



**REGULACIÓN
& MERCADOS**
Grupo
Consultor

DISEÑO TÉCNICO DE LA TRONCAL NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA DE TELECOMUNICACIONES (TNIT) DE FIBRA ÓPTICA REQUERIDO PARA LAS NECESIDADES DE LA INDUSTRIA 4.0

Informe Final

Santiago, 27 de marzo de 2017.

1. Índice

1.1. Índice del documento

1. Índice	2
1.1. Índice del documento	2
1.2. Índice de ilustraciones.....	7
1.3. Índice de Tablas.....	9
2. Resumen Ejecutivo (Abstract).....	10
2.1. Objetivos del estudio;	10
2.2. Principales antecedentes y resumen del diagnóstico de la situación actual;	11
2.3. Síntesis del análisis y resultados	13
2.4. Principales conclusiones y recomendaciones	18
3. Introducción	23
3.1. Objetivos;	23
3.1.1. ¿El porqué del estudio?	23
3.1.2. ¿Que busca obtener?	25
3.1.3. ¿Cómo lo va a obtener?	25
3.1.3.1. Limitaciones y alcances del estudio;	28
3.1.4. ¿Cuáles son los avances que genera este estudio al Plan Nacional de Infraestructura (PNIT), que busca incentivar el desarrollo de infraestructura para telecomunicaciones, para construir la de base para la revolución industrial 4.0?	29
3.1.5. Destacar las bases del PNIT y del estudio, del trabajo conjunto entre CORFO y SUBTEL.....	29
3.2. Objetivos del estudio;	31
3.3 Principales antecedentes y resumen del diagnóstico de la situación actual;	32
3.4. Síntesis del análisis y resultados	41
3.5. Principales conclusiones y recomendaciones	44
4. Antecedentes	47
4.1. Diagnóstico situación actual de la infraestructura para telecomunicaciones en Chile	47
4.2. Técnicos	61
4.2.1. Tecnologías.....	61
4.2.1.1. Fibra oscura	61
4.2.1.2. Sistemas DWDM	62
4.2.1.3. Sistemas ROADM	63

4.2.1.4. Sistemas híbridos.....	63
4.2.1.5. Discusión Red MPLS vs Infraestructura (ROADM-DWDM).....	64
4.3. Información Demanda.....	68
4.3.1. Hogares y PYMES.....	68
4.3.2. Servicios Públicos (Organismos Públicos)	70
4.3.3. Yacimientos Mineros y Centros de Investigación Astronómica	72
4.3.4. Agricultura de precisión	75
4.4. Casos de Infraestructura para telecomunicaciones en el mundo	78
5. Diseño TNIT	83
5.1. Arquitectura general TNIT	83
5.1.1. Criterios de Diseño.....	85
5.1.2. Tipos de Troncales.....	89
5.1.3. Características y condiciones de interconexión de infraestructura por Zonas y tipos de troncales.....	90
5.1.4. Salidas Internacionales y posibilidades de interconexión futura	90
5.2. Troncal Submarina.....	92
5.2.1. Arquitectura	92
5.2.2. Nodos, POIIT	95
Equipos.....	98
5.2.2.1. Obras Civiles.....	99
5.2.2.2. Energía	102
5.2.3. Tendidos FO, TRIOT.....	102
5.2.3.1. Filamentos de FO, cables y protecciones del cable	102
5.2.4. Criterios y condiciones de diseño técnico	103
5.2.4.1.1. Alcances del diseño	104
5.2.4.1.1.1. Elaboración de Matriz de capacidades de infraestructura por localidad (POIIT) 104	
5.2.4.1.2. Elaboración de Matriz de Capacidades de Transporte.....	105
5.2.4.1.3. Capacidad de crecimiento a 5, 10 y 20 años	106
5.2.4.1.4. Criterios de Selección de tecnologías, sistemas y Equipos.....	106
5.2.4.2. Respaldos, posibilidad 1+N por tramos.....	109
5.2.4.3. Otros	109
5.2.5. Diseño TNIT.....	114
5.2.5.1. Tipologías con características técnicas detalladas de POIIT, TRIOT	116
5.2.5.2. Matriz de capacidades de infraestructura por localidad (POIIT)	117

5.2.5.3. Topologías con diagramas de esquemáticos	117
5.2.5.4. Mapas con metadatos	117
5.2.5.5. O&M	117
5.2.5.6. CAPEX/OPEX	121
5.3. Troncal Terrestre (FO/Radioeléctrica)	127
5.3.1. Arquitectura Terrestres	128
5.3.2. Nodos, POIIT	131
5.3.2.1. Equipos	131
5.3.2.2. Obras Civiles.....	141
5.3.2.3. Energía	152
5.3.3. Tendidos FO, TRIOT.....	153
5.3.3.1. Filamentos de FO, cables y protecciones del cable	155
5.3.3.2. Tipos de Tendidos Terrestres de FO	156
5.3.3.2.1. Tendido Aéreo	156
5.3.3.2.2. Tendido Soterrado.....	157
5.3.3.2.3. Tendido en Situaciones Especiales: Puentes, Edificaciones, etc.	157
5.3.4. Criterios y condiciones de diseño técnico	158
5.3.4.1. Alcances del diseño	159
5.3.4.1.1. Elaboración de Matriz de capacidades de infraestructura por localidad (POIIT)	159
5.3.4.1.2. Elaboración de Matriz de Capacidades de Transporte.....	159
5.3.4.1.3. Capacidad de crecimiento a 5, 10 y 20 años	159
5.3.4.1.4. Criterios de Selección de tecnologías, sistemas y Equipos FO y Radioléctricos	160
5.3.4.2. Respaldos, posibilidad 1+N por tramos.....	160
5.3.5. Diseño Troncales Terrestres	160
5.3.5.1. Tipologías con características técnicas detalladas de POIIT, TRIOT	160
5.3.5.2. Matriz de capacidades de infraestructura por localidad (POIIT)	162
5.3.5.3. Topologías con diagramas de esquemáticos	162
5.3.5.4. Mapas con metadatos	164
5.3.5.5. O&M	164
5.3.5.6. CAPEX/OPEX	172
5.4. CDN	174
5.4.1. Características Técnicas	174
5.4.1.1. TIER	174
5.4.1.2. Capacidades	174

5.4.1.3. Obras Civiles: Oficinas y Salas.....	176
5.4.1.4. Energía y Sistemas de Apoyo	180
5.4.2. Normativa y Recomendaciones Internacionales	186
5.4.3. Emplazamiento CDN	190
5.4.3.1. Arquitectura CDN	192
5.4.3.2. TIER	194
5.4.3.3. Características de Diseño	194
5.4.3.4. Topologías de Respaldo con diagramas de esquemáticos	195
5.4.3.5. Mapas con metadatos	196
5.4.3.6. “Principios de administración y gestión de cada uno de los Centros de Datos Nacionales propuestos”	197
5.4.3.7. CAPEX/OPEX	198
6. Diseño de la TNIT en su conjunto.....	200
6.1. Interconexión y respaldos	200
6.2. Mapa TNIT.....	202
6.3. CAPEX/OPEX consolidado.....	212
6.4. O&M consolidado	212
7. Conclusiones y recomendaciones	213
7.1. Relativas al diseño de la TNIT	213
7.2. Relativas a modelos de negocio y regulación.....	217
8. Anexos.....	220
8.1. Anexo- Archivo Topología_28.xlsx	220
8.2. Anexo – Equipamiento de Transmisión Nokia Considerado en el Diseño.	221
8.3. Anexo – Obras Civiles, Clima y Fuerza	221
8.4. Anexo – Tendidos Fibra Óptica Terrestre y Submarina:	224
8.5. Anexo – Nodos de la TNIT:	224
8.6. Anexo – Archivos Shape:	224
8.7. Anexo - Usos y disponibilidad local de frecuencias.....	224
8.7.1. Frecuencias internacionalmente utilizadas para implementar y operar POITT-R	224
8.7.2. Frecuencias disponibles a nivel local para implementar y operar POITT-R	228
8.7.3. Detalle de eficiencia espectral de tecnologías comercialmente disponibles	229
8.7.3.1. Otros Factores que Afectan la Eficiencia Espectral	231
8.7.4. Detalle de análisis de ventajas / desventajas de tecnologías disponibles.....	232
8.7.4.1. Ventajas de QAM sobre otros tipos de modulación	232
8.7.4.2. Desventajas de QAM sobre otros tipos de modulación	232

8.7.5. Soluciones POITT-R en el Diseño	232
8.7.5.1. Características de los Radio Enlaces	234
8.7.5.1.1. Enlace 1 – Chonchi Sector Ichuac	234
8.7.5.1.2. Enlace 2 – Dalcahue – Isla Quinchao	236
8.8. Anexo - Sistemas de georreferenciación de infraestructura de telecomunicaciones	237
8.8. Anexo Tipos de Tendidos Submarinos de FO	241
8.8.1. Esquema de las tres opciones	241
8.8.1.1. Opción sistema festón sin repetidores:	241
8.8.1.2. Opción sistema Trunk & Branch sobrepuesto al sistema festón en trazos blancos:	242
8.8.1.3. Opción sistema Trunk & Branch en aguas profundas:	242
8.8.2. CAPEX Y OPEX DE LAS OPCIONES EN ANÁLISIS	243
8.8.3. Características de un sistema Trunk & Branch	243
8.8.4. La Troncal y 18 ramas de Aguas Profundas	244
8.8.5. Aspectos relativos a la disponibilidad y confiabilidad de los sistemas submarinos.	245
8.8.6. SISTEMA DE CABLE SUBMARINO PROPUESTO PARA LA TNIT Sub	247
8.9. Anexo Topología Troncal Submarina	248
8.9.1. Playas de Amarre y Ubicación de las BMH de la TNIT Sub	248
8.10. Anexo TRIOT Troncal Submarina.	260
9. Referencias y Bibliografía	280
10. Glosario	282
10.1. Siglas y acrónimos	282
10.2. Definiciones	282

1.2. Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Penetración de Internet de Banda Ancha por cada 100 habitantes. (Fuente OCDE).	34
Ilustración 2: Penetración de Internet de Banda Ancha Inalámbrica por Cada 100 Habitantes (Fuente OCDE).....	35
Ilustración 3: Crecimiento Anual de Conexiones por Fibra Óptica. (Fuente OCDE)	35
Ilustración 4: Penetración de conexiones fijas. Fuente: Elaboración propia en base a información de Subtel	36
Ilustración 5: Distribución del Tráfico de Internet	57
Ilustración 6 Organigrama de la Administración del Estado. CGR	70
Ilustración 7 Composición de la demanda Residencial y de Municipalidades	71
Ilustración 8 Mapa de la red operada por REUNA, Fuente: Informe de Avance Estudio de demanda de infraestructura de telecomunicaciones en el área geográfica de la Gran Minería del Norte y la Astronomía	74
Ilustración 9 Distribución geográfica UMA	77
Ilustración 10 Red de Infraestructura para las telecomunicaciones en Australia. Fuente: NBN	79
Ilustración 11 Diagrama Conceptual del Diseño Topológico de la TNIT	84
Ilustración 12 Interfaces del sistema submarino sin repetidores (Rec. G.973 UIT).....	96
Ilustración 13 Posibles configuraciones para un sistema submarino sin repetidores.(Rec. G.973 UIT).....	97
Ilustración 14 Diagrama en bloques típico del equipamiento en planta seca de una estación de cable submarino (elaboración propia).....	98
Ilustración 15 Diagrama explicativo BMH	100
Ilustración 16 Distribución Interna BMH	101
Ilustración 17 Diagrama en bloques de un sistema sin repetidores simplificado para mostrar la dirección de transmisión. Fuente: elaboración propia.	107
Ilustración 18 Diagrama en bloques de un sistema sin repetidores con preamplificadores.	108
Ilustración 19 South American Pacific Link Network Connectivity	110
Ilustración 20 Esquema O&M y costos Troncal Submarina.....	119
Ilustración 21 Arquitectura de la TNIT, Arica – Ovalle.	128
Ilustración 22 Arquitectura de la TNIT, Illapel – Hualpen.....	129
Ilustración 23 Arquitectura de la TNIT, Chillán - Coyhaique	129
Ilustración 24 Arquitectura de la TNIT, Cochrane – Puerto Williams.....	130
Ilustración 25 Configuración de Equipos de un Nodos Troncal Terrestre y Submarino	133
Ilustración 26 Configuración de Equipos de un Nodos Troncal Terrestre	134
Ilustración 27 Configuración de Equipos de un Nodo de Agregación o Subtroncal	136
Ilustración 28 Configuración de Equipos de un Nodo de Acceso Directo	138
Ilustración 29 Configuración de Equipos de un Nodo Reoetidor ILA.....	140
Ilustración 30 Plano de Planta de Emplazamiento de Todos los Nodos de la TNIT.	142
Ilustración 31 Modelo de Contenedores para Salas de Equipos Troncal Submarina y Terrestre. .	144
Ilustración 32 Modelo de Contenedores para Salas de Equipos Troncal Submarina y Terrestre ..	146
Ilustración 33 Modelo de Contenedores para Salas de Equipos Subtronicas, de Acceso Directo e ILAs.	148
Ilustración 34: Arquitectura de red IP-Óptica para una Red Troncal Nacional.	162
Ilustración 35 Organigrama Completo de la TNIT	170

Ilustración 36: Esquema organizacional	177
Ilustración 37: Diagrama de Red Eléctrica Central de la CDN	180
Ilustración 38 Sistema de Agua Enfriada de la CDN	182
Ilustración 39 Ubicación CDN Antofagasta. Fuente: Elaboración propia.	190
Ilustración 40 Ubicación CDN Santiago Fuente: Elaboración propia.....	191
Ilustración 41 Ubicación CDN Osorno. Fuente: Elaboración propia	192
Ilustración 42 Ubicación CDN Antofagasta. Elaboración propia.....	193
Ilustración 43 Ubicación CDN en la comuna de Lampa. Elaboración propia.	193
Ilustración 44 Ubicación CDN en la comuna de Osorno. Elaboración propia.	194
Ilustración 45 Diagrama de Red Eléctrica Central de la CDN	195
Ilustración 46 Sistema de Agua Enfriada de la CDN	196
Ilustración 47: ejemplo de las capitales comunales y localidades por sobre los 5.000 habitantes, desplegados en ArcGIS.	202
Ilustración 48: Red vial sector de Ovalle desplegada en ArcGIS.	203
Ilustración 49: Ejemplo (en azul) de los trazados de fibra óptica optimizados, desplegados en ArcGIS.....	204
Ilustración 50: un ejemplo de los diferentes usos de suelo, desplegados en ArcGIS	205
Ilustración 51: Presentación en verde y amarillo del tendido de fibra submarino a considerar.....	206
Ilustración 52: Presentación en color rojo de los enlaces microondas a considerar.	207
Ilustración 53: Tramo TNIT Arica - Tal Tal	208
Ilustración 54: Tramo TNIT Tal Tal - Con Con	209
Ilustración 55: Tramo TNIT Nueva Imperial - La Junta	210
Ilustración 56: Tramo TNIT La Junta - Puerto Williams	211
Ilustración 57: Calidad del salto v/s distancia y Frecuencias (Fuente Ericsson)	227
Ilustración 58: Capacidad según modulación y ancho de canal (Fuente Ericsson).	228
Ilustración 59:Métodos de Modulación v/s tasa de error.....	231
Ilustración 60: Resultados Enlace 1	235
Ilustración 61: Resultados Enlace 2	236
Ilustración 62: Enlace 18 GHZ	238
Ilustración 63: Enlace 11 GHz.....	239

1.3. Índice de Tablas

Tabla 1 Demanda por región. Fuente: Estudio demanda hogares y pymes	69
Tabla 2: Necesidades de transmisión y Almacenamiento de datos. Fuente: Informe de Avance Estudio de demanda de infraestructura de telecomunicaciones en el área geográfica de la Gran Minería del Norte y la Astronomía.....	75
Tabla 3: Fuente: Informe de Avance Estudio de la situación actual y los requerimientos de demanda futura de uso de infraestructura de telecomunicaciones de la agroindustria, SAVTEC, 2016.....	76
Tabla 4 UMA por región	77
Tabla 5: Consumo de Mbps por cada UMA Fuente: Elaboración propia en base a Informe de Avance Estudio de la situación actual y los requerimientos de demanda futura de uso de infraestructura de telecomunicaciones de la agroindustria.	78
Tabla 6 Análisis comparativo de factores de diseño del sistema.	95
Tabla 7: Matriz de dimensionamiento por nodo	105
Tabla 8 .- Cuadro de atenuaciones por enlace del sistema festón (elaboración propia).....	122
Tabla 9 Cuadro de inversiones por enlace (elaboración propia).	124
Tabla 10 Costos de Tramos de Cable Submarino sin repetidores	125
Tabla 11 Detalle Elementos Incluidos en Sitios para Nodos Troncales Submarinos y Terrestres.	145
Tabla 12 Detalle Elementos Incluidos en Sitios para Nodos Troncales Terrestres.....	147
Tabla 13 Elementos Constitutivos Salas de Equipos Subtroncales, de Acceso Directo e ILAs.	149
Tabla 14 Distribución de Fibra Óptica Terrestre por Región	155
Tabla 15: Longitudes por tendidos TNIT.....	156
Tabla 16 Estructura del NOC.	167
Tabla 17 Dotación Completa de la TNIT	169
Tabla 18 Detalle de Inversiones de la TNIT	172
Tabla 19 Detalle Vidas Útiles	172
Tabla 20 Capex consolidado.....	212
Tabla 21 Capex consolidado.....	212
Tabla 21: Recomendación ITU de Bandas de Frecuencias	225
Tabla 22: Eficiencia Espectral.	230
Tabla 23: Comunas y Densidades a Atender por Enlaces Radiales	233
Tabla 24: Densidades de Tráfico Proyectadas	233
Tabla 25: Resumen Enlace	234

2. Resumen Ejecutivo (Abstract)

2.1. Objetivos del estudio;

La Subsecretaría de Telecomunicaciones busca como objetivo disponer de un diseño técnico de la red Troncal Nacional de Infraestructura de Telecomunicaciones (TNIT) para el país, que considere el despliegue de infraestructura óptica y radioeléctrica y de aquellos sistemas y/o equipos de inteligencia necesarios para optimizar el uso de dicha infraestructura, a objeto de asegurar y garantizar la calidad de los servicios de telecomunicaciones que se soporten y presten sobre ella y, convertirse así en la estructura basal del desarrollo digital del país y en la principal herramienta para liderar a nivel internacional la Cuarta Revolución Industrial.

