pondera el precio como un factor crucial para la decisión, también se tiene en cuenta la disponibilidad de asistencia técnica e información ofrecida. Bajo estas consideraciones se decide utilizar el equipo Cambium PTP 820-S, este es el modelo de menor coste, con locales ubicados en el país y luego de consultar el manual del modelo se aprecia una gran cantidad de información sobre la instalación, configuraciones posibles y alternativas para ofrecer un servicio de mejor calidad.

Red de Distribución por Fibra Óptica

Para otorgar los servicios del tipo *Triple Play* a los abonados de la localidad de Papagayos, desde la localidad de Carpintería, se plantea un enlace troncal a través de un tendido de fibra óptica.

El objetivo de esta red es la vinculación de la oficina central (ya instalada), en la localidad de Carpintería con los equipos receptores ubicados en Papagayos, con el fin de proveer dichos servicios.

Para la implementación de la red troncal es necesario la elección del tipo, el estándar y la clase de tendido del cable óptico.

La elección del tipo de fibra óptica depende, en primer lugar, de la distancia del enlace.

La utilización de la fibra multimodo es adecuada para distancias de enlaces cortas, generalmente hasta 2 Km. En cambio, la fibra monomodo es utilizada para implementaciones de redes de larga distancia y es apta para velocidades de transmisión mayores a la fibra multimodo.

La Figura 8 muestra un mapa de las localidades de Carpintería y Papagayos. La distancia en línea recta entre ambas localidades ronda alrededor de 30 Km, lo cual infiere la necesidad de la utilización de una fibra monomodo para el establecimiento del enlace.

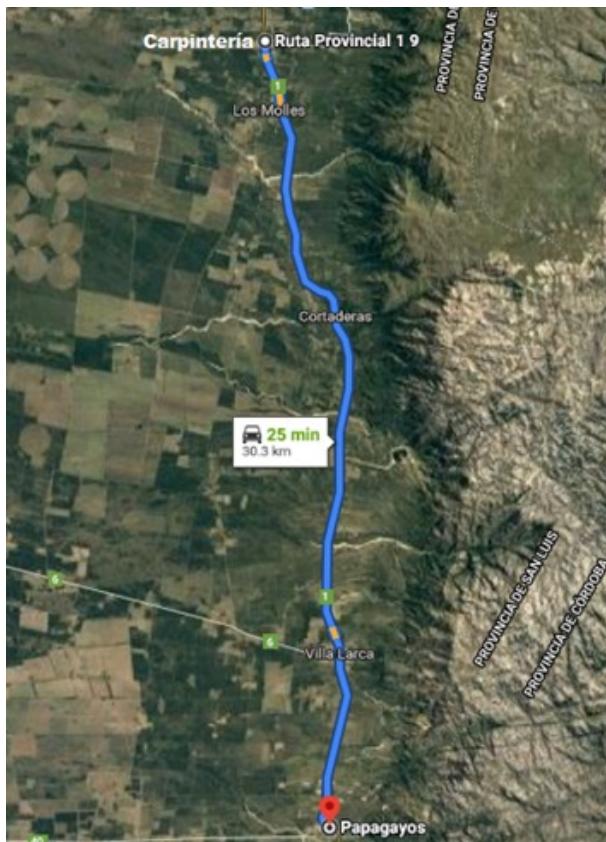


Figura 8: Mapa Papagayos - Carpintería

Para establecer el enlace troncal se opta por utilizar una fibra óptica del tipo monomodo. Entre las diferentes fibras ópticas monomodo establecidas por el UIT-T se incluyen las recomendaciones: G.652, G.653, G.654, G.655, G.656 y la G.657. Una descripción resumida se encuentra en la Tabla 8:

Recomendación	Tipos	Atenuación	Uso
UIT-T G.652	UIT-T G.652.A	Menos de 0.5 sobre 1310/1550nm	LAN, MAN, redes de acceso y transmisión CWDM.
	UIT-T G.652.B	Menos de 0.4 sobre 1310/1550nm	
	UIT-T G.652.C		
	UIT-T G.652.D	Menos de 0.4 de 1310 a 1625nm	
UIT-T G.653		Menos de 0.35/0.55 sobre 1550/1310nm	Sistemas de transmisión que utilizan amplificadores de fibra dopados con erbio.
UIT-T G.654		Menos de 0.25 sobre 1550nm	Sistemas submarinos utilizando fibra óptica con corte desplazado.
UIT-T G.655		Menos de 0.27/0.35 sobre 1550/1625nm	Sistemas submarinos utilizando fibra óptica de dispersión desplazada no nula.
UIT-T G.656		Menos de 0.4/0.35/0.5 sobre 1460/1550/1625nm	Sistemas de larga distancia que utilizan rangos de longitud de onda desde 1460 a 1625 nm.
UIT-T G.657	Clase A	Menos de 0.5/0.3 sobre 1310/1550nm	Fibra óptica insensible a la pérdida ocasionada por curvaturas, diseñada para Redes de Acceso.
	Clase B	Menos de 0.5/0.3/0.4 sobre 1310/1550/1625nm	

Tabla 8: Estándares aplicados en las fibras ópticas monomodo.

Se opta por la utilización del estándar UIT-T G.652 D, la cual, además de ser la más popular en el mercado, ofrece la posibilidad de futuras expansiones de la red al eliminar el pico de agua para una operación de espectro completo y permitiendo la implementación de WDM. Esta implementación utiliza las regiones de longitud de onda de 1310 nm y 1550 nm.

Una vez presentado el estándar de la fibra óptica, se analizan tres modelos de fibras ópticas ofrecidas en el mercado, las mismas se presentan en la Tabla 9:

Modelo	Fabricante	Nro. de fibras/tubo	Atenuación Típica en dB/km	Costo en US\$	Aspectos Constructivos
SM Mini-Span 424	AFL	6	0.35/0.25 (1310nm/1550nm)	2,95	Cable tipo ADSS
ADSS-5c86	GT Optical	≥ 10	0.38/0.22 (1310nm/1550nm)	0,65	Cable tipo ADSS Revestimiento PE-LSZH (Polietileno, Retardante de llama Materiales no halógenos) Hilos de kevlar de aramida
M9W510T	Belden	6	Máx: 0.4/0.3(1310nm/1550nm)	1,7	Cable tipo ADSS (Loose Tube) Revestimiento PBT (Termoplástico) Hilos de kevlar de aramida

Tabla 9: Fibras Ópticas Analizadas.

Las fibras ópticas consideradas satisfacen el cálculo de enlace necesario y todas pertenecen al tipo ADSS (All-dielectric self-supporting), de manera que pueden auto-sostenerse y comparten las mismas estructuras de apoyo que las líneas eléctricas. De todas ellas se decide utilizar la última, dado que se han visto casos de utilización en nuestro país y satisface un compromiso entre precio, calidad y posibilidad de obtención de información sobre los costos.

Al requerirse solamente un pelo de fibra óptica para el establecimiento del enlace, con la fibra AFL SM mini-Span 424 hay un sobrante de 5 pelos contra 9 pelos correspondientes a la fibra

ADSS-5c86 GT óptico. La primer fibra listada presenta una hoja de datos muy detallada a diferencia de la segunda opción.

Al comparar con la tercer opción, es posible notar que su precio es menor y cuenta con suficiente información en su hoja de datos con respecto a la primer opción. De manera que se decide implementar el enlace troncal con la fibra de la tercer opción.

El recorrido comienza desde la Oficina Central ubicada en Carpintería. Su ubicación se encuentra detallada en la Figura 9 .