Lo precedente, a fin de lograr materializar el quinto eje de la Agenda Digital, esto es, que todo Chile esté conectado digitalmente, con redes de alta velocidad y calidad, a precios accesibles para la población. De esta forma disminuir sustantivamente la brecha digital. Para ello es necesario construir una autopista digital que permita a todos disfrutar en plenitud de la Internet del futuro, apoyándose en la gran alianza público-privada impulsada por esta Agenda Digital 2020. Así se busca avanzar hacia un escenario que permita a consumidores y empresas disfrutar de un servicio de conectividad de datos de mayor calidad. El objetivo es conectar digitalmente todas las regiones del país con infraestructura robusta y de calidad; alcanzar un 90% de hogares con banda ancha, aspirando a un 75% en hogares rurales, con un 20% del total de hogares disponiendo de cobertura de fibra óptica en su barrio, llegando a valores cercanos al promedio de velocidad de la OCDE de 9 Mbps. Además, se aspira a que el 90% de las comunas tengan zonas Wi-Fi públicas, y prácticamente el 100% de las escuelas.

Se busca a través de este estudio aportar al cumplimiento del objetivo de lograr que los beneficios de la sociedad de la información se encuentren disponibles para la población.

2.2. Principales antecedentes y resumen del diagnóstico de la situación actual;

En la actualidad no se cuenta con políticas públicas que lideren la industria de las telecomunicaciones a fin de generar un desarrollo funcional en los servicios de infraestructura para telecomunicaciones. En este aspecto solamente se cuenta con el Reglamento para Operadores de Servicios Intermedios de Infraestructura que únicamente provean infraestructura para telecomunicaciones, lo que ha significado que el desarrollo de las concesiones de infraestructura se ha dado históricamente por la iniciativa privada, sin perjuicio del impulso que han significado políticas como el Fondo de Desarrollo de las Telecomunicaciones llevado a cabo por el Estado.

La infraestructura actual de transmisión con que cuenta el país, está basada en tendidos de fibra óptica, con su correspondiente electrónica de transmisión que la ilumina. Si bien el país cuenta hoy con tendidos de fibra óptica de propiedad de las principales empresas concesionarias de servicios intermedios, la naturaleza de estas redes se ha centrado en descremar las zonas de mayor concentración de demanda. De esta forma la ley de Pareto se cumple bastante bien. El 80% de la población se puede atender con presencia en aproximadamente el 23% las principales ciudades, mientras que el 20% restante de la población queda más relegado del acceso digital.

Las actuales redes troncales de tendidos de fibra óptica están por cumplir 20 años de antigüedad (en buena parte de su trazado) y dichos trazados se encuentran muy cercanos unos de otros; ya sea por ambos costados de la ruta 5 o separados entre la ruta 5 y la línea ferroviaria. Esto hace que el país, sujeto a permanentes inclemencias de la naturaleza, sea vulnerable a la continuidad operacional de su red de transmisión, ya que los respaldos por sobre una ruta adicional, son prácticamente inexistentes o bien de una capacidad inferior a aquella necesitada.

En cuanto a la tecnología, al día de hoy las empresas Claro, Entel y Movistar utilizan para su red troncal DWDM. Sólo GTD ha iniciado la iluminación con tecnología ROADM.

Por último, los servicios de conectividad internacional, son provistos por empresas transnacionales dedicadas a este servicio, con puntos de presencia tanto en Santiago como en Valparaíso.

A esto se debe sumar el hecho, que las redes de telecomunicaciones son altamente centralizadas: Las iniciativas para aumentar la competencia, como portabilidad numérica y la eliminación de la larga distancia nacional, entre otras, ha hecho necesario dotar de mayor inteligencia las redes de telecomunicaciones fijas y móviles, la que se encuentra concentrada mayormente en la zona central del país. De este modo, un corte doble de fibra óptica – como ya ha ocurrido – puede dejar a varias de las compañías proveedoras de servicios, prácticamente incomunicadas, al perder contacto con elementos esenciales de red, como los traductores de portabilidad numérica, HLR, HSS, DHCP, etc.

De esta forma, es indiscutible que el país requiere de una estructura de fibra óptica más robusta, a la altura de la realidad de nuestra naturaleza (sísmica, pluviométrica, volcánica y ahora también relativa a los grandes incendios forestales) y que se puede conseguir, tal como lo señala la agenda digital, en una buena complementación público privada.

Este es un requisito esencial para poder pretender optar a ser un hub mundial hemisférico para el procesamiento de datos y las tecnologías de la información.

En cuanto a la evolución de las tecnologías de información y telecomunicaciones, se puede señalar que es indudable que en las últimas décadas se han producido importantes cambios en las sociedades, producto de su desarrollo tecnológico.

Chile no ha estado ausente a este fenómeno, sin embargo, dentro de los países que componen la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) –grupo al cual Chile pertenece desde el año 2010- nuestro país es uno de los que presenta una menor penetración de suscripciones de banda ancha fija.

No obstante lo anterior, un aspecto destacable es que en los últimos años Chile es uno de los países que más ha incrementado sus conexiones. En el año 2013 ocupa la primera posición en términos de crecimiento de conexiones de fibra.

Por tanto, si bien la realidad muestra que el país posee aún bajos niveles de penetración en servicios asociados al acceso de internet, el crecimiento en la penetración de este tipo de servicios resulta ser prometedor.

Sin embargo, este crecimiento no ha sido parejo y al igual que en otras áreas, se observa una desigualdad importante entre niveles socioeconómicos y entre regiones. La penetración es bastante dispar entre algunas regiones.

Por su parte, en lo que respecta a la brecha digital de demanda, esta se define como la diferencia entre los hogares que pueden tener acceso a servicios de banda ancha pero que no lo adquieren. Ahora bien, la explicación del por qué hogares no acceden a servicios de banda ancha, aun cuando existe oferta, se relaciona tanto con factores asociados al interés de las familias en contar con el servicio como con factores de presupuesto, siendo este último el principal factor en países o zonas de ingresos bajos.

Respecto a la brecha digital de oferta, indudablemente está relacionada con la brecha de demanda. La tecnología y características de la industria de las telecomunicaciones, en la cual existen importantes economías de escala, hace necesario que exista demanda suficiente que permita financiar la infraestructura y fuerte inversión en activos fijos que requiere el negocio.

En relación al punto anterior, son las zonas extremas y rurales donde se observa en mayor medida la coexistencia de importantes factores de oferta y demanda a la hora de explicar la brecha digital. En el caso chileno, la extensión del territorio y el fuerte centralismo determina que las regiones extremas del país y las zonas rurales cuenten con

demanda insuficiente para financiar redes de telecomunicaciones, lo cual desincentiva el ingreso de privados en la provisión de servicios.

Ante esto, el Estado juega un papel fundamental en la generación de políticas públicas que apunten a reducir la brecha digital existente en el país. Para ello, es necesario articular políticas que la disminuyan.

Sin embargo, para el caso de zonas extremas del país y regiones rurales con bajo número de habitantes, antes de desarrollar políticas que apunten a disminuir la brecha digital asociada a demanda, es preciso contar con facilidades de acceso y existencia de infraestructura que permita entregar servicios de telecomunicaciones.

Producto de lo anterior, en varios países se han adoptado políticas estatales que tienen por finalidad incentivar la conectividad y la inversión en infraestructura, y por tanto disminuir la brecha digital asociada a factores de oferta.

2.3. Síntesis del análisis y resultados

La TNIT se ha diseñado, teniendo en consideración los resultados del estudio de demanda aportados por Subtel.

Inicialmente, Regulación y Mercados, Grupo Consultor, hizo su propia estimación en forma preliminar, considerando en un horizonte de 10 años una demanda total de tráfico a nivel nacional de 16,9 Tbps. Sobre esta base de tráfico demandada se prodeció al diseño original de la TNIT, dejando este mismo parametrizado a la demanda, para poder hacer los ajustes necesarios al momento de contar con información más precisa.

Los estudios aportados por Subtel, suministraron la información base para reestimar en 20,013 Tbps (20 Terabits por segundo) la demanda de tráfico a 10 años, lo que es un 18 % mayor a lo presupuestado en el diseño original. Esta demanda incluye las necesidades de los hogares (urbanos y rurales), municipios, pymes, observatorios astronómicos, faenas mineras, y pasos fronterizos, logrando cubrir un 98% de la población y de los hogares.

Si bien las capacidades se modifican al alza, el diseño original no cambia radicalmente, debido a las holguras contempladas en el diseño y a la granularidad propia de los equipos. En cuanto a los trazados, ya sean terrestres o submarinos, estos se mantienen sin cambio alguno.

La base de proyección de demanda se ha tomado a 10 años, teniendo en consideración la vida útil de la infraestructura. Si bien la fibra óptica puede tener una vida útil de entre 20 y 25 años, la electrónica no supera los 10, por lo que ella necesitará ser modernizada en ese período.

La TNIT se ha diseñado, sobre la base de tres tendidos de fibra óptica: Uno submarino tipo festón, que cubre desde Arica a Carelmapu con derivación hacia Ancud y extensiones por la carretera austral y canales para alcanzar Puerto Natales y Punta Arenas. También incluye en la mayoría de la extensión del país un segundo tendido a través de rutas costeras y un tercer tendido por rutas más hacia el interior, principalmente por la ruta 5.

Aprovechando la reticularidad de la malla caminera del país, se han conformado anillos de fibra óptica por la franja fiscal, que se complementan con el trazado submarino, permitiendo de este modo un alta resiliencia de la TNIT ante cortes múltiples de fibra óptica.

Con el propósito de optimizar los costos, se han considerado tres tipos de redes:

- a) Red Troncal: Corresponde a una red que conecta 62 localidades que en su mayoría cumplen con concentrar la mayor población del país o bien están emplazadas en puntos geográficos estratégicos para el funcionamiento de la TNIT, determinado por la distancia máxima que pueden alcanzar los enlaces ópticos. A través de los tres tendidos descritos precedentemente, esta red ocupa dos filamentos de fibra óptica en cada trayecto y está equipada con tecnología OTN en la agregación y equipos ROADM en la capa óptica, con restauración GMPLS. La capacidad de estos equipos esta dimensionada de acuerdo al tráfico agregado de la demanda necesitada a 10 años, asegurando ocupar aquellos equipos de última generación y cuya capacidad sea suficiente.
- b) Red Subtroncal: Con el objeto de hacer una inversión más eficiente y emplear equipos más económicos, se han construido anillos de menor capacidad que tributan su tráfico hacia la red troncal. De esta manera se recogen las necesidades de localidades más pequeñas, con equipos de menor tamaño y costo, los que se interconectan a través de un segundo par de filamentos sobre los mismos tendidos. Bajo este criterio, se encuentran conectadas 241 localidades y se logra también una alta disponibilidad y resiliencia ante cortes de fibra óptica. Dentro de estos nodos, hay 40 que incluyen repetidores ópticos.

Para este tramo, se han considerado equipos FOADM, interconectados a los nodos ROADM sobre la ruta principal. Señalamos también que este diseño es posible de ser todavía optimizado, implementando la red Subtroncal, sólo con equipos IP/MPLS, con lo que se puede obtener mayor versatilidad y menor costo. Sin embargo, se han seguido las premisas del diseño de una red de transporte, que pueda separarse de la capa de servicios, para el desarrollo más transparente de una oferta de infraestructura de transporte.

- c) Puntos de Acceso Directo a la Troncal: Se trata de localidades más aisladas y de menor demanda, que por su ubicación geográfica, no es posible conectarlas en forma anillada. En estos casos se ha realizado una topología en configuración tipo estrella, las que tributan directamente sobre los nodos de la red troncal. Estos trazados tendrán menor disponibilidad teórica que los anteriores, pero, ante una falla, su impacto será menor ya que se trata de localidades de menor población. Sin embargo, por otra parte su exposición es mucho menor al encontrarse en zonas más apartadas. Asimismo, en la medida que la infraestructura caminera avance, estos mismos tendidos podrán ir anillándose sobre la base de la infraestructura desplegada. En esta modalidad, se encuentran 106 puntos de la red, entre localidades de baja población, pasos fronterizos, mineras y observatorios astronómicos. Hay 106 nodos de conexión directa y 14 nodos que sólo cumplen la función de repetidores ópticos.

Para estos puntos se ha utilizado la misma tecnología descrita en el apartado anterior.

Para los trazados submarinos se ha propuesto una fibra óptica de 8 pares (16 filamentos), ya que es la más utilizada internacionalmente y por lo tanto más fácil de obtener ante necesidades de stock para mantenimiento, ayudando a reducir los costos y tiempos de reparación ante eventuales cortes. La fibra terrestre se ha propuesto dividirla en tendidos soterrados y aéreos, dependiendo de criterios como la exposición a la corrosión, vandalismo, incendios, zonas protegidas, y vulnerabilidad ante accidentes.

Para todos los tramos terrestres se ha propuesto dejar tendidos de 96 filamentos. Esto debido a que entre una fibra óptica de 24 filamentos y una de 96, la variación en la inversión total del proyecto, no supera el 4% en promedio, con los beneficios que permite dejar 4 veces más infraestructura de fibra óptica instalada.

La electrónica utilizada se escogió sobre la base de la tecnología y equipamientos más modernos, que permitan cumplir con la capacidad proyectada a 10 años y no tengan riesgo de obsolescencia en el período. En el caso de los equipos de mayor capacidad, esto son de hasta 88 lambdas de 100 Gbps, lo que les permite procesar una capacidad de tráfico de hasta 8,8 Tbps a cada uno. Si se considera el tráfico agrupado en tres flujos, uno proveniente del norte, otro del centro y otro del sur, con estos equipos se podría manejar una capacidad de hasta 24 Tbps, lo que cumple con las proyecciones de tráfico a 10 años. Si bien es cierto, algunos proveedores declaran poseer equipos de 100 lambdas de 400 Gbps cada uno, la verdad es que no hay evidencia que estén disponibles comercialmente y por otra parte, restringen mucho la distancia que pueden cubrir, haciendo la red más compleja en términos de la necesidad de más nodos intermedios de repetición o regeneración.

En algunos tramos, la demanda puede superar levemente la capacidad de los equipos de 8,8 Tbps al año 10. Sin embargo, no se recomienda partir con esos equipos duplicados, ya que se trataría de una inversión que se mantendría ociosa por muchos

años. La decisión de incorporación de más capacidad en estos casos, muy puntuales, debe tomarse con criterios de la administración de la red y de la evolución que el tráfico presente en la realidad.

Es importante señalar que, los tendidos submarinos, se han diseñado considerando que ellos sólo tendrán la fibra óptica como elemento pasivo en la planta húmeda. Este hecho es relevante ya que no hay ni alimentación eléctrica en el mar ni equipos activos que pueden encarecer y complejizar mucho la ejecución del proyecto. Así, el tendido submarino, actúa como una ruta terrestre más y los equipos troncales que miran a la red submarina, lo hacen igual que si se tratara de una ruta terrestre adicional, eso sí, equipados con tarjetas láser de mayor potencia. También, la fibra óptica submarina, norma ITU G.654, posee menor atenuación por sus especificaciones y también por encontrarse afecta a una menor cantidad de empalmes debido a tendidos más largos sin uniones. Con tecnología RAMAN en la parte activa en tierra y soluciones de amplificadores pasivos con tecnología ROPA, basada en Erbium dopado, este tipo de enlaces puede alcanzar trayectos de hasta unos 500 Kms.