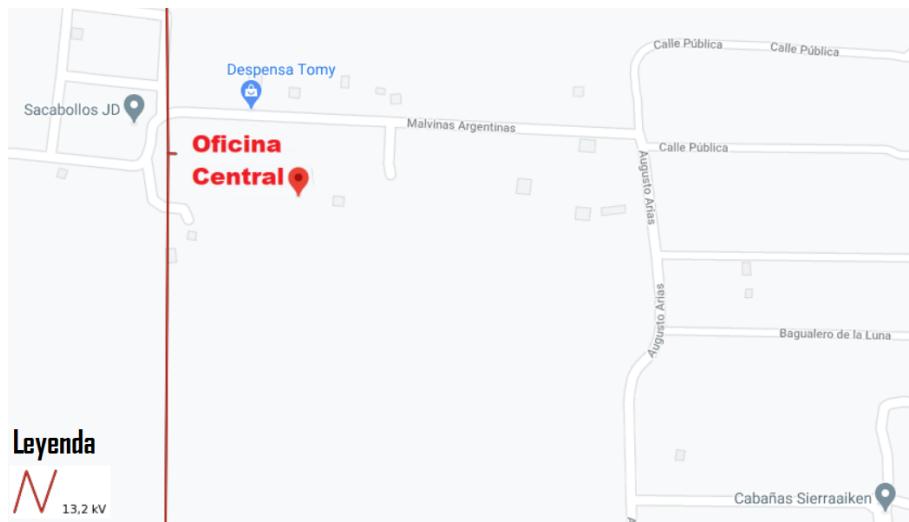


Figura 9: Trayectoria del enlace troncal.

La fibra se despliega a lo largo de la Ruta Provincial N °1, como se observa en la Figura 10, el trayecto tiene una extensión de 30,2 Km aproximadamente [1].

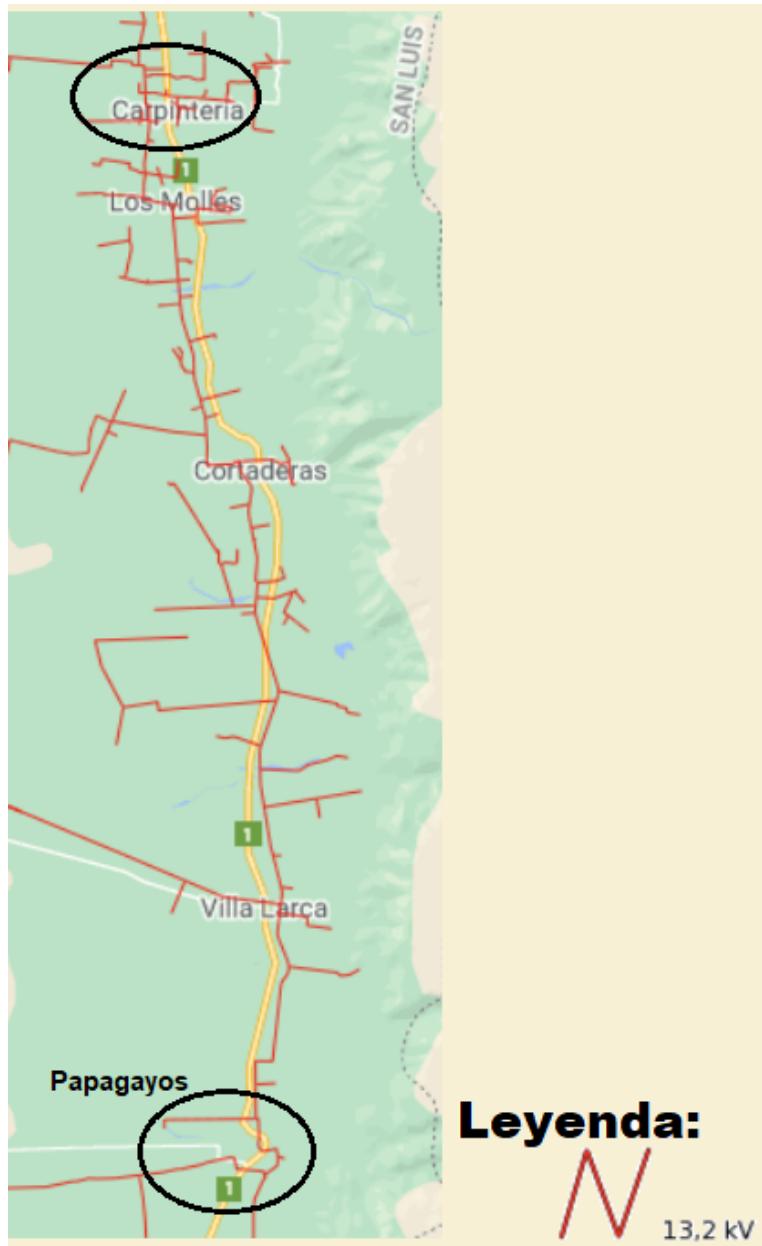


Figura 10: Trayectoria del enlace troncal.

La terminación de la misma se establece en la intersección entre la Ruta Provincial N °1 y la Avenida San Pedro, en la localidad de Papagayos, tal y como se muestra sobre la Figura 11 .

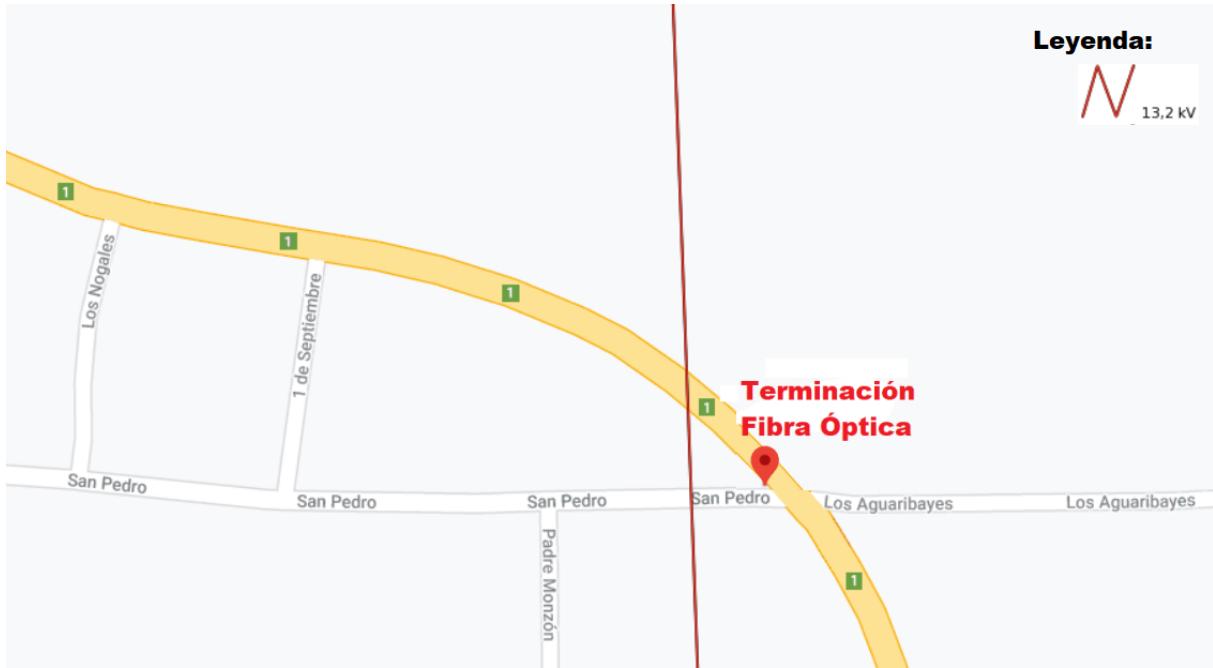


Figura 11: Terminación del enlace troncal.

A través de la herramienta que ofrece la Secretaría de Energía de la Nación se observa un tendido eléctrico al costado de la Ruta Provincial N°1, el cual se extiende hasta Papagayos, atravesando Villa Larca y Cortaderas. Esto facilita la colocación del tendido de fibra óptica ya que se utilizarán los postes de la línea de media tensión ya instalados. Como el tendido se ubica en las cercanías de la ruta, ofrece facilidad en cuanto al acceso del mismo frente a cualquier problemática del servicio (por ejemplo, corte de fibra).

En dicha instalación, además de los 30,2 Km aproximados de fibra óptica, es necesario adicionar cierto extra de fibra debido a la catenaria, el margen de seguridad y la geometría del tendido eléctrico.

Una primera aproximación posible para longitud total de la fibra puede calcularse añadiendo un 10% de la longitud total del mismo, considerando los extras mencionados anteriormente. Así, son necesarios 33,22 Km de cable óptico en total.