Se estima que el plazo para implementar una red de esta envergadura, sería de aproximadamente 4 años, pudiendo iniciarse servicios dentro de los primeros dos años, en forma geográficamente parcial, desde la región metropolitana hacia los extremos del país.

El dimensionamiento de las capacidades por tramos se ha efectuado considerando un origen del tráfico de subida en regiones con destino a Santiago, ya que a la fecha todas las salidas internacionales para tráfico de Internet están ubicadas en Santiago o Valparaíso y no existe evidencia clara, a la fecha, de que otras ciudades se vayan a incorporar como nuevo punto relevante de salida internacional de tráfico. Así, las capacidades de la red son menores en los extremos del país y aumentan en la medida que se acercan hacia la zona central.

La TNIT considera los tendidos de fibra óptica descritos y la electrónica para su iluminación, pudiendo proveer servicios punto a punto todo el país, con puertas desde 100 Mbps a 10 Gbps. Esto permite una oferta de canales transparentes y, adicionalmente como otro producto, la venta de fibra oscura por tramos.

En este diseño no está incorporado el servicio IP/MPLS, el que se puede implementar como una capa superior sobre estos equipos, y puede aportar mayor eficiencia en la conectividad de capa 3. Sin embargo, esto es algo que también debe analizarse regulatoriamente, en la frontera entre la provisión de infraestructura o prestación de servicios. En cualquier caso, este diseño es totalmente compatible con la incorporación de esta capa IP/MPLS.

La TNIT resultado del diseño cubre un total de 409 ciudades y localidades, considerando un total de 423 sitios físicos de la red distribuidos de la siguiente forma: 62 nodos ópticos en su red troncal, otros 241 nodos sub troncales (dentro de los cuales hay 40 repetidores ópticos), 106 de acceso directo a la red troncal y 14 nodos sólo de

repetición. Los anillos y tendidos de fibra óptica terrestre y submarina suman en total 24.479 Kms, de los cuales 4.426 Kms corresponden a cable submarino y 20.053 Kms a fibra óptica terrestre, cuyo 63% es fibra óptica terrestre soterrada y el restante 37% a fibra óptica aérea. El diseño también consideró 3 data centers, con estándar TIER IV, emplazados en las regiones de Antofagasta, Metropolitana y Los Lagos.

La inversión estimada para el despliegue de la TNIT, es de USD 1.009 millones, mientras que su costo de operación y mantenimiento anual es de USD 39 millones.

Se ha puesto especial énfasis en el diseño de la infraestructura civil, de clima y fuerza de todos los nodos de la TNIT. Esto porque la experiencia demuestra que, aproximadamente, el 50% de las fallas en las redes de telecomunicaciones se deben a problemas de clima y fuerza, mientras que el otro 50% se divide en problemas de software en primer lugar y multiplicidad de otros factores en segundo término.

Así, buscando minimizar los incidentes relacionados al clima y fuerza, se han diseñado salas de equipos modulares y estandarizadas, las que cuentan con respaldos eléctricos en términos de planos completamente independientes de alimentación, equipos de clima redundantes, rectificadores con bancos de baterías, grupos generadores y accesos de fibra óptica por cámaras independientes para cada uno de los grados y ODF también separados en racks distintos para cada uno de ellos.

Se ha incluido un sistema de monitoreo remoto que permite tener visión en tiempo real desde el NOC de la red, de todas las variables ambientales del nodo, como temperatura, humedad, presencia o ausencia de red eléctrica, grupo electrógeno funcionando o no, autonomía vigente de bancos de baterías y estanques de combustible y televigilancia. También se han contemplado accionamientos remotos de emergencia, como partida manual de grupo electrógeno, apertura remota de puerta y conmutación de elementos de clima y fuerza a sus respectivas unidades de respaldo.

Respecto del funcionamiento de los equipos de transmisión, toda la gestión está centralizada en el NOC, con la facilidad del control completo de la red.

Este grado de control remoto y estandarización, es muy importante para la simplificación de la operación de la red y preparación del personal técnico. Asimismo, ante contingencias, permite un alto grado de conocimiento del estado de la red en forma instantánea, ayudando a una mejor toma de decisiones que finalmente se traducen en una mayor disponibilidad y en menores costos de operación.

2.4. Principales conclusiones y recomendaciones

Se advierte de los análisis realizados, que la construcción de la TNIT, es necesaria y se justifica plenamente dado que las actuales redes comerciales de alta capacidad, se encuentran concentradas principalmente en el 23% de las ciudades que agrupan el 80% de la población y por lo tanto de la demanda. De esta forma queda un 77% de las localidades a ser atendidas. Resulta poco factible esperar que dicha población sea servida por proyectos únicamente privados.

Esta red a través de sus 423 sitios, proveería cobertura de servicios de alta calidad a las 409 localidades ya señaladas, eliminando una barrera de entrada, como lo es capacidad de transporte nacional y, asimismo, abrir la competencia en el acceso al 80% de la población cubierta tradicionalmente por las redes comerciales. Ahí se debería esperar un efecto de baja en los precios por mayor competencia, lo que estimularía una mayor penetración de la banda ancha fija.

Dado el estado de las actuales redes, en términos de su antigüedad y vulnerabilidad, este proyecto es una iniciativa de importancia estratégica para el país, ya que no solo abre más la competencia en la capa de transporte, sino que permite una red de telecomunicaciones más apropiada a las características de su naturaleza, marcada por desastres naturales.

Dada la baja en los costos que ha presentado la fibra óptica y el desarrollo vial del país, resulta económica y técnicamente atractivo, conectar la mayor cantidad de localidades con esta tecnología. La fibra óptica es pasiva y solo requiere energía en sus extremos para la electrónica que la ilumina. Esto es competitivo con soluciones de microondas que son caras en términos de la obra civil, tendido eléctricos y provee una capacidad, distancia y calidad muy inferior para ser proyectada en el largo plazo.

La virtualización de redes y el cloud computing, han pasado a convertirse en una solución altamente atractiva, ya que permiten gran densidad de capacidad de cómputo y almacenamiento, lo que puede representar una enorme eficiencia para el estado y también una solución para la incorporación al mundo digital de zonas aisladas que habitualmente presentan problemas en sus equipos terminales y cuyos usuarios carecen del conocimiento apropiado para su corrección.

Los beneficios de estas inversiones, ya sean pública, privadas o mixtas, se reflejan en el mediano plazo en una mayor productividad de las personas y de la industria nacional. Asimismo, llevar las telecomunicaciones a zonas habitualmente aisladas y territorialmente extensas, puede mejorar su plusvalía y desarrollo.

También es importante recalcar, que esta iniciativa, propuesta adecuadamente a los principales operadores actuales, puede contar con su colaboración dada la necesidad que ellos tienen de modernizar parte de sus redes y mejorar sus respaldos. Una adecuada colaboración público privada, en esta materia, implicaría que resulte factible la implementación de la TNIT, con desembolsos del estado significativamente inferiores a los del valor del proyecto, que está calculado a costo de reposición.

En materia de modelos de negocio los escenarios esquina son:

a) que el estado a través de la regulación siga estimulando inversiones y vele por una sana y efectiva competencia que mantenga los precios bajo la ley de la oferta y demanda, en las zonas y segmentos rentables, y a través del ejercicio del rol subsidiario del Estado continúe subsidiando el despliegue de redes de fibra óptica a través de programas del Fondo de Desarrollo de las Telecomunicaciones; y

b) que el estado decida establecer el modelo de la banca en el sector de las telecomunicaciones, esto es, decida invertir y operar la TNIT e incorporarse como un actor más en el mercado de las telecomunicaciones con foco en el servicio mayoristas y atención mayorista y final en los sectores aislados, rurales y/o de menores ingresos.

Entre estos dos escenarios esquina, existen múltiples opciones que pueden hacer más viable y más pronto el despliegue de la TNIT en el país.

En este escenario, podría pronosticarse que en función de los niveles de inversión de las troncales submarina y terrestres y sobre la base de una regulación que otorgue acceso a operadores menores, podría interesarles a las operadoras relevantes del sector realizar la inversión y operación conjunta -por la eficiencia económica que produce- de la red troncal de la TNIT, y de las sub troncales que pasen por ciudades de población intermedia. Esto basado en la necesidad que actualmente tienen en renovar parte sus redes, mejorar los niveles de redundancia y el acceso en materia de conectividad en banda ancha en las ciudades que concentran la población nacional.

Es menos probable que los operadores relevantes se interesen -aunque sea a través de inversión conjunta- en el despliegue de las redes sub troncales que incluyen ciudades y/o localidades donde el balance entre la disposición a pagar de la demanda versus los costos de inversión y operación resulten con rentabilidades negativas o menores al costo de oportunidad que tiene. Estas redes sub troncales de nulo o bajo interés para los operadores interesados en operación conjunta, el estado podría destinar recursos fiscales para su despliegue a través del instrumento que históricamente ha utilizado, esto es, el FDT.

En este escenario, es posible que la parte submarina de la troncal sea un elemento de discordia, y que finalmente la deba terminar financiando el estado, pues debiera ser la parte de la red troncal menos atractiva para los operadores locales, puesto que a diferencia de las troncales terrestres no pasa por centros de demanda de ciudades intermedia cómo sí lo hacen las redes terrestres. En este sentido, es posible que al estado

le convenga establecer como condición de borde el despliegue de esta troncal y una troncal terrestre, y desarrollar la tercera troncal terrestre, por ejemplo, sobre la base de subsidios vía el FDT. No obstante esto, sin duda el primer óptimo es que la autorización de inversión conjunta, aborde la red troncal en todas sus partes, esto es, la troncal submarina y las dos troncales terrestres.

Las eficiencias que agrega la autorización de inversión conjunta, se puede estimular aún más con la actuación activa del estado en materia de eliminación del subsidio a los terminales móviles, pues como se señaló, se elimina una distorsión que muy probablemente está afectando la inversión en red en el sector.

Los anillos de la TNIT, no necesariamente coinciden con la división regional o comunal del país, ya que el diseño se concentra en la distribución de la demanda y las facilidades para el tendido de la fibra óptica. Sin embargo, si la red se construye por tramos, dado que el tráfico se concentra en Santiago, esta debería iniciarse por los anillos más cercanos a la capital e ir, secuencialmente, extendiéndose hacia el norte y sur hacia los anillos que incluyen a las regiones contiguas.

Para la licitación del proyecto, se recomienda que todo el trazado submarino, sea asignando a una única empresa o consorcio internacional, dados los costos que representa tener más de un buque cablero operando en la zona. Lo mismo para simplificar la operación y el mantenimiento al disponer de un único tipo de cable de repuesto. Si la decisión es otra se recomienda el fomento a la agrupación de las empresas para que actúen como único ente frente a los proveedores. Los tendidos terrestres, sí pueden ser asignados a múltiples constructores, ciñéndose a las especificaciones técnicas definidas.

En cuanto a la electrónica, también se recomienda una licitación internacional que asigne los equipos a un único proveedor. Esto debido a la simplicidad que representa para la operación y el mantenimiento, stock de repuestos, sistemas de gestión, provisionamiento de servicios y capacitación del personal de ingeniería y operaciones. De lo contrario, debe lidiarse con la interoperatividad de distintas redes que, no obstante los estándares, la experiencia práctica demuestra que es problemática. En este caso es necesario regular y fiscalizar la interoperabilidad tecnológica.

Los riegos de la cautividad con proveedores únicos, tanto para el caso de la fibra submarina, como para la electrónica, debe controlarse sobre la base de un buen proceso de licitación en que queden definidos los precios actuales, futuros y las condiciones de operación y mantenimiento, con la debida flexibilidad para el comprador. Es posible separar los operadores del TNIT en operadores regionales y/o zonales, pero esto hará más compleja, menos confiable y cara la operación. También se pueden montar más de una red TNIT en paralelo, con diferentes operadores. En este caso se pierden eficiencias económicas, pero se gana en la confiabilidad de la red.

De seguirse la opción de licitar segmentadamente la red, se recomendaría dividirla en no más de tres segmentos: A) De Santiago a Arica, b) Zona Central que incluye la V Región y Región Metropolitana y c) de Santiago a Puerto Williams.

Por último, el diseño de la TNIT, considera llegar a Punta Arenas y Puerto Williams por territorio terrestre y submarino en una ruta alternativa al proyecto de FOA, y de menor distancia en trayectos submarinos. Es importante que este proyecto puede dar conectividad soberana al extremo sur del país aún sin contar con el proyecto de FOA. En caso de falla, se podría conmutar el tráfico por Argentina a través de las redes de Claro o Movistar, previo establecimiento de acuerdos con alguno de esos operadores, únicos que conectan Punta Arenas con Santiago por fibra óptica, y utilizar sólo durante el incidente esa ruta de tráfico. Con ello se puede avanzar en un proyecto de redundancia por territorio nacional, más gradual y, probablemente, económico.

En el caso que el estado vea como un elemento prioritario y urgente disponer cuanto antes de la TNIT operativa, ya sea por el aumento en el crecimiento que estudios asocian con mayores grados de digitalización, por la ventaja competitiva como país que esta infraestructura provoque o cualquier otro elemento que justifique una inversión estatal por sobre la requerida por los sectores no rentables, es posible seguir dos opciones. La primera en que el estado por ejemplo establezca una o más zonas económicas y adjudique los fondos para el despliegue de la TNIT a través de concursos públicos, y la segunda opción en que derechamente el estado decide incorporarse como un actor al mercado de las telecomunicaciones de banda ancha fija en el país.

El diseño de la cantidad y extensión de las zonas económicas a concesionar, está muy relacionado con el tipo de empresas que el estado quiere se desarrollen. A modo de ejemplo, si el estado decide licitar la TNIT a una única empresa, sin duda simplificará el proceso de licitación, pero como contrapartida tendrá que fiscalizar una concesionaria de significancia sectorial. En el otro extremo, si por ejemplo se definen zonas económicas, cada una con sus correspondientes contraprestaciones, donde una empresa no pueda adjudicarse más de una zona económica, se podrá construir la TNIT sobre la base de varios operadores zonales. Este escenario importa una mayor complejidad en materia de adjudicar y administrar concesionarios, mayores costo y complejidad operacional, pero como contrapartida se crea concesionarias con menor poder de negociación que concesionarias nacionales.

La imposibilidad de incorporar a los privados, por el desinterés y/o las bajas rentabilidades que adviertan o cualquier otro motivo, y la prioridad e importancia estratégica de digitalizar el país que vea el estado, sin duda justifica el ingreso de éste a la industria de banda ancha fija. En este escenario, es importante tener en cuenta que el estado competirá con las actuales operadoras, luego su pronóstico de market share debe restringirse. En este escenario, puede resultar relevante el auto suministro de servicios de banda ancha fija a las reparticiones del estado, municipios, etc., de manera que estos servicios ayuden a financiar la operación de este actor estatal.

En materia regulatoria, un escenario de borde, establece las condiciones que deben cumplir los operadores relevantes que decidan invertir en el despliegue de parte de las redes troncales de la TNIT en forma conjunta y las condiciones en materia de acceso y precios mayoristas que deben cumplir. También es necesario definir las regulaciones, proceso concursal y programa de licitaciones de redes de fibra óptica, para desplegar las partes de desinterés de los operadores relevantes de desarrollar sobre la base de inversiones conjuntas. En el otro escenario esquina, probablemente una modificación legal, legitime la incorporación del estado como un nuevo actor sectorial, aunque si hay empresas del estado que estén habilitadas -como podría ser TVN- también es un camino que podría ayudar a avanzar en esta línea de trabajo.

Los escenarios de negocios intermedios, en principio no requieren mucha innovación legal o regulatoria, pues se realizarían sobre la base del actual FDT. Sí exigen innovación en materia de especificación de las obligaciones que se impondrán en las bases, pues es necesario que las concesionarias se interconecten entre sí, tengan obligaciones mayoristas preestablecidas, tengan las correspondientes contraprestaciones que permitan desplegar la parte submarina de la red troncal, así como también las sub redes troncales no rentables, el establecimiento de SLA's, y de obligación de información que facilite la fiscalización preventiva y correctiva del concesionario adjudicatario, entre otros aspectos.

No obstante todo lo señalado, es importante tener presente que la TNIT, es una red que permite resolver el problema de transporte de datos de larga distancia nacional, pero no cubre el acceso a los hogares. Esta red de acceso, es de magnitudes superiores a la propia TNIT, por lo que para la prestación del servicio final, esta debe considerarse a través de las redes de acceso que los actuales operadores poseen, o bien a través del desarrollo de nuevas redes de terceros interesados en desplegarlas a mayor o menor escala, sin la barrera de entrada que puede significar el costo del transporte nacional.

Finalmente, cabe destacar que, dentro de los costos de operación, no está considerado el costo de transporte internacional de Internet. Este debería ser materia de negociación por parte de cada proveedor del servicio de Internet a clientes finales, con los proveedores de transporte internacional, como L3, TIWS y Lan Nautilus.

3. Introducción

La información proporcionada en el presente informe, está basada por una parte en el conocimiento experto del equipo consultor, así como también por otra, en información de carácter público para los inversionistas, dispuesta en los sitios web de Entel, Movistar, VTR y Claro al 30 de junio de 2016, además de los antecedentes que se encuentran documentados en los procesos tarifarios de actores relevantes de la industria.

También se ha incorporado información tecnológica de las empresas Nokia y Eaton Power, líderes mundiales en desarrollo y venta de tecnología para la industria de telecomunicaciones, en sistemas de transmisión, redes submarinas y equipos de clima y fuerza especializados.

Junto con lo anterior se ha utilizado información respecto de la Agenda Digital 2020 y del Plan Nacional de Infraestructura que lleva a cabo el Gobierno de Chile¹ y los estudios de la situación de demanda futura de uso de infraestructura de telecomunicaciones en hogares y pyme además de las estimaciones de demandas de municipalidades, ambos proporcionados por Subtel. Ello en suma a las estimaciones de la demanda en la minería, centros astronómicos y pasos fronterizos realizados en forma propia.

3.1. Objetivos;

3.1.1. ¿El porqué del estudio?

Las políticas públicas vigentes, guías de la conectividad en Chile al día de hoy, están enmarcadas en la Agenda Digital 2020 y el Plan Nacional de Infraestructura, los cuales, en un lineamiento sinérgico con la Agenda de Productividad, Innovación y Crecimiento, buscan posicionar al país como un referente internacional en telecomunicaciones y acceso digital con un carácter inclusivo, integrativo y participativo.

Con el objetivo de potenciar esto, el Gobierno de la Presidenta Michelle Bachelet, ha manifestado en su programa, iniciado en marzo del año 2014, el objetivo de que los beneficios de la sociedad de la información se encuentren disponibles para toda la población.

¹ Información disponible en www.agendadigital2020.gob.cl

Es por esto que la autoridad sectorial, ha buscado el desarrollo de la infraestructura de telecomunicaciones con sentido ciudadano, centrando su prioridad en conseguir que este sector se transforme en la principal herramienta para conseguir este objetivo.

Basados en el desarrollo de los objetivos de la Agenda Digital 2020, resulta posible mejorar la calidad de vida de la población, desarrollando oportunidades educativas y laborales, acceso universal, equidad en derechos básicos y oportunidades de participar del mercado nacional e internacional a través del desarrollo de productos y aplicaciones.

Se espera lograr, antes del 2020, que la velocidad promedio de acceso a Internet sea de al menos 10Mbps y que la mayoría de las escuelas públicas tengan conexión de banda ancha con velocidades acorde a la disponibilidad tecnológica. En cuanto a inversión privada en telecomunicaciones per cápita, el objetivo es llegar a niveles cercanos a promedios OCDE. De esta forma, las líneas de acción concretas son:

Masificar el acceso digital de calidad para todos, con las siguientes medidas:

- I. Desarrollo de un Plan Nacional de Infraestructura de Telecomunicaciones.
- II. Generando una visión país sobre gobernanza de Internet
- III. Asegurar la correcta implementación de las contraprestaciones asociadas al despliegue de las nuevas redes de alta velocidad móvil.
- IV. Modernización de la infraestructura para conectividad con foco en servicios públicos de Salud, Educación, Seguridad y Municipios.
- V. Fibra óptica austral.
- VI. Integración digital de zonas insulares.
- VII. Implementación de la TV Digital Terrestre.

Mejorar las condiciones habilitantes para un servicio de conectividad de mayor calidad, con las siguientes medidas:

- I. Evolución del Fondo de Desarrollo de las Telecomunicaciones.
- II. Mejorar la conectividad digital de Chile con el resto del mundo.
- III. Derechos de usuarios que acceden a Internet.
- IV. Monitoreo de la velocidad y de la calidad de servicio de Internet.

Inserto en estos objetivos es que se da forma al presente estudio. Es por lo anterior que se busca construir una Troncal Nacional de Infraestructura de Telecomunicaciones, la cual pretende ser la columna vertebral que sostenga el futuro desarrollo de las telecomunicaciones en el país y el cumplimiento de los objetivos fijados por el gobierno hacia el año 2020 y más allá. El diseño técnico de esta TNIT se transforma así en insumo vital para su posterior implementación y despliegue, asegurando a Chile una infraestructura de telecomunicaciones, de clase mundial, que permita acercar las oportunidades de la sociedad de la información todos los habitantes del país.

3.1.2. ¿Que busca obtener?

El presente estudio de diseño técnico para la Troncal Nacional de Infraestructura de Telecomunicaciones busca generar los insumos suficientes que permitan implementar esta troncal de telecomunicaciones en el país dentro del cual se comprenden los estudios de diseños para las redes terrestres y submarinas propuestas, el tipo de tecnología a utilizar, la topología de las redes y en general el diseño completo de esta troncal además de la estimación de los recursos asociados a esta, tanto en inversión como de operación y mantenimiento.

3.1.3. ¿Cómo lo va a obtener?

El presente estudio, busca diseñar:

- (i) Cada Troncal de Infraestructura de Telecomunicaciones (Óptica Submarina, Óptica Terrestre, además del componente radioeléctrico de la última);
- (ii) La TNIT en su conjunto y totalidad;
- (iii) La estimación de la inversión requerida para cada uno de los diseños de cada una de las troncales y de la TNIT en su conjunto;
- (iv) La elaboración de los principios de administración y gestión de cada una de las troncales propuestas;
- (v) El diseño preliminar de los Centros de Datos propuestos, con todas sus características técnicas y de operación y de la TNIT en su conjunto; y
- (vi) El mapa descriptivo y conceptual de la TNIT,

Para **se** procederá a diseñar sobre la base de 5 etapas previamente establecidas para producir el Informe, con énfasis en las etapas finales de dimensionamiento, cuantificación, costeo y despliegue gráfico. Las etapas son:

- (i) Levantamiento de información;
- (ii) Determinación, dimensionamiento, costeo y georreferenciación de los POITT y POITT-R;
- (iii) Determinación, dimensionamiento, costeo y georreferenciación de los CND;
- (iv) Determinación, dimensionamiento, costeo y georreferenciación de los TRIOT de conexión POITT, POITT-R y los Puntos de Intercambio de Tráfico Internacional;
- (v) Elaboración informe Final

Para efectuar las modelaciones, se utilizaron estimaciones previas realizadas por los estudios de demanda que se realizan en paralelo con la Subsecretaría de Telecomunicaciones, además de las anteriores se utilizaron estimaciones propias para el

adecuado dimensionamiento. Con ello se construyó un modelo de diseño paramétrico, el que ha sido ajustado a la última versión del estudio de demanda dispuesto por Subtel.

Levantamiento de información

Para finalizar el diseño de la TNIT, se realizó un levantamiento sistemático y continuo durante del desarrollo del estudio de la información bibliográfica, local e internacional atingente. Entre otra se ha revisado:

- a. Antecedentes relativos a especificaciones básicas para la construcción, operación y explotación futura de una TNIT;
- b. Antecedentes de todos los aspectos que inciden en la viabilidad técnica y las orientaciones de la implementación de una TNIT;
- c. Antecedentes que permitan elaborar un diseño técnico de la TNIT a nivel nacional, requerida para todo el consumo digital del país, proyectado a 5, 10 y 20 años;
- d. Antecedentes relativos a los periodos de vida útil típicos para este tipo de infraestructura;
- e. Antecedentes de demanda, técnicos y de tecnologías; de geografía, clima y de riesgos a embates de la naturaleza;
- f. Antecedentes de los principales estándares y recomendaciones técnicas de organismos reconocidos internacionalmente aplicables, como la UIT, Uptime Institute y las recomendaciones de los principales fabricantes de tecnología de telecomunicaciones mundiales como Huawei, Nokia , NEC y Eaton Power;
- g. Antecedentes territoriales y de aguas nacionales que inciden en el diseño de una TNIT;
- h. Antecedentes de robustez, resiliencia y respaldo, en particular los resultados del “Estudio sobre la resiliencia de la infraestructura para el Internet en Chile”, que se encuentra en desarrollo por parte de CORFO con participación de la Universidad de Chile;
- i. Antecedentes de concentración de demanda en los sectores industriales, hogares/personas e instituciones públicas;
- j. Antecedentes de topologías, arquitectura y capacidades;
- k. Antecedentes para definir al menos, un punto de acceso en cada comuna del país, así como en las zonas mineras y de observación astronómica de alto consumo de capacidad de transporte hacia el norte del país;
- l. Antecedentes de estándares de calidad promedio de la OCDE que mejore y garantice la resiliencia y redundancia de infraestructura para telecomunicaciones;
- m. Antecedentes para evaluar la pertinencia de más de una interconexión física a redes ópticas submarinas internacionales;
- n. Antecedentes para determinar puntos de interconexión y acceso regionales o zonales, que aseguren la eficiencia de uso de la TNIT, en materia de capacidad y velocidad para el transporte de señales entre regiones y con el NAP-Chile.
- o. Antecedentes para elaborar un diseño topológico de la TNIT que contemple acceso con infraestructura óptica para telecomunicaciones: A todas las capitales

regionales y comunas del país; a puntos geográficos necesarios para el desarrollo de la gran minería y astronomía en el norte del país; a punto geográficos que presenten requerimientos específicos en virtud de verticales productivas importantes para Chile, tales como la agroindustria; a ubicaciones o puntos geográficos necesarios para lograr, mediante futuras troncales locales de infraestructura a todos los establecimientos educacionales y organismos públicos del país.

- p. Antecedentes para definir la implementación y/o despliegue conjunto de: Troncal de Infraestructura Óptica Submarina: Subdividida en troncales zonales de infraestructura óptica submarina; Troncal de Infraestructura Óptica Terrestre: Subdividida en troncales zonales y/o regionales de infraestructura óptica terrestre; y Troncal de Infraestructura Radioeléctrica: Subdividida en troncales zonales y/o regionales de infraestructura radioeléctrica.
- q. Antecedentes para confeccionar un cronograma para la ejecución de las distintas etapas requeridas para una adecuada implementación de los proyectos técnicos de cada troncal propuesta y de la TNIT en su conjunto;
- r. Antecedentes para elaborar un diseño para la instalación, operación y explotación en zonas de mínimo gasto energético, de Centros de Datos Nacionales, a ser distribuidos en diferentes zonas del territorio nacional, con el objeto de garantizar la seguridad y disponibilidad de los datos ahí almacenados.
- s. Antecedentes para definir los principios de administración y de gestión para cada troncal propuesta y de la TNIT en su conjunto, con al menos: Una descripción del sistema de gestión y mantención a implementar, que señale, al menos, sus principales funcionalidades relacionadas con el monitoreo, la detección y localización de fallas, la gestión de alarmas activadas por los sensores instalados y el monitoreo de la infraestructura requerida; y Descripción de la implementación del monitoreo remoto y centralizado desde un Centro de Control y Monitoreo.
- t. Antecedentes para realizar la evaluación económica (CAPEX y OPEX) de cada uno de los diseños propuestos, para la instalación, operación y explotación de esta infraestructura, bajo la concesión de servicio intermedio que únicamente provee infraestructura para telecomunicaciones, con tarifas máximas reguladas;
- u. Antecedentes para confeccionar un mapa descriptivo y conceptual, de la TNIT, que la muestre en su totalidad y de modo desagregado, identificando claramente, con metadatos: la totalidad de los TRIOT, POIIT y POIIT-R por troncal y los Centros de Datos Nacionales (Data Center) propuestos, con las principales características técnicas y condiciones de operación que deben cumplir y con los costos asociados a su instalación y operación.

Para efectos de finalizar el diseño de la Troncal de Infraestructura Óptica , se siguió la metodología de, en primer término, finalizar el diseño de los Puntos de Operación e Interconexión de Infraestructura de Telecomunicaciones de Fibra Óptica (POIIT) y Radioeléctricos (POIIT-R), luego finalizar el diseño de los Centros Nacionales de Datos (CND), para en último término finalizar el diseño de los tramos de fibra óptica terrestre

(TRIOT Terrestre) y submarina (TRIOT Submarina), y así en conjunto se finalizó el diseño de la TNIT.

3.1.3.1. Limitaciones y alcances del estudio;

Este estudio se ha abordado como un proyecto de reemplazo, esto es, la TNIT ha sido diseñada para satisfacer la totalidad de la demanda del país sin considerar que hay capacidad existente. Esta situación sobre estima las exigencias de recursos financieros, pues por una parte, considera que no hay otras redes que absorben parte de la demanda del país con el consecuente sobredimensionamiento al menos de la capacidad de los equipos, y por otro lado, si bien es cierto la infraestructura existente -en particular de tendidos de fibra óptica- es necesario renovarla en buena parte, tiene aún años de vida útil que podrían ser utilizables en la medida que se logre una adecuada cooperación público privada.

La determinación de la topología terrestre se ha circunscrito a la red vial del país principalmente en la ruta 5, rutas costeras y caminos interiores. En materia de respaldo se ha incorporado una troncal submarina aprovechando la costa del país. La determinación de la capacidad de la infraestructura en materia de números de fibras, necesidad de repetidores y capacidad de equipos es resultado de las restricciones técnicas, estimación de la demanda de los centros de consumo y valor de la infraestructura recabado de los proveedores. En específico con Condumex, Nokia-Alcatel, Huawei, NEC y Eaton Power.

La determinación de la topología y dimensionamiento de los elementos de red de la TNIT, se ha realizado a nivel de ingeniería básica, al igual que la determinación de los montos de inversión y costos de operación. Por esta razón, los resultados podrían variar al momento de realizarse la ingeniería de detalle, aunque no de manera estructural.

Los principales entregables del estudio son la solución técnica determinada para satisfacer la demanda para los próximos 20 años, así como también el programa de inversiones y de gastos asociados al despliegue y sustento en el período de esta infraestructura.

Finalmente, como se indicó previamente, la TNIT es una red de transporte nacional de larga distancia y de Datacenter, que no incluye la red de acceso de última milla a clientes finales. Por lo tanto, es necesario tener presente que para proveer servicios a estos clientes debe considerarse dicha red de acceso.

3.1.4. ¿Cuáles son los avances que genera este estudio al Plan Nacional de Infraestructura (PNIT), que busca incentivar el desarrollo de infraestructura para telecomunicaciones, para construir la de base para la revolución industrial 4.0?

El Plan Nacional de Infraestructura es el proyecto más grande planificado en materia de infraestructura para la conectividad ya que busca unir a todo Chile a través de un tendido de fibra óptica aumentando la conectividad de transporte de datos, desarrollar despliegues regionales de fibra óptica, de acceso abierto, conectados a una columna vertebral de redes en todo el territorio nacional, junto con conectar a las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes según las políticas de zonas extremas.

En este sentido, la realización de este estudio de diseño para la Troncal Nacional de Infraestructura de Telecomunicaciones es un paso fundamental para el desarrollo del Plan Nacional, teniendo en cuenta que, como ya hemos dicho, esta Troncal Nacional será la columna vertebral para la infraestructura de telecomunicaciones del país, ahorrando costos de transporte de datos, generando una red nacional que proporciona un sólido respaldo y otorga altos niveles de confiabilidad para el desarrollo de la industria y para la seguridad y comunicación estratégicas de la nación.

La realización completa de este Plan Nacional de Infraestructura por tanto requiere del desarrollo de esta Troncal, siendo este estudio la pieza vital para su posterior implementación y construcción, generando las bases para los posteriores pasos a tomar por parte del gobierno para la consecución de los objetivos del PNIT.

3.1.5. Destacar las bases del PNIT y del estudio, del trabajo conjunto entre CORFO y SUBTEL.

El Plan Nacional de Infraestructura de Telecomunicaciones impulsado por SUBTEL busca que nuestro país cuente con la infraestructura adecuada a los desafíos de crecimiento económico y social del país. Dentro de los objetivos fijados para este plan encontramos²:

1. Mejorar las condiciones de infraestructura de telecomunicaciones, para generar ganancias de productividad y facilitar el crecimiento económico;
2. Establecer condiciones de equidad para que todos los chilenos tengan acceso a las tecnologías de información y comunicación (TIC), comenzando por zonas extremas y comunidades indígenas del país.

² Fuente: Desarrollo de las Telecomunicaciones en Chile, Subsecretaría de Telecomunicaciones, 2014.

Adicionalmente el Plan Nacional, ya establece metas y objetivos a desarrollar al año 2020:

1. El Estado planificará y liderará el desarrollo y uso de infraestructura en telecomunicaciones, mediante una alianza público-privada.
2. Avanzar hacia estándares OCDE en cobertura, precio y velocidad de internet a hogares.

En el cumplimiento de estos objetivos es que este Plan tiene como base 3 componentes principales:

- I. Adquisición y disposición de capacidad internacional.
- II. Red Nacional de Infraestructura de Telecomunicaciones.
- III. Capilaridad en redes de acceso al usuario final.

Como se puede apreciar el desarrollo de este estudio se enmarca dentro del componente de la Red Nacional de Infraestructura de Telecomunicaciones del PNIT, además de las posibilidades de conexión internacional que brindará la TNIT al país, lo que redundará en una mejora significativa en la calidad de los servicios de telecomunicaciones disponibles para la población y los diversos sectores económicos.