Para la elección del transmisor y receptor también se tiene presente ciertas características elegidas de la red:

- Tipo de fibra.
- Tipo de enlace: Simplex o Half Duplex.
- Longitud del enlace.
- Ventana de operación.
- Rango de potencia de transmisión y recepción.
- Tipo de conector que admite.

Teniendo en cuenta lo mencionado, se escogen los transceptores SFP+ (enhanced small form-factor pluggable) SFP-7060-WA y SFP-7060-WB de ROBOfiber. Cuyas características se mencionan en la Tabla 10.

Modelo	Fabricante	Tipo de Fibra	Tipo de Enlace	Distancia Max.	Rango Funcionamiento	Rango Pot. Tx	Rango Sens. Rx	Tipo Conector
SFP-7060-WA	ROBOfiber	Monomodo	Full-Duplex	60 km	Tx: 1310nm Rx: 1550 nm	0 dBm	-24 dBm	LC
SFP-7060-WB	ROBOfiber	Monomodo	Full-Duplex	60 km	Tx: 1550 nm Rx: 1310 nm	-2 dBm	-25 dBm	LC

Tabla 10: Características transceptor SFP+.

Referencias

- [1] Dirección Nacional de Información Energética. Secretaría de Energía: <https://sig.se.gob.ar/visor/visorsig.php?t=1>

Red de Acceso Inalámbrico

Se considera el montaje de una red inalámbrica de acceso sobre la localidad de Papagayos. Para el enlace troncal planteado a través de un radioenlace y por fibra óptica, la interconexión con el mismo se plantea con los siguientes esquemas:

- En el caso de un enlace troncal por microondas, se interconecta a través de la unidad de radio ODU, utilizando un router de última milla junto a un switch. La Figura 12 ilustra el esquema explicado anteriormente.



Figura 12: Topología planteada para enlace troncal por radioenlace y red acceso inalámbrica.

- Para un enlace troncal a través de fibra óptica se plantea una topología similar la cuál se ilustra en la Figura 13 .

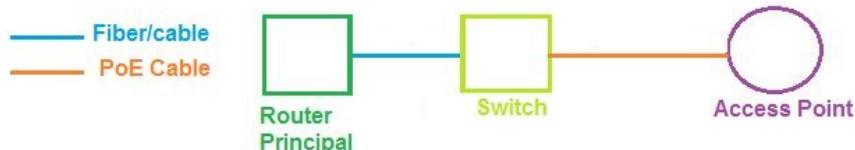


Figura 13: Topología planteada para enlace troncal por fibra óptica y red acceso inalámbrica.

Sobre cada hogar debe colocarse un equipo CPE (*Customer Premises Equipment*) el cuál permite la conexión al servicio desde el AP (Access Point). La estructura general de la red planteada se puede observar en la Figura 14.

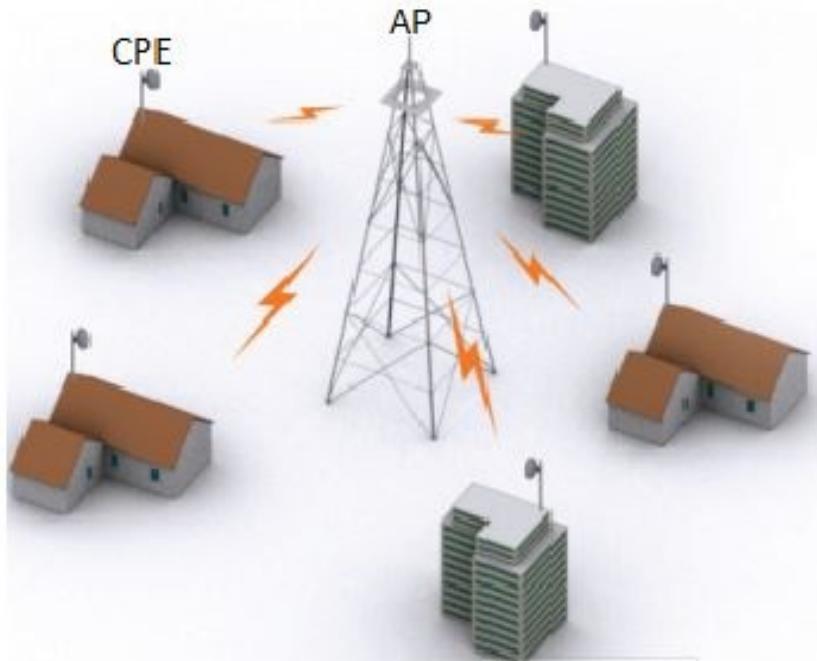


Figura 14: Estructura General de Red de Acceso Inalámbrica.

Para determinar el número de APs necesarios, se determina la máxima tasa demandada por un hogar. Para la cálculo de la tasa necesaria por hogar, se selecciona el pack Oro, el cual posee la tasa de transmisión mayor entre los distintos paquetes. De esta forma, la red de acceso inalámbrica se está sobredimensionando para lograr abastecer un posible crecimiento de demanda de servicios.

Considerando el mayor consumo posible de tasa en un hogar, el cual ocurre con el uso simultáneo de VoIP, Internet y la sintonización de un canal HD y, además, en promedio, existe 1,5 televisores por hogar, se realiza el siguiente análisis.

- Servicio de televisión:

La tasa de este servicio es totalmente independiente del número de clientes que lo contrata. Al tomar un promedio de 1,5 televisores por hogar, el peor de los casos se presenta cuando se utiliza el canal HD. La tasa de bits calculada se muestra continuación:

$$Tasa = 1,5 * 6Mbps = 9Mbps \quad (13)$$

- Internet y VoIP:

La tasa del Plan seleccionado para internet es de 6 Mbps con un índice de simultaneidad de 1:4 y para VoIP de 30 kbps.

La tasa por hogar esta indicada en la Ecuación 14.

$$Tasa_{HOGAR} = Tasa_{VoIP} + \frac{Tasa_{Internet}}{F_{Simultaneidad}} + Tasa_{Canal\ HD} \quad (14)$$

$$Tasa_{HOGAR} = 0,03Mbps + \frac{6Mbps}{4} + 1,5 * 6Mbps = 10,53Mbps \quad (15)$$

A partir de la tasa de televisión, internet y VoIP se requiere que la capacidad total por abonado sea de 10,53 Mbps aproximadamente.

Considerando que el ancho de banda demandado en el peor de los casos corresponde a 61 clientes sintonizando un canal. Entonces la tasa máxima consumida se indica en la ecuación 16.

$$Tasa_{MAXIMA} = N_{USUARIOS} * Tasa_{HOGAR} = 61 * 10,53Mbps = 642,33Mbps \quad (16)$$

El esquema general de la red corresponde al tipo Punto-Multipunto, en el que un terminal efectúa una transmisión sobre un área en el alcance de múltiples usuarios abonados al servicio.

Al tratarse de una transmisión sobre un medio no guiado, existen algunos aspectos que se deben definir:

- El estándar elegido debe permitir algún método de acceso al medio que permita múltiples abonados, tal como TDMA/FDMA/OFDMA, entre otros.
- La banda en el espectro radioeléctrico sobre la cual se trabaja debe corresponder a ISM (*Industrial, Scientific and Medical*).
- Debe brindar un marco de seguridad y calidad de servicio (QoS) suficiente para la aplicación.

Algunas tecnologías inalámbricas en el mercado corresponde a los estándares *WiMax* y *WiFi*, sin embargo en este proyecto se implementa la versión 802.11 n del estándar *WiFi* porque cumple con los requerimientos de alcance y ancho de banda necesario (a 50 metros puede brindar una tasa neta de 150 Mbps). Cabe destacar que *WiMAX* se encuentra enfocado más en los operadores del servicio que en los usuarios finales[?].

Teniendo en cuenta la tasa bruta requerida, la tasa real máxima que el estándar puede ofrecer, y que los clientes se encuentran lo suficientemente distribuidos sobre la ciudad. Es posible afirmar que con 5 AP's se logra satisfacer tanto la cobertura como la tasa demandada.



Figura 15: Distribución de AP's en la Ciudad de Papagayos.

Teniendo en cuenta el esquema de conexión de las Figuras 12 y 13, se utiliza los siguientes equipos de conectividad.

Modelo	Fabricante	Nro. Puertos	Costo US\$
ES-10X	Ubiquiti	8 puertos GE / 2 puertos SFP+	120

Tabla 11: Características del switch.

Modelo	Fabricante	Nro. Puertos	Costo US\$
EdgeRouter 4	Ubiquiti	4 puertos GE / 1 puerto SFP+/ 1 entrada USB para comunicación interna	120

Tabla 12: Características del router.

Para la elección de los dispositivos APs se tuvieron en cuenta 3 candidatos, mostrados en la Tabla 13.

Modelo	Fabricante	TX(dBm)	RX(dBm)	Montaje de Equipo	Estandar		Costo (US\$)
3917i/e Extreme Wireless	Extreme	25	-94	Outdoor	IEEE 802.11a/b/g	Velocidad de transmision	244
					IEEE 802.11n	MIMO	
					IEEE 802.11ac	Garantizar una mayor velocidad de la red	
OSBRiDGBE 5N	4GON solutions	23	-92	Outdoor	IEEE 802.3	CSMA / CD	150
					IEEE 802.3af	Estándar PoE para alimentar equipos	
					IEEE 802.11a / n	Velocidad de transmision	
ePMP 1000 Force 180	Cambium Networks	30	-90	Outdoor	IEEE 802.1Q con IEEE 802.1p	VLAN con priorización de tráfico	180
					IEEE 802.11n	MIMO	
					IEEE 802.11a/b/g	Velocidad de transmision	

Tabla 13: Características de los AP's.

Estos equipos cumplen con las regulaciones que rigen en el país, ofrecen tasas de transmisión máximas similares, sin embargo se decanta por el último modelo listado ("ePMP 1000 Force

180" de la empresa Cambium Networks), debido a que en la Red de distribución se opta por el uso de dispositivos fabricados por estas empresa, por lo cual es más conveniente para el proceso de capacitación del personal técnico, las posibilidades de trabajo en conjunto con la empresa fabricante incrementan considerablemente, por lo cual es posible obtener beneficios tales como descuentos, o asistencia técnica. Otro motivo importante es la cantidad de información disponible, lo cual adquiere un gran valor en el momento de la resolución de futuros problemas en la red.

El equipo CPE se entrega al abonado en comodato durante el tiempo en el que se asocie al servicio. Considerando que el cuidado del equipo queda bajo responsabilidad del usuario, haciéndose cargo de la reparación de fallas originadas por accidentes tales como: negligencia, abuso, falla eléctrica, causas de fuerza mayor o caso fortuito.

En el análisis de la cobertura del servicio se consideraron dos equipos, los cuales se muestran en la Tabla 14.

Modelo	Fabricante	TX(dBm)	RX(dBm)	Montaje de Equipo	Estandar		Costo (US\$)
ePMP Force 130	Cambium Networks	28	-88	Outdoor	IEEE 802.1Q con IEEE 802.1p	VLAN, priorización de tráfico	140
					IEEE 802.11n	MIMO	
					IEEE 802.11a/b/g	Velocidad de transmisión	
DLB 5-15	LigoWave	29	-87	Outdoor	IEEE 802.11 a	Velocidad de transmisión de los datos	56
					IEEE 802.11ac	Garantizar una mayor velocidad de la red	
					IEEE 802.11n	MIMO	

Tabla 14: Características de los CPE's.

El primer equipo de la Tabla 14 se encuentra elaborado por el fabricante de los AP's, lo cual cabe suponer que haya compatibilidad entre los mismos y haya mayor posibilidad de satisfacer la calidad del servicio, este último aspecto no se encuentra garantizado si se elige el segundo fabricante, de manera que se decide utilizar el equipo ePMP Force 130.

Referencias

- [1] Router Ubiquiti: <https://www.landashop.com/ubn-er-4.html>
- [2] Switch Ubiquiti: https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-861437448-ubiquiti-edgeswitch-es-10xp-8-gigabit-poe-out-2-sfp-_JM#position=1&type=item&tracking_id=700f6c13-dbd7-432f-98fe-5439c4324646
- [3] Access Point: https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-747386210-epmp-1000-5-ghz-force-180-radio-integrado-_JM?quantity=1#position=2&type=item&tracking_id=286aab7a-b10d-4d0da5c3-2f5bd57caf6
- [4] Apéndice B.
- [5] CPE Cambium ePMP Force 130: https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-815770606-cambium-epmp-force-130-5-ghz-sm-c050900c512a-_JM?matt_tool=68536632&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=10375307423&matt_ad_group_id=102828799643&matt_match_type=b&matt_network=g&matt_device=c&matt_creative=444135776619&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=&matt_merchant_id=&matt_product_id=&matt_product_partition_id=&matt_target_id=aud-753845548730:dsa-19959388920&gclid=CjwKCAiA7939BRBMEiwA-hX5J36c9bxCCu-Ky1MUFAn4c4U871GQkqQ1fNjSv8M6TCop5b0SgqT49RoC5aYQAvD_BwE

Red de Acceso por Fibra Óptica

Se plantea la instalación de una red de acceso óptica, cuya topología se encuentra caracterizada por la presencia de un nodo de acceso ubicado sobre la terminación del enlace troncal.

Existen diversas tecnologías para una red de acceso por fibra óptica, una de ellas es FTTH (Fiber To The Home), diseñada específicamente para la transmisión de voz, video y datos. En la Figura 16 se puede apreciar diferentes soluciones de FTTH y sus características distintivas.

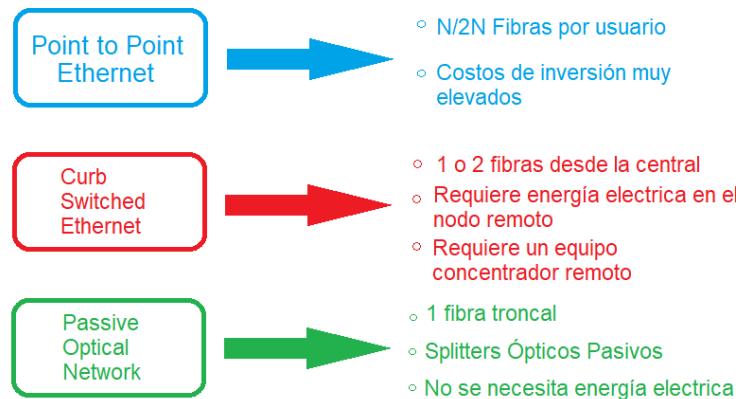


Figura 16: Soluciones FTTH.

De entre todas ellas se decide utilizar una red óptica pasiva (PON), dado que asegura la tasa demandada por cada hogar al tiempo que minimiza los costos económicos al utilizar solamente splitters pasivos.

Entre las diversas tecnologías PON se encuentra el estándar GPON (Gigabit capable Passive Optical Network). El cual permite aplicar una red de acceso punto-multipunto, donde se decide utilizar la versión que soporta hasta 128 usuarios por puerto ,alcanzando tasas teóricas de hasta 2,4 Gbps en downstream y 1,2 Gbps en upstream. En la Figura 17 se ilustra la topología de la red, junto con los elementos que la componen.

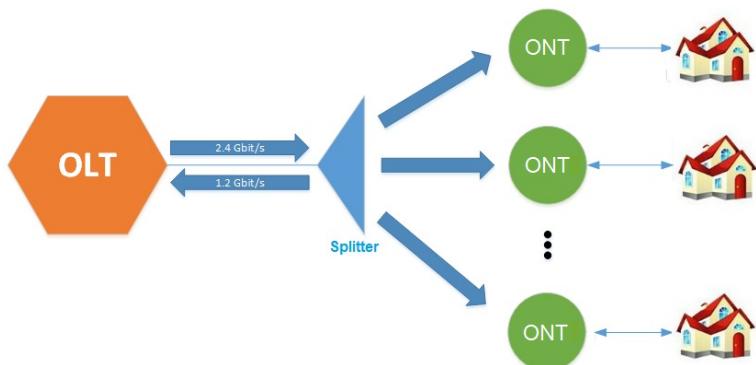


Figura 17: Topología de red GPON.

Componentes Pasivos

- Fibra Óptica.