Así, el impulso y respaldo que ha otorgado CORFO para la concreción del PNIT ha sido fundamental, permitiendo el avance en esta etapa de estudios, entre los que se cuenta el que actualmente presentamos, y que permitirán dotar a la autoridad de los insumos suficientes para la toma de decisiones en políticas públicas para la concreción de este Plan Nacional, lo que incluirá la actividad del Fondo de Desarrollo de las Telecomunicaciones (FDT) así como las Concesiones de Servicios Intermedios que provean únicamente Infraestructura de Telecomunicaciones sumado a alianzas público privadas que permitan cumplir cabalmente los objetivos del plan y la materialización de las obras necesarias para aquello.

3.2. Objetivos del estudio;

Este estudio tiene como objetivo el presentar a la autoridad el diseño y la evaluación de costos para la construcción de una Troncal Nacional de Infraestructura, lo que se enmarca dentro del Plan Nacional de Infraestructura de Telecomunicaciones que lleva adelante esta administración, con el fin de operar y explotar una o más troncales zonales de infraestructura para telecomunicaciones que provean una alternativa de cobertura nacional a las redes comerciales existentes en el país.

Para efectos de lograr esto se considera un modelo concesional en el que se utilizará el esquema de concesiones de servicios intermedios de telecomunicaciones que únicamente provean infraestructura física para telecomunicaciones.

Por medio de este Informe se presentan el diseño de cada troncal de infraestructura de telecomunicaciones:

Troncal de Infraestructura Óptica Submarina: Subdividida en troncales zonales de infraestructura óptica submarina desde Arica a Puerto Montt, así como una solución híbrida, submarina y terrestre entre Puerto Montt y Puerto Natales que permite conectar el extremo austral por una vía alternativa al FOA, y requerida por este proyecto como ruta de respaldo.

Troncal de Infraestructura Óptica Terrestre, Subtroncales y zonas de acceso directo a la troncal: Cubre desde Visviri a Puerto Williams, e incluye aquellos enlaces radioeléctricos que en este informe se presentan.

También se presenta el diseño de los CDN propuestos para este estudio, incorporando directrices generales para ellos, posibilidades de ubicación, y los costos asociados tanto de inversión como de operación y mantenimiento. Se describen las posibilidades que generan para el Estado tanto en su administración como en la prestación de servicios para entes públicos y privados.

3.3 Principales antecedentes y resumen del diagnóstico de la situación actual;

En la actualidad no se cuenta con políticas públicas que lideren la industria de las telecomunicaciones a fin de generar un desarrollo funcional en los servicios de infraestructura para telecomunicaciones. En este aspecto solamente se cuenta con el Reglamento para Operadores de Servicios Intermedios de Infraestructura que únicamente provean infraestructura para telecomunicaciones, lo que ha significado que el desarrollo de las concesiones de infraestructura se ha dado históricamente por la iniciativa privada, sin perjuicio del impulso que han significado políticas como el Fondo de Desarrollo de las Telecomunicaciones, llevado a cabo por el Estado.

La infraestructura actual de transmisión con que cuenta el país, está basada en tendidos de fibra óptica, con su correspondiente electrónica de transmisión que la ilumina. Si bien el país cuenta hoy con tendidos de fibra óptica de propiedad de las principales empresas concesionarias de servicios intermedios, la naturaleza de estas redes se ha centrado en descremar las zonas de mayor concentración de demanda, siendo el 80% de la población atendido en el 23% las principales ciudades, mientras que el 20% restante de la población queda más relegado.

Sin perjuicio de los esfuerzos realizados por la autoridad a través de las contraprestaciones solicitadas a los concesionarios de servicios móviles en materia de atender las zonas más aisladas, es un hecho cierto la necesidad de incorporar más ciudades a esta conectividad y a la vez desarrollar la capilaridad necesaria, para conseguir que estos servicios logren llegar a esos usuarios.

También es una realidad, que, dadas las características geográficas del país, como se verá en mayor detalle más adelante, los trazados de fibra óptica actualmente en operación, se encuentran muy cercanos unos de otros, ya sea por ambos costados de la ruta 5 o separados entre la ruta 5 y la línea ferroviaria. Adicionalmente, estas redes troncales están por cumplir 20 años de antigüedad (en buena parte de su trazado). Esto hace que el país, sujeto a permanentes inclemencias de la naturaleza, sea vulnerable a la continuidad operacional de su red de transmisión, ya que los respaldos por sobre una tercera ruta son prácticamente inexistentes o bien disponen de una capacidad inferior a aquella necesitada.

Como se señaló previamente, los tendidos presentan distintos grados envejecimiento, siendo el más nuevo, el tendido entre Santiago y La Serena (a través de una ruta precordillerana), construido en forma tripartita por Entel, Movistar y Claro. Este tendido a la fecha no se encuentra iluminado, habiendo sido terminada su construcción durante el año 2015.

Le siguen, el tendido construido en forma conjunta por Entel y Claro, entre Valdivia y Puerto Montt. Este trazado dispone aún de una vida útil de aproximadamente unos 15 años.

Finalmente, ya cercanos al término de su vida útil, se encuentran los tramos Arica - La Serena de Entel, Claro y Movistar. También la red entre Santiago y Valdivia de las mismas compañías y entre Valdivia y Puerto Montt de Movistar. Esto sin perjuicio de algunas modernizaciones parciales que puedan haber sido hechas en los últimos años como parte de los planes de mantenimiento de esta infraestructura.

Estas redes suelen estar centradas en las principales ciudades que concentran la mayor parte de la población, quedando el resto de las localidades más bien relegadas a un segundo plano tecnológico o bien atendidas parcialmente por compañías más de nicho, especialmente GTD, en la zona centro y sur del país.

En cuanto a la tecnología, al día de hoy las empresas Claro, Entel y Movistar utilizan para su red troncal DWDM. Sólo GTD ha iniciado la iluminación con tecnología ROADM.

Respecto de las capacidades de soportar la demanda actual y futura de estas redes, en lo que se refiere a la electrónica, no representan un riesgo de corto o mediano plazo, por cuanto ello se encuentra cubierto por los procesos de “capacity planning”, de cada compañía, incorporando electrónica en saltos de capacidad más o menos discretos, dependiendo del tipo de tecnología utilizada. Sin embargo, esto se hace cargo de las zonas cubiertas con fibra óptica quedando parte de la demanda del país soportada en condiciones menos robustas.

La necesidad de modernizar los tendidos más antiguos de fibra óptica, es un requisito de inversión que apunta a una mayor disponibilidad, la que podrá ser complementada entre distintos trazados antiguos y nuevos, haciendo uso de la mayor disponibilidad que puede proporcionar tecnologías más modernas para el backbone de transmisión nacional, como ROADM.

Por último, los servicios de conectividad internacional, son provistos por empresas transnacionales dedicadas a este servicio, con puntos de presencia principalmente en Santiago y Valparaíso.

A esto se debe sumar el hecho, que las redes de telecomunicaciones son altamente centralizadas: Las iniciativas para aumentar la competencia o reducir costos, como portabilidad numérica y la eliminación de la larga distancia nacional, ha hecho necesario dotar de mayor inteligencia las redes de telecomunicaciones fijas y móviles, la que se encuentra concentrada en la zona central del país. De este modo, un corte doble de fibra óptica – como ya ha ocurrido – puede dejar a varias de las compañías proveedoras de servicios, prácticamente incomunicadas, al perder contacto con elementos esenciales de red, como los traductores de portabilidad numérica, HLR, HSS, DHCP, etc. Esta realidad pudo verse en marzo de 2015, cuando quedó incomunicado el norte del país. Por lo tanto, esta iniciativa apunta también a fortalecer una materia de seguridad nacional.

Los antecedentes descritos previamente, no son evidentes de encontrar en literatura, por tratarse del estado actual de redes de propiedad de privados. Sin embargo, el conocimiento experto de los miembros integrados por Regulación y Mercado Grupo Consultor, le permiten dar una opinión fundada de esta realidad, la que puede ser validada por la autoridad mediante un levantamiento oficiado a las diferentes concesionarias.

De esta forma, es indiscutible que el país requiere de una estructura de fibra óptica más robusta, a la altura de la realidad de nuestra naturaleza y que se puede conseguir, tal como lo señala la agenda digital, en una buena complementación público privada.

Este es un requisito esencial para poder pretender optar a ser un hub mundial hemisférico para el procesamiento de datos y las tecnologías de la información.

En cuanto a la evolución de las tecnologías de información y telecomunicaciones, se puede señalar que es indudable que en las últimas décadas se han producido importantes cambios en las sociedades, producto de su desarrollo tecnológico.

Chile no ha estado ausente a este fenómeno, sin embargo, dentro de los países que componen la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) –grupo al cual Chile pertenece desde el año 2010- nuestro país es uno de los que presenta una menor penetración de suscripciones de banda ancha fija, tal como se observa en la ilustración nº1:

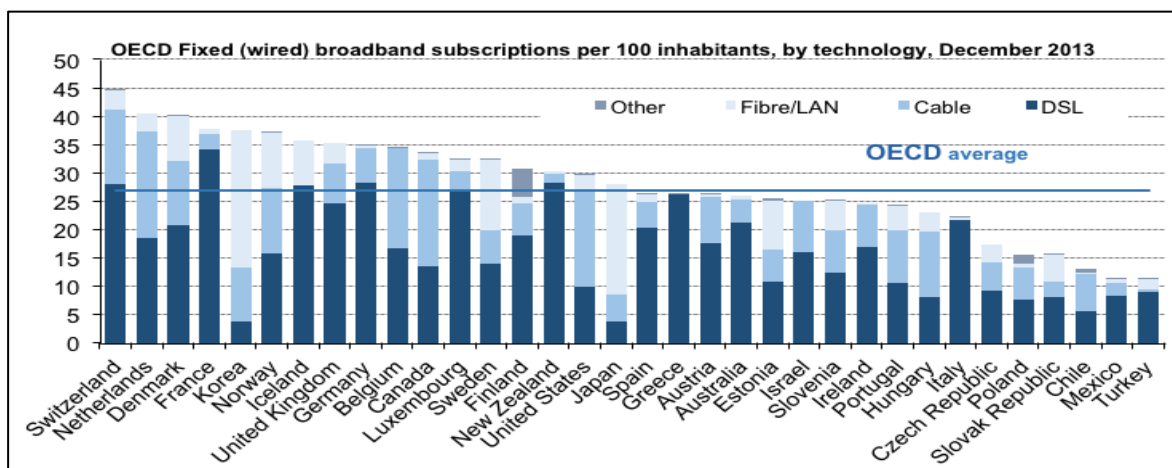


Ilustración 1: Penetración de Internet de Banda Ancha por cada 100 habitantes. (Fuente OCDE)

Para el caso de la banda ancha inalámbrica, el fenómeno es el mismo, como se observa en la ilustración nº 2, donde Chile supera solo a Turquía, Hungría y México.

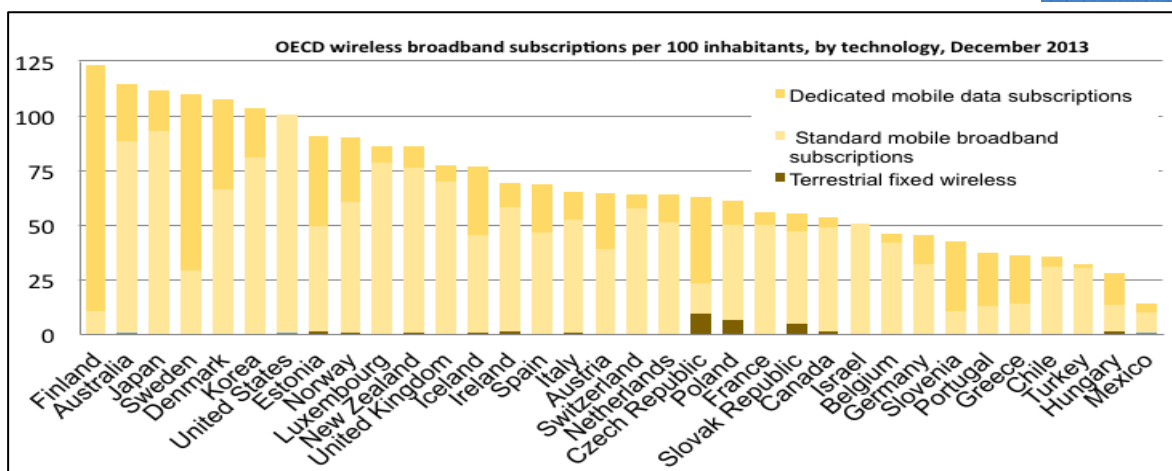


Ilustración 2: Penetración de Internet de Banda Ancha Inalámbrica por Cada 100 Habitantes (Fuente OCDE)

No obstante, lo anterior, un aspecto destacable es que en los últimos años Chile es uno de los países que más ha incrementado sus conexiones. De hecho, como se observa en la ilustración nº 3, en el año 2013 ocupa la primera posición en términos de crecimiento de conexiones de fibra:

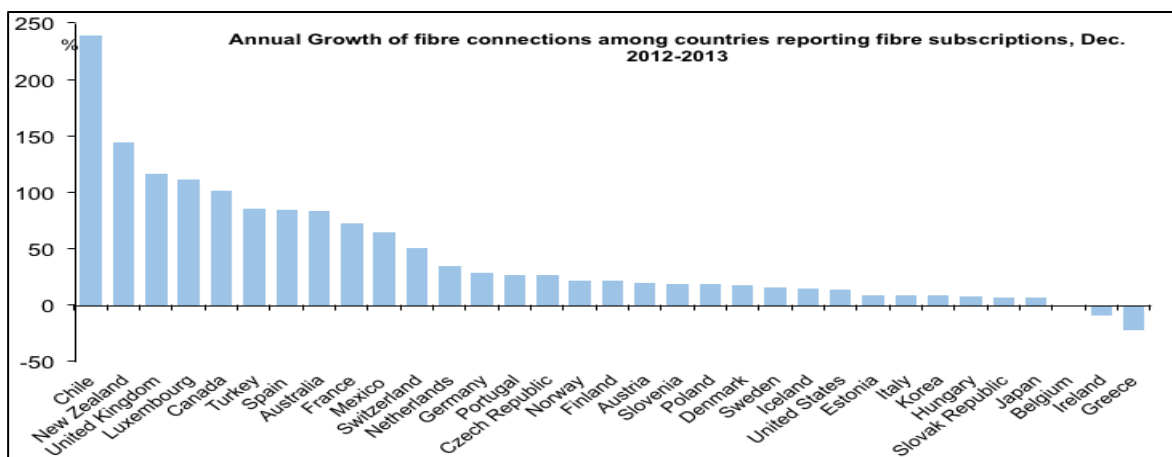


Ilustración 3: Crecimiento Anual de Conexiones por Fibra Óptica. (Fuente OCDE)

Por tanto, si bien la realidad muestra que el país posee aún bajos niveles de penetración en servicios asociados al acceso de internet, el crecimiento en la penetración de este tipo de servicios resulta ser prometedor.

Sin embargo, este crecimiento no ha sido parejo y al igual que en otras áreas, se observa una desigualdad importante entre niveles socioeconómicos y entre regiones. La ilustración nº 4 presenta la penetración de conexiones fijas para algunas regiones del país cada 100 habitantes. Como se distingue, dicha penetración es bastante dispar entre algunas regiones:

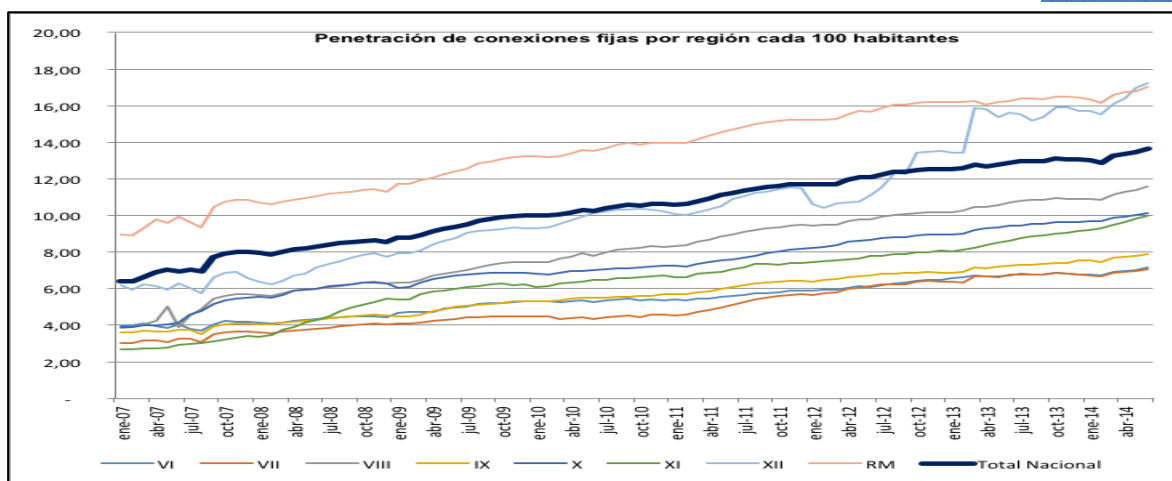


Ilustración 4: Penetración de conexiones fijas. Fuente: Elaboración propia en base a información de Subtel

La ilustración anterior, muestra la brecha digital existente en el país, entendida como la diferencia que existe entre sectores respecto al acceso a las herramientas tecnológicas de información y representa un desafío importante en países en desarrollo.