- El cable (o el grupo de cables) que interconecta el puerto PON con la entrada al splitter primario se denomina *feeder*, para esta aplicación dicho splitter se encuentra instalado sobre un rack, de forma que este tipo de cable no se utiliza.
- El cable de distribución corresponde a la fibra óptica conectada al splitter secundario, al analizar la ubicación de las cajas terminales de distribución, se plantea la instalación de este tipo de cables a través de los postes de energía. Se utiliza la misma fibra óptica seleccionada para el enlace troncal, en la Tabla 9 se describen sus características más destacadas.
- El cable de *drop* corresponde a la fibra óptica que se tiende desde la salida del splitter secundario, hacia la roseta óptica ubicada en el hogar del abonado. El cable de fibra óptica seleccionado para esta sección de la red, corresponde TW-SCIE del fabricante OEM. La Tabla 15 ilustra sus características mas destacadas.

Modelo	Fabricante	Nro de fibras	Atenuacion en dB/km	Perdida por curvatura en dB	Costo US\$
TW-SCIE	OEM	2	≤ 0.4 (1310nm) ≤ 0.3 (1550nm)	≤ 0.5 (1550nm, 7,5mm x 1 vuelta)	0,035

Tabla 15: Características Fibra Óptica drop.

- Empalmes. Su propósito es el de aumentar el alcance de la fibra óptica. Existen dos metodologías principales, los empalmes mecánicos y por fusión. Esta última metodología es la que se utiliza. El cálculo de la perdida de presupuesto óptico, el cual considera las pérdidas producidas, entre otros aspectos, por los empalmes en el enlace troncal, se encuentran detallados en el Apéndice B.

- Splitters.

Dividen la señal óptica en tantos caminos como indique su relación. Pueden ser instalados de distintas formas:

- En armarios ópticos: También llamados tipo "cassette". Este tipo de splitter se utiliza en el primer nivel de splitter.
- Subterráneos: Enterrados de forma tal que no están expuestos a manipulaciones.
- Aéreos: Instalados en una caja de splitter o una caja terminal montada sobre una columna o adosada a una pared. La fibra de entrada se empalma dentro de la caja terminal, mientras que la fibra de salida puede empalmarse directamente al cable de acometida del abonado o puede utilizar conectores. Este tipo se utiliza en el último nivel de splitter. También son denominados "PLC".

- Conectores.

Los conectores más comunes usados en la fibra óptica para redes de área local son los conectores ST, LC, FC Y SC. En este proyecto se considera el conector del tipo SC (Suscriptor Connector) el cual es un conector de broche y esta estandarizado en TIA-568-A(Específica los requerimientos mínimos para el cableado de establecimientos)

Dentro de los conectores SC se puede clasificar de acuerdo al pulido que poseen:

- PC: Contacto Físico (Physical Contact), el pin está biselado y rematado en una superficie plana. Esto evita espacios vacíos entre los pines de los conectores que están acoplados y logra unas pérdidas de retorno entre los -30 dB y los -40 dB.
- UPC: Ultra Contacto Físico (Ultra Physical Contact), similares a los PC, pero logran reducir las pérdidas de retorno a un margen entre los -40 y los -55 dB gracias a que el bisel tiene una curva más pronunciada.
- APC: Contacto Físico en Ángulo (Angled Physical Contact), el pin termina en una superficie plana y a su vez inclinada 8 grados. Se trata del conector que logra un enlace óptico de mayor calidad ya que consigue reducir las pérdidas de retorno hasta los -60 dB aumentando así el número de usuarios en fibras monomodo. Este conector es el seleccionado para implementar en la red.

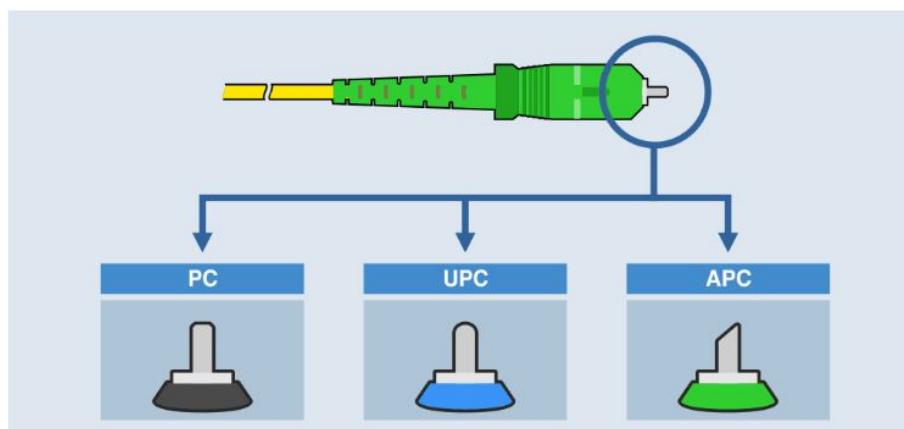


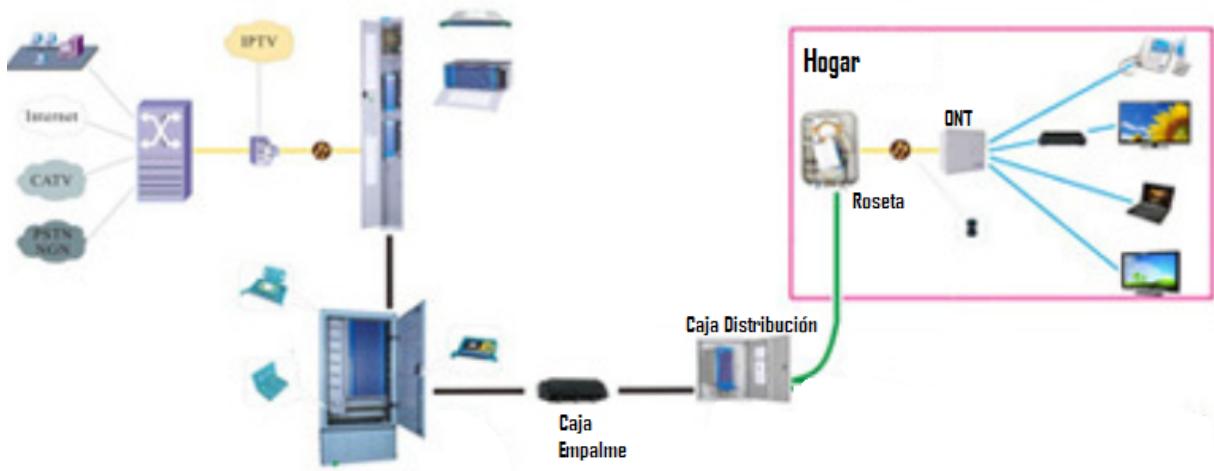
Figura 18: Tipos de conectores SC.

Los conectores SC/APC se utilizan para:

- Conexión en el enlace troncal.
- Conexión entre splitters.
- Conexión de clientes a splitters.
- Armarios/Cajas de Empalme/Cabinas Exteriores.

Los armarios de distribución permiten alojar splitters del tipo modular ("cassette") o también del tipo PLC.

La Figura 19 ilustra la disposición del armario de distribución dentro de la red. En la misma, se ilustra con recuadro de color rosa, la disposición dentro de la tecnología FTTH.



Aclaración: Armario previo a caja de empalme no se instala en este caso particular. Imagen Ilustrativa.

Figura 19: Disposición de caja de distribución en red acceso.

En la Figura 20 se delimita la zona a analizar.



Figura 20: Ciudad de Papagayos.

Se diagrama una repartición geográfica de los hogares, con el propósito de determinar la ubicación de las cajas de distribución. Sobre la Figura 21 se ilustra la subdivisión de la Localidad en diversas áreas, es posible determinar zonas de baja, media y alta dispersión, los cuales permiten delimitar la forma más conveniente de implementar los equipos para la distribución del servicio.

Al considerar el caso en que se elija un enlace troncal por fibra óptica como en la sección anterior, la OLT se observa en la Figura 21(marcada en color naranja).



Figura 21: Subdivisión de la ciudad en áreas.

Se utilizan 2 puertos en la OLT, en ambos se utiliza un patchcord conectado a un splitter de 1:4 del tipo "Cassette", teniendo en cuenta que uno de ellos permanece desconectado ante una eventual falla. En el montaje de los terminales de acceso de fibra (FAT) se coloca un splitter 1:32 del tipo "PLC" para iniciar el recubrimiento del área donde se encuentran dispersos los clientes, la Figura 22 determina la ubicación de cada uno de estos terminales de acceso.



Figura 22: Ubicaciones de terminales de acceso FAT.

Componentes Activos

En tanto que los elementos activos específicos de la red corresponden a:

- Terminación de Línea Óptica (OLT).

Responsable de la interconexión de la red de acceso con el enlace troncal del operador. Gestiona, administra y sincroniza el tráfico con los equipos terminales (ONT's) en modalidad TDMA de manera que tiene un solo medio compartido por donde viajan los datos sincronizados en uplink y downlink de todas las ONT's asociadas a este equipo.

Debido a que se tiene la transmisión de los datos en ambos sentidos, se utilizan dos longitudes de onda para diferenciar el flujo de datos, siendo los valores usados 1310 nm en upstream y 1550 nm en downstream.

El análisis para verificar si la red soporta todo el tráfico demandado parte de la suposición de que se utiliza el estándar que permite hasta 1,2 Gbps de downstream.

Existen algunas limitaciones que inciden sobre el número ONT's que se utilizan para la distribución del servicio:

- El estándar GPON impone un límite de 64 clientes que puede sincronizar por puerto de la OLT, en particular, las últimas especificaciones permiten hasta 128 usuarios. Esta última especificación es la que se utiliza.
- La tasa ocupada por cada cliente impone una restricción sobre el número de clientes a partir de la velocidad de transmisión aplicada por el protocolo GPON.
- La distribución de los clientes también impone una restricción, dado que no resulta conveniente el montaje de un cable de grandes longitudes para alcanzar clientes repartidos en un área extensa. Sin embargo, a pesar de que no se encuentra recomendado, se estima que en muy pocos hogares se presenta este problema.

Sabiendo la capacidad de una OLT en GPON en ambos sentidos y la tasa de transferencia por hogar máxima posible calculada en la Ecuación 15, se deduce que un puerto OLT puede asociar la cantidad de usuarios indicada en la Ecuación 17.

$$C_{MAX} = \frac{TASA_{MAX}}{TASA_{MAX} \text{ POR HOGAR}} = \frac{1,25Gbps}{15Mbps} = 83 \text{ usuarios} \quad (17)$$

Por lo tanto con la utilización de 1 solo puerto OLT es posible abastecer a los 61 usuarios abonados al servicio.

Para la elección de la OLT a utilizar, se presentan dos opciones de distintos fabricantes, cuyas especificaciones generales están en la Tabla 16.

Equipo	Fabricante	TX (dBm)	RX (dBm)	Interfaces	GPON Speeds	Costo (US\$)
UF-OLT-4	Ubiquiti	1.5 to 5	-28 dBm to -8 dBm	(4) GPON OLT SFP (1) 1G/10G SFP+	2.488 Gbps Upstream (TX) 1.244 Gbps Downstream (RX)	1098
Lucent 7342 ISAM FTTU	Alcatel	5	-28 dBm to -8 dBm	(2) GPON OLT (12) Ethernet	2.488 Gbps Upstream (TX) 1.244 Gbps Downstream (RX)	1000

Tabla 16: Características de OLT's.

Para realizar la elección de los equipos se plantean los siguientes items:

- **Información ofrecida:** Alcatel ofrece una considerable cantidad de información acerca de los recursos que se pueden utilizar para la mejora de la calidad del servicio al cliente.
- **Alcance máximo de la red óptica:** El alcance máximo calculado para ambos equipos es el mismo tanto para el Upstream como el Downstream, por lo que no representa un factor determinante para la elección del equipo.
- **Eficiencia en la utilización de los recursos:** La OLT ofrecida por Ubiquiti posee 4 puertos, donde cada puerto otorga servicio a 128 ONT. La OLT ofrecida por Alcatel posee 8 puertos donde cada puerto otorga servicio a 64 ONT. Con el equipo Ubiquiti, es posible abastecer a todas las ONT potenciales calculadas con un único puerto, quedando solo tres puertos libres, mientras que para la ofrecida por Alcatel, se necesitan 2 puertos para la misma cantidad de ONT, quedando 6 puertos libres. Ubiquiti presenta una mejor eficiencia en cuanto a la utilización de los recursos del equipo.
- **Antigüedad de equipos:** Debido al año de emisión del datasheet y que solo se encuentran a la venta equipos usados de Alcatel, se deduce que se trata de un equipo antiguo y puede no presentar soporte técnico, presentando una gran desventaja.

Con lo mencionado anteriormente, se escoge el equipo de Ubiquiti para la implementación de la red óptica.

- Terminación de Red Óptica (ONT).

Dispositivo ubicado sobre el hogar del abonado y permite la conexión del mismo sobre la red óptica, sobre la Figura 19 se ilustra su disposición dentro de la red , para así acceder a los servicios *Triple Play*.

Para la elección de la ONT se tiene en cuenta los equipos mostrados en la Tabla 17.

Equipo	Fabricante	TX (dBm)	RX (dBm)	Interfaces	GPON Speeds	Costo (US\$)
UF-LOCO	Ubiquiti	1.5 to 5 dBm	-28 to -8 dBm	(1) SC/APC, GPON WAN (1) Gigabit RJ45, Ethernet LAN	2.488 Gbps Downstream 1.244 Gbps Upstream	89
HG8247H	Huawei	0.5 to 5 dBm	-27 to -8 dBm	(1) SC/APC, GPON WAN (4) Gigabit RJ45, Ethernet LAN (1) CATV (2) RJ11, POTS WIFI	2.488 Gbps Downstream 1.244 Gbps Upstream	54

Tabla 17: Características ONT's.

Para realizar la elección entre los equipos de Huawei y Ubiquiti, se plantean los siguientes items:

- Información ofrecida: ambas empresas ofrecen una considerable cantidad de información acerca de los recursos que se pueden utilizar para la mejora de la calidad del servicio al cliente.
- Eficiencia en la utilización de los recursos: La ONT ofrecida por Ubiquiti posee 1 solo puerto de Ethernet y para poder brindar servicio Triple Play se necesitan otros equipos. En cambio la ONT Huawei proporciona 4 puertos GE Ethernet, 2 puerto POTS, CATV, WIFI y adicionalmente tiene la función WIFI.
- Compatibilidad: Ambas ONT son compatibles con la OLT Ubiquiti.

Con lo mencionado anteriormente, se escoge el equipo de Huawei.

En la ONT seleccionada se puede conectar teléfono IP, computadoras y Smart TV a los puertos LAN. Como este equipo posee 2 puertos POTS el usuario podrá conectar más de un teléfono que no sea IP. La conexión inalámbrica que brinda este dispositivo es una ventaja ya que no se necesita otro equipo para hacerlo, al igual que la salida para obtener CATV directamente.

Parte IV

Plan Económico de Equipamiento

Enlace troncal por Radioenlace

Se decide la implementación de radiobases con torres de instalación propias en el repetidor y el receptor, debido a que se evita la negociación con otras empresas ya existentes, que tienden a ofrecer una posición en la torre la cual puede no ser conveniente para las necesidades del proyecto.

Para la selección de la antena correspondiente se seleccionan aquellas que se encuentran listadas sobre la base de datos de las antenas instaladas y aprobadas por la ENACOM [4]. De manera que es posible afirmar que la misma cumple con las normativas vigentes.

Los elementos utilizados persiguen facilitar una buena experiencia al usuario, e impulsan la elección de planes de mayor beneficio, tales como el Plan Oro, o el Plan Plata, de esta forma se reduce la tendencia a la elección (o permanencia) del Plan Bronce. Como consecuencia, incrementa el rendimiento del capital invertido.

Torre de Telecomunicaciones

En la Tabla 18 se detallan los costos del modelo de torre seleccionado.

Item	Valor
Gastos Administrativos:	\$1.968.000 \simeq US\$ 33931
Mano obra montaje	Se destaca que todo el personal cuenta con ART y/o seguro personal
Traslado de Personal	
Materiales	
Viáticos	
Estadía	
Inclusión de IVA	

Tabla 18: Costos Torre Telecomunicaciones.