Es necesario mencionar que la brecha digital no solo está asociada al acceso a servicios de tecnologías de información, sino que también tiene que ver con factores asociados a la educación y al llamado analfabetismo digital.

Por ello, las políticas públicas que apuntan a disminuir la brecha digital deben abarcar múltiples dimensiones, e ir desde generar facilidades para lograr acceso a tecnologías de información hasta el desarrollo de programas que apunten a mejorar su utilización y por consiguiente el aprovechamiento de los beneficios que esta genera en el desarrollo de las sociedades.

Lo anterior se relaciona con el hecho de que la brecha digital puede ser explicada tanto por factores de oferta como de demanda. Los factores de oferta están relacionados con la cobertura tecnológica, por lo cual, aminorar la brecha digital explicada por los factores de oferta implica reducir las barreras que retrasan la inversión en infraestructura.

Por su parte, en lo que respecta a la brecha digital de demanda, esta se define como la diferencia entre los hogares que pueden tener acceso a servicios de banda ancha pero que no lo adquieren. Ahora bien, la explicación del por qué hogares no acceden a servicios de banda ancha, aun cuando existe oferta se relaciona tanto con factores asociados al interés de las familias en contar con el servicio como con factores de presupuesto, siendo este último el principal factor en países o zonas de ingresos bajos.

Respecto a la brecha digital de oferta, indudablemente está relacionada con la brecha de demanda. La tecnología y características de la industria de las telecomunicaciones, en la cual existen importantes economías de escala, hace necesario que exista demanda

suficiente que permita financiar la infraestructura y fuerte inversión en activos fijos que requiere el negocio.

En relación al punto anterior, son las zonas extremas y rurales donde se observa en mayor medida la coexistencia de importantes factores de oferta y demanda a la hora de explicar la brecha digital. En el caso chileno, la extensión del territorio y el fuerte centralismo determina que las regiones extremas del país y las zonas rurales cuenten con demanda insuficiente para financiar redes de telecomunicaciones, lo cual desincentiva el ingreso de privados en la provisión de servicios.

Ante esto, el Estado juega un papel fundamental en la generación de políticas públicas que apunten a reducir la brecha digital existente en el país. Para ello, es necesario articular políticas que la disminuyan.

Sin embargo, para el caso de zonas extremas del país y regiones rurales con bajo número de habitantes, antes de desarrollar políticas que apunten a disminuir la brecha digital asociada a demanda, es preciso contar con facilidades de acceso y existencia de infraestructura que permita entregar servicios de telecomunicaciones.

Producto de lo anterior, en varios países se han adoptado políticas estatales que tienen por finalidad incentivar la conectividad y la inversión en infraestructura, y por tanto disminuir la brecha digital asociada a factores de oferta.

Sobre la falta de inversión que influye en los factores de oferta que explican la brecha digital, el déficit en infraestructura asociada a las telecomunicaciones puede observarse en dos niveles:

- I. Inversión en la última milla
- II. Inversión en redes de transporte, de larga distancia (“Longhaul”) o locales e intermedias (“Backhaul”)

La falta de infraestructura es producto de baja demanda en zonas aisladas y rurales y de factores de competencia. Dada la existencia de economías de escala y de la fuerte inversión que requiere una red de telecomunicaciones, existen barreras a la entrada de nueva competencia. Además, los operadores incumbentes suelen ejercer poder de mercado respecto a potenciales competidores.

Respecto a la competencia en el sector de las telecomunicaciones, existen dos modelos ampliamente estudiados en la literatura:

- I. Competencia basada en infraestructura
- II. Competencia basada en servicios

La decisión de alguno de estos dos esquemas depende en primer lugar de la decisión de los operadores de participar en los mercados construyendo infraestructura o utilizando infraestructura del incumbente, y además depende de las políticas de gobierno y su decisión de impulsar o no la construcción de infraestructura.

La competencia basada en infraestructura o competencia inter-plataforma implica que cada operador cuenta con su propia infraestructura para operar la red.

En la competencia basada en servicios, los competidores entrantes utilizan la red del incumbente para prestar servicios, lo cual implica una menor inversión para el entrante y un menor riesgo puesto que no requiere montar una red propia. Este hecho disminuye las barreras a la entrada de potenciales competidores.

La competencia en servicios se puede generar por dos vías. Una primera alternativa consiste en la venta de servicios finales por parte del operador incumbente al entrante. El precio de venta cuenta con una tarifa menor que permite que el entrante pueda vender al usuario final los servicios con su propia marca y a la vez competir con el incumbente.

Con la finalidad de potenciar el ingreso de operadores de servicio en la última milla y por tanto acceso a servicios de telecomunicaciones en zonas de baja densidad y difícil acceso, en los últimos años se han evaluado e implementado una serie de proyectos que apuntan a mejorar e incentivar la inversión en infraestructura de telecomunicaciones, lo cual permitiría disminuir la brecha digital existente en el país.

De hecho, tal como señalan las bases de licitación, el Gobierno de Chile, ha instruido a la Subtel a promover el acceso equitativo e inclusivo a las telecomunicaciones, reduciendo la brecha digital, logrando que los beneficios de la sociedad de información estén disponibles para la población, en especial a quienes viven en zonas rurales y pertenecen a pueblos originarios. Para ello, la Subtel debe cumplir con el objetivo estratégico institucional de reducir la brecha digital mediante el desarrollo de proyectos y el otorgamiento de subsidios y autorizaciones a fin que los sectores más aislados y vulnerables del país accedan a los servicios integrados de telecomunicaciones, mejorando la conectividad en escuelas, comunidades indígenas, localidades rurales y zonas extremas, disminuyendo los costos de ancho de banda a través de la conexión de redes de alta capacidad.

Cabe hacer presente que como en toda economía de mercado, los agentes privados despliegan redes e infraestructura en aquellos lugares donde las rentabilidades privadas que obtienen de sus inversiones cubren los objetivos corporativos de sus accionistas, y es la administración pública quién sobre la base de ejercer su rol regulador y subsidiario quién por una parte controla que los privados no abusen de eventuales posiciones monopólicas, y por otra, incentiva el despliegue de redes e infraestructura en las zonas donde las rentabilidades privadas no permiten recuperar inversiones o simplemente rentan muy por debajo del costo de oportunidad que tienen los agentes privados.

En virtud de lo precedente, existen diversos modelos de intervención del estado que buscan cumplir el rol regulador y subsidiario del estado. En el caso de la banca, el estado a través del Banco Estado participa de la industria, con énfasis en la atención de los segmentos de la población y empresas que el resto de la banca no atiende, de igual forma en los segmentos competitivos en que participan los privados, cuando se advierte espacios de sobrerenta el Banco también actúa, un ejemplo de esto son las promociones

en materia de tasas para créditos inmobiliarios que no necesariamente están destinados a los segmentos medios, medios bajos de la población que ayudan a activar el sector y la economía en particular. Este sector además cuenta con la SBIF que regula el funcionamiento del sector. Otro ejemplo es precisamente el caso de las telecomunicaciones donde el rol subsidiario del estado históricamente se ha ejercido a través del Fondo de Desarrollo de las Telecomunicaciones, el que a través de distintos fondos concursables ha estimulado y financiado el desarrollo de redes en zonas aisladas, semiurbanas y rurales que ha permitido que los servicios lleguen a estos sectores. Por su parte el rol regulador se ha ejercido de diferentes formas, ya sea a través de normativas que impidan distorsiones de mercado, en este caso, también ha sido relevante el rol de los organismos de defensa de la libre competencia, y en el último tiempo se ha establecido una política de exigencias de contraprestaciones ante la asignación de recursos escasos como es el espectro radioeléctrico, estas contraprestaciones han permitido que la infraestructura y servicios 3 y 4G lleguen a los sectores aislados y rurales en forma simultánea y más masivamente. A la fecha las autoridades sectoriales no han estimado necesario replicar el modelo de la banca en este sector.

Las características particulares del país, así como también su distancia física respecto de los centros de actividad mundial hacen que el acceso a información, experiencia, y coordinación de manera remota, ayudan a minimizar importantes costos de traslado nacional e internacional, optimizando así este tipo de gastos que en Chile son significativos respecto a Santiago, centros urbanos, y otros países más cercanos a la actividad económica.

Existen estudios que indican que el acceso de la mayor población posible a internet, a la actividad digital, y a mejores y mayores velocidades, se traducen en crecimientos del producto geográfico bruto, por consiguiente, en mayores ingresos para el país. De igual forma este acceso masivo y de calidad a la actividad digital tanto de la población como de las empresas implica al menos mantener la competitividad de las personas y su industria, en particular, en lo que dice relación con el capital humano y sectores económicos priorizados o de reconocida competitividad internacional.

La situación actual del despliegue de redes de alta velocidad a los hogares e industrias muestra que existe un alto porcentaje de la población y empresas, que no cuentan con este tipo de servicios e incluso, en aquellas zonas donde existen redes, las personas y empresas tampoco acceden en su totalidad. En otras palabras, se advierte carencias de acceso y algún déficit en materia de competencia puesto que los servicios de banda ancha presentan precios a público por sobre los benchmark internacionales.

La situación precedente permite aventurar la necesidad de disponer de una Troncal Nacional de Infraestructura de Telecomunicaciones que por un lado cierre la brecha de acceso a las redes de fibra óptica ultrarrápidas entre las localidades aisladas y de menores ingresos con las más rentables y ubicadas en torno a los centros de información, así como también para estimular la competencia y el ajuste de cobertura y

valor de este tipo de servicios que se proveen en las ciudades y localidades más cercanas a los centros de información y con actual suministro.

Es probable que el sector privado, ya sea con recursos financieros privados o públicos, hoy día esté más preparado para proveer servicios finales. El Estado podría iniciar el estudio y posterior materialización de una política pública que permita el despliegue y operación de una Troncal Nacional de Infraestructura de Telecomunicaciones, comenzando por estimular el despliegue de infraestructura mayorista en los lugares donde no existe, así como también, en lugares donde se percibe algún tipo de insuficiencia competitiva y donde el mercado no está funcionando adecuadamente, lo que se refleja en precios sobre el equilibrio. Las bondades de estimular este tipo de servicios de infraestructura es que los terceros que proveen los servicios finales dispondrán de alta capacidad y velocidad para suministrar voz, datos y video, en términos competitivos aumentando la cobertura de los mismos ya sea a través de los operadores tradicionales y/u operadores locales y regionales que se desarrollen sobre la base de esta infraestructura disponible.

Si este tipo de política de estimular el despliegue de infraestructura, así como también la competencia a nivel de esta infraestructura no produce efectos a corto a plazo, sin duda por la importancia de conectar al país en su totalidad a la actividad digital, el Estado debiera evaluar estimular el despliegue y provisión de servicios de conectividad a los usuarios finales.

3.4. Síntesis del análisis y resultados

El diseño de la TNIT se ha hecho considerando los más recientes estudios de demanda dispuestos por Subtel. Se basa en una solución que permite la prestación de servicios de transporte punto a punto y fibra óptica oscura.

El diseño no contempla la capa IP/MPLS, la que puede ser adicionada a este diseño, proporcionando una mayor eficiencia en el uso del ancho de banda.

Para su dimensionamiento se han contemplado todas las capitales regionales, capitales comunales y localidades de más de 5.000 habitantes proyectada a 10 años. A esto se suma la incorporación de los principales centros astronómicos y mineros, como también las principales verticales productivas y los requerimientos de las municipalidades.

No se ha utilizado tasa de compresión u overbooking en el diseño, de manera que el servicio al cliente final sea de una calidad óptima. Al ser la red de transporte simétrica para las capacidades dimensionadas, ella permitirá una mucho mejor experiencia en el tráfico de subida, que al ser hoy asimétrica. Por ejemplo, hoy limita experiencias en aplicaciones como video conferencia, juegos u otras que requieren de mayor ancho de banda en esta dirección.

Se ha considerado usar tecnología ROADM, ya que permite manejar simultáneamente más rutas alternativas de conectividad vía fibra óptica, obteniendo una significativa mayor disponibilidad que la solución tradicional de DWDM sobre anillo.

Los anillos DWDM pueden conectar un nodo por sólo 2 rutas de fibra óptica. Ello implica que ante un corte doble, en forma simultánea, ciertas zonas quedarán definitivamente sin servicio. El efecto avalancha de las reconexiones ante eventos de este tipo, pueden ser dramáticas en la recuperación de una red, especialmente si esta es de tipo móvil.

La tecnología ROADM, es muy parecida a la DWDM, solo que maneja conmutadores en la capa óptica (capa 0), que le permiten mirar hasta 9 rutas diferentes de fibra óptica en vez de sólo a 2 como ocurre en la tecnología DWDM. Esto aumenta considerablemente la disponibilidad de la red y su resiliencia ante cortes, al aplicar el concepto de restauración de la redundancia por una nueva ruta ante cortes.

Se ha contemplado en la gran mayoría del país, tres trazados de fibra óptica. Un tendido Submarino tipo festón de 19 tramos entre Arica y Carelmapu, y uno adicional a Ancud. Además de 8 tramos entre Puerto Montt y Puerto Williams que permiten la conectividad al extremo austral en forma complementaria al proyecto FOA. El tendido submarino, no usa electrónica en la planta húmeda, lo que hace el proyecto más simple y

económico. A la vez, puede ser habilitado como una troncal de paso para un eventual cable internacional que llegue al sur de nuestro país. La fibra óptica a utilizar es de 8 pares o 16 filamentos, por ser la más ampliamente utilizada a nivel mundial.

Los tendidos terrestres, son dos: Uno por la ruta costera y otro más hacia el interior, prioritariamente a través de la ruta 5 en mayor extensión. Estos tendidos han sido diseñados en forma soterrada y aérea, dependiendo de diferentes condiciones ambientales y de seguridad, de manera de lograr un razonable equilibrio entre costo y confiabilidad. Adicionalmente, existe el cierre de anillos zonales, en trayectorias estos – oeste, por caminos secundarios. Se han contemplado cables de alta capacidad. Esto es de 96 filamentos, ya que el costo de la cantidad de los mismos no es incidente en el costo total del proyecto y representan una base estratégica de infraestructura a futuro.

También es posible que estos tendidos en parte pudieran hacerse a través de las líneas de transmisión eléctrica, una vez que se realice la ingeniería de detalle. En este caso se recomendaría el uso de fibra ADSS y no OPGW, debido a las mayores facilidades de mantenimiento y menor exposición a la fatiga de material que representa la primera solución.

La TNIT ha sido dimensionada para soportar un tráfico total de 20 Tbps para los próximos 10 años. En dicho período debe ser renovada la electrónica por obsolescencia, mientras que la fibra óptica, terrestre y submarina, tendrá una duración de entre 20 y 25 años. Con esto se consigue una solución que satisfaga las necesidades de transporte troncal nacional por los próximos 20 años.

El transporte de la TNIT, esta considerado como canales dedicados punto a punto, entre cada localidad de origen y Santiago, donde se prevé se sigan concentrando las salidas internacionales de los proveedores de transporte internacional. Asimismo está contemplada la oferta de fibra oscura por tramos. No obstante ello, es también posible configurar canales punto a punto entre dos localidades cualquiera del país.

La red se administra en forma centralizada y se pueden proveer canales dedicados, los que se provisionan desde un único punto central de la red (NOC – o Centro de Operación de Redes por sus iniciales en inglés- con sus sistemas de gestión respaldado geográficamente), según los requerimientos de los clientes en puertas que pueden ir desde los 10 Mbps hasta los 100 Gbps. Cómo se indicó previamente, estos son canales dedicados y que pueden llevarse a capa 3, con la importante mayor eficiencia que esto implica en términos de uso de los recursos de red.

La TNIT resultado del diseño cubre un total de 409 ciudades y localidades, considerando un total de 423 sitios de red: 62 nodos ópticos un su red troncal y otros, 241 nodos subtruncasles que incluyen 40 repetidores, 106 nodos de acceso directo, así como 14 puntos de repetición exclusivos. Los anillos y tendidos de fibra óptica terrestre y submarina suman en total 24.479 Kms, de los cuales 4.426 Kms corresponden a cable submarino y 20.053 Kms a fibra óptica terrestre, cuyo 63% corresponde a fibra óptica

terrestre soterrada y el restante 37% a fibra óptica aérea. El diseño también consideró 3 Data Centers emplazados en las regiones de Antofagasta, Metropolitana y Los Lagos.