Para la instalación de la estacion se debe realizar la compra del terrenos sobre las localidad de Papagayos. Se evalúa la superficie recomendada del predio para la colocación de la torre con su cimentación, junto con su cuarto de equipos, de acuerdo a las recomendaciones consultadas se precisa al menos un área mínima aproximada de 36 m^2 , de manera tal que la parte ocupada por los equipos correspondientes corresponda a 9 m^2 [1].

El valor del m^2 que tiene Papagayos es de US\$ 24,31, dado que se necesitan 36m^2 , el costo asciende a US\$ 875,16.

Mientras que el valor correspondiente al terreno en el que se instala la estación retransmisora se estima considerando un precio de US\$ 5 por metro cuadrado, al incluir un costo de US\$ 3 [3] para el desmonte y emparejado del terreno, el precio de la instalación se estima en US\$ 180.

El costo de los 2 terrenos es igual a US\$ 1035,16 [2][3].

La Tabla 19 resume los costos de inversión sobre los terrenos.

Ubicación	Precio
Papagayos	US\$ 875,16
Estación retransmisora	US\$ 160

Tabla 19: Costo Terrenos en Radiobases.

Equipo de Telecomunicaciones

El equipo que se utiliza es el Cambium PTP 820-S el cual posee un costo de US\$ 3500. La Figura 23 es una ilustración del equipo de telecomunicaciones.



Figura 23: Cambium PTP 820-S.

Antena

La antena que se utiliza es el modelo VP4-77 de la empresa Andrew y posee un costo de US\$ 1790. La Figura 24 ilustra la antena seleccionada.

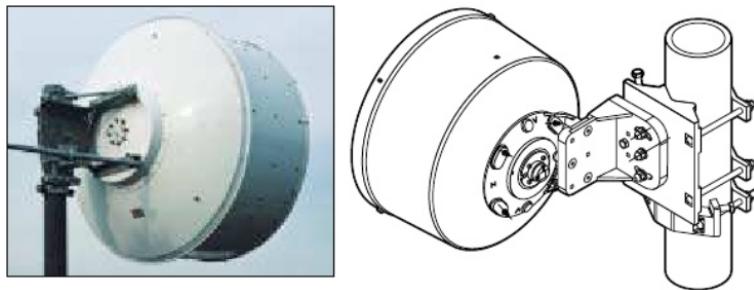


Figura 24: Andrew VP4-77.

Costo total enlace troncal por Radioenlace

En la Tabla 20 se detalla el costo total de la red considerando la inclusión de 2 torres, 4 antenas, 4 equipos ODU (suponiendo que no se utiliza una disposición *hot stand-by*), 2 tramos de 100 m de cable CAT5E, 4 kits de puesta a tierra, 4 cables de alimentación del equipo y 4 conectores RF.

Articulo	Cantidad	Precio US\$
Torre	2	33931
Antena	4	7160
Equipos	4(sin disposicion hot-stand by)	14000
Cable CAT5E Outdoor Drum	2	522
Crimp Tool	4	580
Grounding Kit	4	60
Power Cord	4	60
RF Connector	4	44,48
Costos de importacion		56357,48
IVA Tasa General 10 %		5635,748
IVA Adicional 20 %		11271,496
Impuesto a Ganancias 6 %		3381,4488
Impuesto a Ingresos Brutos 3 %		1690,7244
Tasa de Oficializacion		10
Tasa de Digitalizacion		28
Total		78374,8972

Tabla 20: Costo aproximado de red distribucion por radioenlace.

El monto total aproximado se eleva a **US\$ 78.374,89**.

Referencias

- [1] Superficie mínima recomendada: https://www.academia.edu/26784232/Recomendaciones_y_buenas_pr%C3%A1cticas_para_el_dise%C3%B1o_de_la_construcci%C3%B3n_y_uso_compartido_de_torres_de_telecommunicaciones
- [2] Terreno Papagayos: https://terreno.mercadolibre.com.ar/MLA-782002729-lotes-desde-400m2-en-papagayos-_JM#position=1&type=item&tracking_id=902decce-f114-4574-8596-c8c0f75f1595
- [3] Terreno Departamento Chacabuco: https://inmueble.mercadolibre.com.ar/MLA-863322885-vendo-hectareas-en-san-luis-villa-larca-_JM#position=1&type=item&tracking_id=4e42d34e-0fe4-4b6b-b829-8451897893a1
- [4] Registro Antenas instaladas ENACOM: https://www.enacom.gob.ar/multimedia/noticias/archivos/201712/archivo_20171227032143_301.rar
- [5] Cambium PTP 820S <https://www.streakwave.com/itemdesc.asp?ic=C110082B001A>
- [6] Cambium 100m drum <https://www.streakwave.com/itemdesc.asp?ic=N000082L016A&eq=&Tp=&o1=0>
- [7] Cambium Coax Cbl Ground Kits <https://www.streakwave.com/itemdesc.asp?ic=01010419001&eq=&Tp=&o1=0>
- [8] Cambium Crimp tool <https://www.streakwave.com/itemdesc.asp?ic=66010063001&eq=&Tp=&o1=0>
- [9] Cambium Grounding Kit for F/UTP 8mm Cable <https://www.streakwave.com/itemdesc.asp?ic=N000082L017A&eq=&Tp=&o1=0>
- [10] Cambium Power Cord 10A <https://www.streakwave.com/itemdesc.asp?ic=N000000L081A&eq=&Tp=&o1=0>
- [11] Cambium RF CONNECTOR,N,MALE <https://www.streakwave.com/itemdesc.asp?ic=09010091001&eq=&Tp=&o1=0>
- [12] Precio de antena Andrew VP4-77 adjunto en Apéndice B. Pag: 58.

Enlace troncal por Fibra Óptica

Como ya se mencionó, el despliegue del mismo se realizará en forma aérea siguiendo la trayectoria de la Figura 10 que une la oficina central ubicada en la localidad de Carpintería con la localidad de Papagayos, sobre un tendido eléctrico pre existente perteneciente a la empresa EDESAL, el cual se extiende en las cercanías del recorrido de las rutas.

Tendido eléctrico

Los postes del tendido eléctrico en las cercanías de la Ruta Nacional N°1 pertenecientes a la empresa, poseen una distancia aproximada de 64 m entre postes adyacentes. Esto significa que para una extensión de 30,2 Km (distancia correspondiente entre la localidad de Papagayos y Carpintería a través de la Ruta Provincial N°1), hay, aproximadamente, un total de 472 postes.

Para acceder a la utilización de los postes, se procede al alquiler de los mismos. El precio de cada poste es de \$37 por mes más impuestos. Aproximando, se calcula un total de \$50 por poste por mes. Se opta por el alquiler de los postes, ya que la instalación de los mismos por cuenta propia implica un costo mayor.

Tipo de Fibra Óptica

La longitud requerida del cable óptico que va montado sobre la red eléctrica, es de 33,22 Km, el cual incluye el tendido sobre los postes, la catenaria y el margen de seguridad para futuras reparaciones. La fibra óptica debe ser autosoportado ADSS ya que la instalación de la misma es del tipo aérea entre los postes eléctricos.

La fibra que se utiliza es Belden M9W510T, la cual posee 6 pelos y un costo de US\$1,7 por metro.

Para realizar las uniones correspondientes entre los pelos de fibra de cada rollo de cable óptico, se necesitan 8 cajas de empalmes. Además se requieren dos cajas extras para efectuar la bajada de fibra del tendido eléctrico y proceder con la terminación de la misma en los racks ubicados en Carpintería y Papagayos. De esta forma, son requeridas 10 cajas de empalme. El modelo elegido es la caja de empalme FCBD12 con un precio de US\$ 72,38, el cual se muestra en la Figura 25. Las características de la caja se encuentran en el Apéndice B.



Figura 25: Caja de empalmes

Instalaciones Físicas

Para la protección de los equipos y dispositivos involucrados en el despliegue de la red óptica, estos se colocan e instalan en el interior de una caseta. La misma posee una dimensión de 4m² con una ventana de 1m². La construcción de la misma es con material para asegurar que el deterioro de la misma sea lo menor posible frente a daños intencionados o provocados por condiciones climáticas. El valor de la misma es de US\$528,19 [4]. La Figura 26 muestra un modelo de caseta.