El costo de transporte Internacional ha venido a la baja, en forma consecuente las economías de escala que ha provocado el incremento del tráfico. Se estima que en la actualidad, el costo del Mbps entre Santiago y Miami, incluida la terminación en la red internacional de Internet, puede estar cercano a los 1,5 US\$ para compras de capacidades iguales o mayores de 10 Gbps a 20 años, sin respaldo. Sin embargo, este costo se puede hacer más eficiente, evitando enviar todo el tráfico internacional hacia el extranjero. Esto se puede mejorar a través de una CDN (Content Delivery Network), que traiga el contenido internacional al país, como asimismo a través de conexiones directas (peering) con los principales proveedores de contenido como Akamai y Google. Se estima que aproximadamente el 50% del total del tráfico de internet que sale del país, a lo menos, puede ser contenido localmente, con el ahorro que ello implica.

Para la Operación y Mantenimiento de la TNIT, se debe contar con un Centro de Operación de Redes o NOC. Este se recomienda ubicar en Santiago y con Redundancia Geográfica, ya que está más cercano a la mayor concentración de demanda de tráfico y cuenta con más facilidades para la operación y mantenimiento. Opera en régimen 7x24 y posee un plan de recuperación ante desastres.

Su rol es operar y mantener la TNIT, como también provisionar los servicios para clientes finales. Cuenta con el sistema de supervisión y administración de la red, que le permite identificar el desempeño y fallas desde el software hasta la electrónica, pasando por la identificación del punto exacto de un corte de fibra óptica.

Dispone de un sistema de monitoreo centralizado de variables ambientales de los nodos, como detección de intrusión (apertura de puerta y movimiento), presencia o ausencia del suministro de red eléctrica, grupo electrógeno funcionando, temperatura, humedad, detección de incendio, nivel de combustible en los estanques de petróleo, nivel de carga de las baterías, cámaras de visión remota, entre otras funcionalidades.

Dependiendo del tipo de falla y de la criticidad que esta presenta para la operación, es que se hace uso de personal de campo distribuido a nivel nacional, para concurrir como manos remotas especializadas a efectuar labores de mantenimiento asistido o autónomo. Para las funciones más críticas este personal es propio y para las menos complejas, se puede entregar a empresas terceras que lo manejen.

La operación de esta red, requiere de unas 332 personas distribuidas a nivel nacional, más contratos de mantenimiento con proveedores de tecnología, empresas de planta externa y de clima, fuerza y obras civiles.

La inversión estimada para el despliegue de esta infraestructura es de USD 1.009 millones, mientras que su costo de operación y mantenimiento anual es del orden de USD 39 millones.

3.5. Principales conclusiones y recomendaciones

Se advierte de los análisis realizados, que la construcción de la TNIT, es necesaria y se justifica plenamente dado que las actuales redes comerciales, se encuentran concentradas en el 23% de las ciudades que agrupan el 80% de la población y por lo tanto de la demanda. De esta forma queda 77% de las localidades a ser atendidas. Resulta poco factible esperar que dicha población sea servida por proyectos únicamente privados.

Esta red, adicionalmente, proveería cobertura de servicios de alta calidad, eliminando una barrera de entrada (que es la capacidad de transporte nacional), para ofrecer servicio en estas localidades no cubiertas y, asimismo, abrir la competencia en el acceso al 80% de la población cubierta tradicionalmente por las redes comerciales. Ahí se debería esperar un efecto de baja en los precios por mayor competencia, lo que estimularía una mayor penetración de la banda ancha fija.

Dado el estado de las actuales redes, en términos de su antigüedad y vulnerabilidad, este proyecto es una iniciativa de importancia estratégica para el país, ya que no solo abre la competencia en la capa de transporte, sino que permite una red de telecomunicaciones más apropiada a las características de su naturaleza, marcada por desastres naturales.

Dada la baja en los costos que ha presentado la fibra óptica y la existencia de caminos, resulta económica y técnicamente atractivo, conectar la mayor cantidad de localidades con esta tecnología. La fibra óptica es pasiva y solo requiere energía en sus extremos para la electrónica que la ilumina (normalmente cada 150 Kms)³. Esto es competitivo con soluciones de microondas que son caras en términos de la obra civil, tendido eléctricos y provee una capacidad, distancia y calidad inferior.

La virtualización de redes y el cloud computing, han pasado a convertirse en una solución altamente atractiva, ya que permiten gran densidad de capacidad de cómputo y almacenamiento, lo que puede representar una enorme eficiencia para el estado y también una solución para la incorporación al mundo digital de zonas aisladas que habitualmente presentan problemas en sus equipos terminales y cuyos usuarios carecen del conocimiento apropiado para su corrección.

Los beneficios de estas inversiones, ya sean pública, privadas o mixtas, se reflejan en el mediano plazo en una mayor productividad de las personas y de la industria nacional.

³ Lo anterior según lo informado por los proveedores de equipamiento.

Asimismo, llevar las telecomunicaciones a zonas habitualmente aisladas y territorialmente extensas, que puede contar con un mejor apalancamiento para su plusvalía y desarrollo.

También es importante recalcar, que esta iniciativa, propuesta adecuadamente a los principales operadores actuales, puede contar con su colaboración dada la necesidad que ellos tienen de modernizar sus redes. Una adecuada colaboración público privada, en esta materia, implicaría que resulte factible la implementación de la TNIT, con desembolsos del estado inferiores a los del valor del proyecto.

En materia de modelos de negocio, el estado puede seguir estimulando inversiones y velar por una adecuada competencia y ejerciendo su rol subsidiario a través del FDT, o bien puede incorporar el modelo de la banca al sector incorporándose como un actor relevante en la provisión de servicios de infraestructura mayorista.

Es menos probable que los operadores existentes se interesen por las redes subtruncasles que cubren localidades de menor demanda o por la red submarina, que definitivamente no lo hace y su función en netamente de respaldo.

Otro hecho a tener en consideración es que se puede estimular la inversión conjunta con la actuación activa del estado en materia de eliminación del subsidio a los terminales móviles, pues con ello elimina una distorsión que muy probablemente está afectando la inversión en red en el sector.

El estado puede fomentar un operador nacional o varios operadores zonales, para llevar a cabo este proyecto, con las ventajas y desventajas de cada modelo ya descritas.

La imposibilidad de incorporar a los privados, por el desinterés y/o las bajas rentabilidades que adviertan o cualquier otro motivo, y la prioridad e importancia estratégica de digitalizar el país que vea el estado, justifica el ingreso de éste a la industria de banda ancha fija. En este escenario, es importante tener en cuenta que el estado competirá con las actuales operadoras, luego su pronóstico de market share debe restringirse. En este escenario, puede resultar relevante el auto suministro de servicios de banda ancha fija a las reparticiones del estado, municipios, etc. De manera que estos servicios ayuden a financiar la operación de este actor estatal.

En materia regulatoria, los escenarios de modelos, apuntan por una parte a: establecer las condiciones que deben cumplir los operadores relevantes que decidan invertir en el despliegue de parte de las redes troncales de la TNIT en forma conjunta y las condiciones en materia de acceso y precios mayoristas que deben cumplir, también es necesario definir las regulaciones, proceso concursal y programa de licitaciones de redes de fibra óptica provinciales, comunales y otras para desplegar las partes de desinterés de los operadores relevantes de desarrollar sobre la base de inversiones conjuntas. Para el otro escenario, probablemente una modificación legal legitime la incorporación del estado como un nuevo actor del sector, aunque si hay empresas del estado que estén habilitadas -como podría ser TVN- también es un camino que podría ayudar a avanzar en esta línea de trabajo.

Los escenarios de negocios intermedios, en principio no requieren mucha innovación legal o regulatoria, pues se realizarían sobre la base del actual FDT, si exigen innovación en materia de especificación de las obligaciones que se impondrán en las bases, pues es necesario que las concesionarias se interconecten entre sí, tengan obligaciones mayoristas preestablecidas, tengan las correspondientes contraprestaciones que permitan desplegar la parte submarina de la red troncal, así como también las sub redes troncales no rentables, el establecimiento de SLA's, y de obligación de información que facilite la fiscalización preventiva y correctiva del concesionario adjudicatario, entre otros.

4. Antecedentes

4.1. Diagnóstico situación actual de la infraestructura para telecomunicaciones en Chile

El país se caracteriza actualmente por poseer redes de transporte de larga distancia de las compañías Entel, Claro, Movistar, GTD e ISA (Ex Internexa). Estas redes se encuentran autorizadas por medio de concesiones de servicios intermedios y/o públicos, por lo que en este recuento no se considera a la infraestructura óptica correspondiente a aquella perteneciente a concesionarios de servicios limitados.

Tanto Claro como Entel son poseedores de una fibra conjunta construida hace casi 20 años, entre La Serena y Arica, a través de las torres de alta tensión de Transelec. En el mismo tramo Movistar posee su propio tendido aéreo por la ruta 5.

Entre Santiago y La Serena, Entel, Claro y Movistar poseen tendidos propios por Transelec vía ferrovía y ruta 5 respectivamente. En este mismo tramo está disponible un tendido tripartito de Entel, Claro y Movistar, por ruta precordillerana que une Santiago con La Serena.

La conectividad internacional oceánica del país se obtiene por medio de tres sistemas submarinos establecidos en los años 1999 y 2000. Estos tres sistemas son los siguientes:

- I. PAN-AM, Cable Panamericano, del consorcio de igual nombre, inaugurado en Arica en 1999. En Chile sólo Entel y Telefónica son parte del acuerdo. Capacidad original 2,5 Gbps, ampliado a DWDM con 4 lambdas de 10 Gbps para Arica. Fuente TYCO SN y ex asesor y consultor en Chile para AT&T SSI y TYCO SN.
- II. SAC, originalmente SAC-1 de Global Crossing y actual Level 3, año 2000, capacidad inicial 40 Gbps ampliada a 6,5 Tbps, playa de amarre en Valparaíso, fuente Level 3, aunque el mercado señala que es sólo de 3,8 Tbps
- III. SAM-1 de Telefónica, también TIWS por Telefónica International Wholesale Services, año 2000, Arica y Laguna Verde (Valparaíso) capacidad inicial 40 Gbps ampliada a 1,92 Tbps, fuente TIWS y antecedentes de la industria.

Más antecedentes de la conectividad internacional oceánica del país y futuros proyectos en este ámbito se presentan en el punto 5.2.4.3.

De Santiago hacia el Sur, tanto Entel como Movistar y Claro, poseen sus propios tendidos y acuerdo de respaldo, los que se complementa con los tendidos de Internexa y GTD.

El tramo hacia Punta Arenas, es provisto tanto por Claro como por Movistar, en configuraciones redundantes a través de la vecina república de Argentina. Mayores detalles de este punto se describen en el ítem de más adelante, titulado “Situación Actual de Infraestructura POIT/R, CND y TRIOT”.

Un factor a tener en consideración, es que todas las redes que operan a nivel troncal en Chile, están basadas mayoritariamente en tecnología DWDM. Esta es ya una tecnología obsoleta, puesto que se basa principalmente en dos rutas: Una principal y otra de respaldo. Asimismo, no contemplan dinámicamente más rutas de respaldo, aun cuando hayan tendidos de fibra óptica disponible y a la vez manejan de forma separada la capa de red IP/MPLS. Esto redundante en altísimos costos de interfaces para conectar las redes de nivel óptico y de datos. Asimismo hace un uso ineficiente de los elementos de red, al llevar todo el tráfico a Capa 3, en vez de enrutarlo directamente al destino por tecnología óptica, cuando este tráfico no tiene destinos intermedios.

Hoy en día, redes fotónicas ROADM que pueden manejar hasta 9 rutas de fibra óptica independientes, reconfigurando dinámicamente trayectorias y que integran la capa óptica y de datos, son una solución enmallada que puede sacar mucho mayor provecho a la infraestructura disponible, para obtener redes más eficientes y más seguras.

En relación a las necesidades de red troncal para cubrir los requerimientos de transporte por los próximos 20 años, la verdad es que se pueden hacer varios análisis de la matriz de tráfico y de las capacidades en cada punto con el objeto de soportar el tráfico.

No obstante, lo señalado, la experiencia demuestra que esto suele funcionar de otra manera:

En primer lugar, se debe maximizar la conectividad en fibra óptica a la mayor cantidad de puntos posibles, así sea este el de puntos de presencia de una red troncal, como el acceso a la residencia del cliente o un eNodeB de LTE. La Fibra óptica es y seguirá siendo, por excelencia, la vía de comunicaciones de más alta velocidad y eficiente para altos volúmenes de tráfico y bajo retardo. Esto último, un factor pocas veces considerado, pero tan importante como el ancho de banda en sí mismo.

El segundo factor es que las redes de fibra óptica deben complementarse en materia de respaldo y en más de una ruta principal y otra de respaldo. En particular para un país como Chile. Hoy existe en el país una normativa⁴ al respecto, pero es factible sacarle

⁴ Se refiere a la Ley N° 20.478 de Sobre Recuperación y Continuidad en Condiciones Críticas y de Emergencia del Sistema Público de Telecomunicaciones. En el Título VIII, “De las Infraestructuras Críticas de Telecomunicaciones” en su Artículo 39ª señala: “El Ministerio, por medio de la Subsecretaría de Telecomunicaciones, desarrollará un plan de resguardo de la infraestructura crítica de Telecomunicaciones del país, con el objeto de asegurar la continuidad de las comunicaciones en

situaciones de emergencia resultantes de fenómenos de la naturaleza, fallas eléctricas generalizadas u otras situaciones de catástrofe. Para este efecto tendrá las siguientes atribuciones:

- a) Coordinar con los diversos organismos e instituciones de gobierno y con los agentes privados, el diseño, implementación, desarrollo y mantención de la política y plan de resguardo de las infraestructuras críticas de telecomunicaciones.
- b) Declarar como infraestructura crítica, mediante resolución fundada y de acuerdo al procedimiento establecido en el reglamento, las redes y sistemas de telecomunicaciones cuya interrupción, destrucción o corte o fallo generaría serio impacto en la seguridad de la población afectada. El concesionario podrá reclamar de esta declaración ante el Ministro, dentro del plazo de diez días, acompañando los antecedentes que fundamenten la solicitud. Presentada la reclamación se dará traslado a la Subsecretaría, que deberá evacuar un informe dentro de los diez días siguientes a la recepción del oficio en que se le haya solicitado. Vencido este plazo, el Ministerio resolverá dentro de los treinta días siguientes a la fecha de recepción del informe o del transcurso del plazo, según corresponda. Los recursos que se interpongan en contra de dicha resolución se regirán por lo establecido en la ley N° 19.880.
- c) Establecer las medidas de resguardo que deberán adoptar los concesionarios, permisionarios o licenciarios, para la operación y explotación de sus respectivas infraestructuras de telecomunicaciones que hayan sido declaradas como críticas, con el objeto de asegurar la continuidad de las comunicaciones en los términos referidos en sus propios proyectos técnicos, en aquellas situaciones de emergencia descritas en el encabezado de este artículo. El concesionario podrá reclamar de una o más de las medidas decretadas ante el Ministerio, dentro del plazo de diez días, acompañando los antecedentes que fundamenten la solicitud. Presentada la reclamación, se dará traslado a la Subsecretaría, que deberá evacuar un informe dentro de los diez días siguientes a la recepción del oficio en que se le haya solicitado. Vencido este plazo, el Ministerio resolverá dentro de los treinta días siguientes a la fecha de recepción del informe o del transcurso del plazo, según corresponda. Los recursos que se interpongan en contra de dicha resolución se regirán por lo establecido en la ley 19.880.

Artículo 39 B: Un reglamento contendrá las definiciones, procedimientos, medidas y requisitos para que la Subsecretaría de Telecomunicaciones, dentro de la esfera de su competencia, implemente el plan de resguardo de la infraestructura crítica de telecomunicaciones del país. Las medidas de resguardo que se impongan en el reglamento deberán ser estrictamente proporcionales a la cobertura de servicio que preste dicha infraestructura, además de técnica y económicamente viables de implementar por parte de los operadores del servicio. Asimismo, deberá establecer un plazo dentro del cual los concesionarios implementen estas medidas en forma gradual, tomando en cuenta los factores técnicos de dicha implementación.”

Por su parte, el Reglamento para la Interoperación y Difusión de la Mensajería de Alerta, Declaración y Resguardo de la Infraestructura Crítica de Telecomunicaciones e Información Sobre Fallas Significativas en los Sistemas de Telecomunicaciones, califica en su artículo 24, como Infraestructura Crítica de Nivel 1, letra f, a los cables de fibra óptica de rutas entre regiones o accesos internacionales.

Debe tenerse en consideración, que por sí solo, ningún concesionario de servicios intermedios de telecomunicaciones, posee una red de fibra óptica respaldada a nivel nacional. El respaldo se consigue gracias a acuerdos entre privados, que permiten disponer de más de una trayectoria de fibra óptica entre dos puntos de repetición o regeneración. De no ser por estos acuerdos, ante cualquier corte de fibra óptica troncal, se generaría una situación de indisponibilidad a gran escala en la red de telecomunicaciones nacional.