Figura 26: Caseta

Un terreno de 36m² ubicado en la localidad de Papagayos para la construcción de la caseta tiene un precio aproximado de US\$ 891 [6] [7] [8].

Resumen de Costos

En la Tabla 21 se listan los diversos elementos comprados a proveedores internacionales, a cuyos precios se les incrementa un 40 % a causa de impuestos, costos de importación, etc.

La Tabla 22 indican los elementos comprados a proveedores nacionales, cuyo precio se expresa en US\$.

Descripción	Cantidad	Origen de compra	Precio Total
Fibra Óptica	33220 m	Internacional	US\$ 56.485
Conector SC/APC	2	Internacional	US\$ 1,48
Caja empalme	10	Internacional	US\$ 723,8
		Costo Total	US\$ 57.210,28
Costos de Importación			
IVA Tasa General	10 %	-	US\$ 5.721,02
IVA Adicional	20 %	Resolución AFIP 3373/2012	US\$ 11442,06
Impuesto a las Ganancias	6 %	Resolución AFIP 3373/2012	US\$ 3.432,61
Ingresos Brutos	3 %	Resolución AFIP 3373/2012	US\$ 1.716,30
Tasa de Oficialización	US\$ 10,00	Aduana	US\$ 10
Tasa de Digitalización	US\$ 28,00	Aduana	US\$ 28
		Costo Final	US\$ 79.560,27

Tabla 21: Costos productos Internacionales. Enlace Troncal Fibra Óptica

Descripción	Cantidad	Origen de Compra	Precio Total
Alquiler Postes	472	Nacional	US\$ 236 (mensual)
Casetas	1	Nacional	US\$ 528,19
Terreno	1	Nacional	US\$ 875,16
		Costo Total	US\$ 1639,35

Tabla 22: Costos productos Nacionales. Enlace Troncal Fibra Optica.

Para el despliegue de la red óptica se requiere un total de US\$ **81.199,62** , valor que se obtiene sumando los totales de las Tablas 21 y 22.

Referencias

- [1] Fibra Óptica ADSS-5c86: https://gtoptical.en.alibaba.com/product/62160339034-806142341/G652_adss_optic_fiber_cable_fibra_optica_g652d.html?spm=a2700.icbuShop.41413.13.673e157bWly3IZ
- [2] Caja Empalme: https://es.aliexpress.com/item/32900359272.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.3e4c7b9d6iqoHh&algo_pvid=0a477296-2090-46b8-a11b-1e62735e38ce&algo_expid=0a477296-2090-46b8-a11b-1e62735e38ce-8&btsid=0be3746c15931258311966484e1ffb&ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_,searchweb201603_
- [3] Conector SC/UPC: https://es.aliexpress.com/item/32877869247.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.d3f14de376pFNE&algo_pvid=2c7cb072-c97b-4087-9dbd-8e019062dc2a&algo_expid=2c7cb072-c97b-4087-9dbd-8e019062dc2a-18&btsid=0ab6f82215930123797923522e5c8c&ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_,searchweb201603_
- [4] Modelo planta 3 dormitorios: http://carqsanluis.org.ar/wp-content/uploads/2019/05/Junio_2020_M1.pdf
- [5] Fibra Óptica AFL SM: <https://www.fiberoptics4sale.com/collections/category-bulk-fiber-cables/products/ae-00696c520-aa4?variant=9762643075>.
- [6] Terreno Papagayos: https://terreno.mercadolibre.com.ar/MLA-782002729-lotes-desde-400m2-en-papagayos-_JM#position=1&type=item&tracking_id=902decce-f114-4574-8596-c8c0f75f1595
- [7] Terreno Carpintería: https://terreno.mercadolibre.com.ar/MLA-864263249-lote-de-103021m2-en-carpinteria-san-luis-_JM#position=2&type=item&tracking_id=4af5485a-c579-4302-9588-1aed9f768225
- [8] Terreno Departamento Chacabuco: https://inmueble.mercadolibre.com.ar/MLA-863322885-vendo-hectareas-en-san-luis-villa-larca-_JM#position=1&type=item&tracking_id=4e42d34e-0fe4-4b6b-b829-8451897893a1
- [9] Datasheet Fibra Optica Belden M9W510T: <https://edesk.belden.com/products/techdata/EUR/M9W510T.pdf>
- [10] Precio Fibra Optica Belden M9W510T: <https://www.e-sonic.com/product-detail/belden/m9w510t.html?p=45203950>

Red de Acceso Inalámbrica

Router

Teniendo presente el diagrama de la Figura 12, el router seleccionado es el Ubiquiti Edge Router 4 puertos, el cual presenta un costo de US\$ 120. En el Apéndice B se muestran las características. La Figura 27 muestra el equipo seleccionado.



Figura 27: Router Ubiquiti.

Switch

El switch de borde seleccionado es el modelo ES-24 Lite de la misma empresa, el cual presenta un costo de US\$120. En el Apéndice B se muestran las características. La Figura 28 se muestra una imagen ilustrativa del mismo [2].



Figura 28: Switch Ubiquiti.

Access Point

El dispositivo AP seleccionado corresponde al modelo ePMP 1000 Force 180 de la empresa Cambium Networks, cuyo costo es de US\$ 180. Cuyas características se brindan en el Apéndice B. La Figura 29 ilustra el equipo elegido.



Figura 29: Cambium ePMP 1000 Force 180.

Customer Premises Equipment (CPE)

El equipo CPE se entrega al abonado en comodato durante el tiempo en el que se asocie al servicio. Considerando que el cuidado del equipo queda bajo responsabilidad del usuario, haciéndose cargo de la reparación de fallas originadas por accidentes tales como: negligencia, abuso, falla eléctrica, causas de fuerza mayor o caso fortuito.

El equipo CPE utilizado es el Cambium ePMP Force 130, el cual se ilustra en la Figura 30. Al negociar la compra de 61 equipos se solicita un descuento del 20 %. De manera que el precio de los mismos alcanza a US\$ 298,5.



Figura 30: Cambium ePMP Force 130.

Costo total

El costo total de la red de Acceso se presenta en la Tabla 23.

Descripción	Cantidad	Precio US\$
Router Ubiquiti	1	US\$ 120
Switch	1	US\$ 120
ePMP Force 180	5	US\$ 900
ePMP Force 130	61	US\$ 18208,5
Total		US\$ 19348,5

Tabla 23: Costos Nacionales. Red Acceso Inalámbrica.

Para el despliegue de la red inalámbrica se requiere un total de **US\$ 19.348,5**.

Referencias

- [1] Router Ubiquiti: <https://www.landashop.com/ubn-er-4.html>
- [2] Switch Ubiquiti: https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-861437448-ubiquiti-edgeswitch-es-10xp-8-gigabit-poe-out-2-sfp-_JM#position=1&type=item&tracking_id=700f6c13-dbd7-432f-98fe-5439c4324646
- [3] Access Point: https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-747386210-epmp-1000-5-ghz-force-180-radio-integrado-_JM?quantity=1#position=2&type=item&tracking_id=286aab7a-b10d-4d0da5c3-2f5bd57caf6
- [4] Apéndice B.
- [5] CPE Cambium ePMP Force 130: https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-815770606-cambium-epmp-force-130-5-ghz-sm-c050900c512a-_JM?matt_tool=68536632&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=10375307423&matt_ad_group_id=102828799643&matt_match_type=b&matt_network=g&matt_device=c&matt_creative=444135776619&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=&matt_merchant_id=&matt_product_id=&matt_product_partition_id=&matt_target_id=aud-753845548730:dsa-19959388920&gclid=CjwKCAiA7939BRBMEiwA-hX5J36c9bxCCu-Ky1MUFAn4c4U871GQkqQ1fNjSv8M6TCop5b0SgqT49RoC5aYQAvD_BwE

Parte V

Propuesta Tecnológica

Parte VI

Plan de Accion

Parte VII

Plan de Mantenimiento

Parte VIII

Análisis Económico y de Negocio