El marco normativo citado previamente, da, a nuestro entender, las atribuciones a la autoridad, para establecer una exigencia mayor a las políticas de respaldo de fibra óptica, que el mero acuerdo entre privados y de esta forma sentar los criterios técnicos que permitan contar con una red de alta disponibilidad haciendo el mejor uso de la infraestructura existente, sin incurrir en costos adicionales y en directo beneficio de las mismas concesionarias, los usuarios y la seguridad nacional.

muchísimo mayor provecho, a la luz de múltiples trayectorias de respaldo, obteniendo un beneficio equitativo para todos los operadores. Por lo tanto, ello es factible sin que signifique un detrimento para un operador en particular o un beneficio inadecuado para otro.

El tercer aspecto a considerar es la electrónica a utilizar. Independientemente de todos los casos de estudio de demanda que se puedan hacer, para desplegar una nueva red troncal, debe utilizarse la tecnología más moderna y de mayor capacidad disponible, que haga sentido con la demanda proyectada al plazo de la vida útil de los equipos. Es un hecho absolutamente cierto que dicha tecnología no durará más de 10 años en cuanto a soportar la capacidad de tráfico⁵. Es por esta razón que las empresas de telecomunicaciones no suelen depreciar contablemente este tipo de equipamiento a más de 10 años, porque quedará obsoleto antes.

También es importante recalcar que, dadas las características de las redes actuales de fibra óptica (en especial por su antigüedad), sería recomendable que el país construyera una fibra óptica Submarina tipo festón como una buena solución de respaldo de la red terrestre.

Existe también otro tipo de solución submarina, llamada Trunk and Branch, que puede representar una solución técnica alternativa al tendido submarino en forma de festón. Sin embargo, no es necesariamente recomendable si el objetivo principal es complementar una única red submarina y terrestre. Esto, porque se trata de una solución más cara, no segmentable y con electrónica en la planta húmeda, aunque con una eventual mayor disponibilidad.

Por último, hacia aquellas zonas en que no resulte viable llegar con fibra óptica (materia discutible por los costos y capacidad del tendido de las redes de microondas), pueden desplegarse redes de microondas de alta capacidad.

En la actualidad, cada compañía es dueña y opera sus propias plataformas de transmisión. Esto a nivel de la electrónica de capa 1, capa 2 y capa 3 (IP/MPLS).

Los únicos acuerdos en materia de transporte que a la fecha se han dado, son los de respaldo mutuo a través de fibra oscura, pero cada una de ellas usa la electrónica propia de cada una de las compañías.

Asimismo, en los últimos años, han surgido acuerdos de desarrollo conjunto, que han permitido llevar a cabo inversiones más eficientes, pero sólo a nivel de tendidos físicos.

La normativa de los operadores móviles virtuales, ha permitido una evolución de los servicios entre operadores, pero por ahora sólo limitados a las redes de acceso móviles

⁵ Lo señalado en función de la experiencia en despliegue de redes del equipo consultor, así como de la vida útil de los equipos informada por los proveedores contactados para la elaboración de este estudio y los plazos de depreciación contemplados en los estudios tarifarios.

En cuanto a los puntos de concentración para tráfico nacional e internacional, El punto de intercambio de tráfico nacional, para Internet, se encuentra ubicado en la ciudad de Santiago. Este tráfico representa el 6% del total de tráfico de Internet. El 94% del tráfico de internet es internacional.

Para el tráfico internacional, normalmente los ISP de los operadores están también en la ciudad de Santiago y se conectan a los proveedores de red en esta ciudad y, esporádicamente, en Valparaíso.

Los proveedores de tráfico internacional para Internet más usados, son tres: Lan Nautilus, Level 3 y TIWS. Los dos primeros tienen sus principales puntos de interconexión en Santiago, mientras que el tercero ofrece la posibilidad de hacerlo también en Valparaíso. Esta alternativa, aunque viable, es poco usada ya que el precio no varía significativamente dependiendo si la conexión es en una u otra de las ciudades mencionadas, pudiéndose evitar el costo de entregar el tráfico en Valparaíso ya que los ISP están en Santiago.

Lan Nautilus, Level 3 y TIWS, permiten estructurar rutas hacia Estados Unidos, a través de los océanos Pacífico y Atlántico, siendo preferida la ruta a través del primero, ya que permite conseguir un menor retardo hacia el NAP de Las Américas en Estados Unidos. En este país, el acceso a Internet, y el ruteo del tráfico es provisto por proveedores como NTT, COGENT, TNET, TATA y TELIASONERA.

Aún cuando el tráfico internacional de Internet, representa el 94% del total, solo la mitad de este sale del país. El otro 50% es entregado localmente en Santiago, a través de peering con Google y con Akamai. También se encuentran centralizadas las funciones de caching.

Excepcionalmente, debido a los altos costos en transmisión, existen soluciones dedicadas de Caching en la ciudad de Punta Arenas, con el fin de reducir los requerimientos de transporte a la ciudad de Santiago.

Ya se ha descrito en profundidad la estructura principal de las redes de fibra óptica existentes en el país, señalando sus fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora.

Idealmente la ramificación de la fibra óptica debe llegar a todas y cada una de las casas, escuelas y empresas del país.

Una de las principales barreras de entrada para poder desarrollar proyectos de acceso de alta velocidad, sobre redes fijas, hacia los usuarios finales, es la disponibilidad de una red de transporte nacional.

En la medida que este servicio de transporte nacional se pueda resolver de manera estructural, la posibilidad de que nuevos actores de menor tamaño puedan operar servicios residenciales o empresariales, en zonas específicas del país menos desarrolladas, se hace posible y con un riesgo menor para inversionistas que emprendan.

También es necesario tener presente que, en las zonas más pobladas, existen redes ya desplegadas que pueden mejorarse para brindar un servicio óptimo al cliente final. Entre estas redes, podemos hablar de las redes HFC de VTR y Claro, las que en protocolo DOCSIS 3.1, pueden llegar a ofrecer velocidades de hasta 1 Gbps de bajada al cliente final. Actualmente en protocolo DOCSIS 3.0, los servicios comerciales alcanzan a los 50 Mbps, velocidad bastante apropiada para las aplicaciones prácticas y para los objetivos de la Agenda Digital 2020.

Movistar por su lado, dispone de una red XDSL, la que si bien es cierto no permite competir de igual a igual con la red HFC, puede mejorar de manera sustantiva. Esto se puede llevar a cabo a través del despliegue de redes de fibra óptica urbana, acercando la última milla de cobre al cliente final de modo de mejorar las velocidades de Internet ofertadas y hacer más creíble la oferta de servicio, que muchas veces decepciona a los clientes.

Sin embargo, el común denominador para las mejoras de estas redes de acceso es que cada una de ellas tenga acceso a las redes troncales e internacionales en velocidades altas y también en alta disponibilidad.

El tráfico de la Pyme, presenta un comportamiento diferente al del segmento residencial. No obstante, la consolidación de ambos es necesaria para un dimensionamiento compuesto, dado que las redes de datos deben ser dimensionadas para soportar la demanda conjunta durante la hora cargada. Pese a ello, es la demanda residencial la que pesa más en la hora cargada que se usa para el diseño.

Las principales variables que deben ser tenidas en consideración a la hora de planificar la demanda y los requerimientos de infraestructura de Internet, son las siguientes:

- I. Comportamiento Horario: A diferencia de lo que ocurre en el segmento residencial, el tráfico de la Pyme, tiende a concentrarse de mayor manera durante los días hábiles. Asimismo, los picos de tráfico suelen ocurrir alrededor de las 11:00 y las 17:00 horas. En el segmento residencial esta concentración de tráfico ocurre entre las 22:00 y 23:00 horas. Normalmente, a nivel agregado, el dimensionamiento para el segmento residencial, constituye un criterio que soporta también el tráfico de la Pyme por cuanto el primero es el mayor y se diseña para el peor caso.
- II. Simetría del Tráfico: A diferencia de lo que ocurre en el segmento residencial, los requerimientos de la Pyme, tienden a ser mucho más simétricos. Esto se debe a que en su calidad de tales, son tanto requirentes de tráfico, pero a la vez oferentes de contenido. Esta es la razón por la cual los servicios asimétricos no son una buena alternativa para este tipo de clientes, debiendo contar con una capacidad de uplink mayor, más cercano a razones 1:2 o 1:1 entre subida y bajada. En el segmento residencial esta relación es más bien del tipo 1:10. Esto influye por ejemplo en la calidad de aplicaciones como

videoconferencias para el segmento residencial ya que la subida de la señal de video no cuenta con el ancho de banda apropiado.

- III. Tamaño: En el segmento de la Pyme es también relevante. Esto lo determina la cantidad de empleados que posee, para definir sus necesidades de conectividad de banda ancha. A mayor cantidad de empleados con acceso a TIC, mayor es también su requerimiento.
- IV. Tipo de Actividad: Esto es también un factor incidente en el tipo de tráfico. Compañías dedicadas a la distribución de contenido o desarrollo de medios audiovisuales, son evidentemente más intensivas en requerimientos de internet que por ejemplo empresas de auditoría o consultoría. De tal forma que una segmentación apropiada por actividad también es una forma de identificar patrones de tráficos que contribuyan a la demanda agregada total. Para el segmento residencial, el patrón es más estable y predecible.
- V. Cloud Services: Hoy en día, la oferta de servicios en la nube, como “Software as a Service”, o Capacidad de Cómputo en la Nube, hacen que los equipamientos terminales puedan ser menos poderosos en términos de capacidad de procesamiento y estas capacidades residan en grandes Datacenters. Esta modalidad de uso hace necesario contar con una capacidad de interconexión a la nube mucho mayor y en consecuencia mayores necesidades de conectividad de datos e internet.
- VI. Aplicaciones: Nuevas aplicaciones como IoT (“Internet of Things”) o D2D (“Device to Device”), requerirán de más ancho de banda. Aplicaciones como televigilancia, telemetría, control a distancia, etc, van a surgir como necesidades inminentes para el incremento de la productividad. Este tipo de aplicaciones será exigente en necesidades no solo de anchos de banda, sino también que de retardo para poder manejar interactividad y control en tiempo real.
- VII. Zona Geográfica: Al igual que en el caso del segmento residencial, las zonas más aisladas tienden a presentar un consumo más intensivo de datos. Muchas veces debido a la lejanía, así como a la dificultad y el tiempo de traslado. Aplicaciones como teleconferencia o telepresencia, se transforman en herramientas de trabajo y productividad que permiten reducir los costos y tiempos de traslado.

No obstante lo descrito, se puede decir que “no solo de redes de acceso, transporte nacional e internacional vive Internet y las redes de datos”. Es un hecho geográfico que nuestro país es lejano a los grandes centros de desarrollo y conocimiento. Por lo tanto, no solo la conectividad troncal e internacional (y su respectiva disponibilidad) resultan esenciales para proveer un servicio de calidad. El retardo (delay) es crítico, en especial para aplicaciones que requieren de interacción en tiempo real, más relacionadas a aplicaciones de control vinculadas al mundo empresarial y productivo.

Este escollo se mitiga en parte a través de las CDN o “Content Delivery Networks”, como también a través del peering nacional con los principales proveedores de contenido,

tales como Google, Netflix, Youtube, Akamai, etc., y asegurando un ancho de banda apropiado en toda la cadena de acceso a Internet. La interconexión directa con otros países (especialmente sudamericanos) y no necesariamente a través de Estados Unidos, también es importante para mejorar el retardo.

Las tecnologías móviles e inalámbricas para la conectividad, estarán lideradas por WiFi y LTE. La primera de ellas, será de carácter más bien indoor, debido a la naturaleza de banda no licenciada. Esta será utilizada en ambientes más controlados de interferencia. Como soluciones públicas, podrán estar disponibles en zonas acotadas para garantizar una calidad de servicios apropiado.

LTE será la tecnología inalámbrica prominentemente dominante. Es factible que a las bandas de 700 MHz y 2.600 MHz licenciadas para esta tecnología, se sumen a las de 1.900 MHz y las de 850 MHz, con una oferta única de servicios inalámbricos basados en LTE, con un Core IMS, sobre el cual correrán las distintas aplicaciones, incluida la voz (VoLTE).

Desde este punto de vista, Chile dispone de una cantidad muy significativa de espectro asignada a los operadores, para garantizar un desarrollo más que óptimo de las tecnologías móviles, en comparación con el resto de los países del mundo. Incluso con algunas bandas subutilizadas como la AWS y la de 3,5 GHz para WiMax. Esto se traduce en que a mayor espectro se requiere menor cantidad de antenas y por lo tanto menor inversión por usuario. Sin embargo, cada uno de los sitios que irradian esta tecnología (eNodeB), deberán estar conectados con fibra óptica hacia el core, de manera de poder atender las necesidades de sus clientes (700 clientes simultáneos por sector y anchos de banda no menores a 350 Mbps agregados por cada eNode B), 10 veces la capacidad de la red 3G.

Sí es importante en este sentido, buscar las alternativas tecnológicas y regulatorias que faciliten el expedito despliegue de la infraestructura de sitios móviles (en la medida que sean imprescindibles), de modo de poder proveer la adecuada densidad que se requiere para satisfacer las velocidades y calidad de servicio comprometida, en un plazo razonable. La actual normativa de la Ley de Torres, ha provocado una barrera de entrada o de crecimiento para los operadores con menor infraestructura, respecto de aquellos más consolidados al momento de promulgar esta ley, dando a estos últimos una ventaja en términos de calidad y ralentizando el programa de inversiones de los demás.

Por la naturaleza de las estructuras de costos, es muy probable que LTE continuará siendo una tecnología para soportar la telefonía móvil de voz y de alta velocidad cuando el cliente se encuentre fuera de su hogar. Este migrará a WiFi en su hogar cuando se encuentre en él ya que los modelos de precios continuarán siendo variables en las redes móviles (es decir pago por volumen de consumo), a la vez que en las redes fijas el modelo de cobro se orientará a las velocidades y no al volumen. Este fenómeno estará determinado por la naturaleza y envergadura de los costos y capacidades de unas y otras redes.

El proceso de dimensionamiento de los requerimientos para soportar el tráfico de internet, parte por identificar los patrones de tráfico del mercado nacional. Estableciendo zonas geográficas de concentración de la demanda.

Una vez conocida la concentración de la demanda, por zona geográfica para el tráfico nacional, es necesario determinar el patrón horario de consumo, con la respectiva concentración horaria, y los niveles de agregación natural que se producen en el tráfico, de modo de poder determinar el tráfico concurrente durante la hora cargada.

Una vez determinado este patrón para cada año, se conocerá las características de las redes troncales y capacidades internacionales para soportarlo en su totalidad, sin congestión en la hora cargada.

Tal como se señaló en el punto anterior, la relación con la demanda de infraestructura, se establece a partir de la determinación de la capacidad de los nodos que deben atender las diferentes localidades del país, para poder efectuar add drop de tráfico en dicho punto, y la capacidad total de tráfico que ese nodo debe soportar, teniendo presente las condiciones de respaldo que se requiera satisfacer y el paso del tráfico agregado que debe manejar.

Como se ha señalado previamente, es necesario comprender que alrededor del 23% de la población del país no tiene acceso a servicios de Internet de alta velocidad, ya que no cuenta con la infraestructura apropiada para poder ofrecer una interconexión como es requerida. Por lo tanto es necesario buscar la forma de cubrir esta población.

También es necesario entender que el país tiene redes de acceso, insuficientemente explotadas⁶ como HFC y XDSL, que pueden mejorar sus prestaciones a través de

⁶ La frase hace relación a los niveles de penetración de las redes de acceso. Si se observa la información histórica de las publicaciones a sus accionistas de las empresas VTR, Movistar y Claro (principales proveedores de Banda Ancha residencial) más información del mercado, es posible determinar que esas compañías poseen aproximadamente la siguiente cantidad de accesos y penetración:

Tecnología		Accesos Disponibles	Accesos Ocupados	% de Ocupación
VTR	HFC	2.200.000	2.200.000	38%
Móvistar	XDSL	3.000.000	1.146.000	38%
Claro	HFC	1.900.000	390.000	21%
TOTAL		8.100.000	2.736.000	34%

Se puede observar de la tabla anterior que el país cuenta con unos 2,7 millones de hogares con conexión de banda ancha (60% de penetración sobre hogares), para una oferta de acceso con una capacidad de 8,1 millones. Esto revela una cantidad importante de infraestructura de acceso ociosa, a menos de que sea tal el nivel de superposición de estas redes, que ello limite su oferta.

inversiones marginales y actualización tecnológica, así como un fomento a la demanda en las zonas de cobertura.

El país debe poner énfasis en el desarrollo de una CDN, para disminuir los costos de la interconectividad internacional (que concentran la mayor parte del tráfico de internet) y a la vez mejorar su calidad.

Las redes troncales, hoy están desarrolladas con tecnología DWDM. Es recomendable incentivar acuerdos entre las compañías para la incorporación de redes fotónicas ROADM que puedan manejar múltiples grados de redundancia. Esto contribuirá a mejorar la disponibilidad de las redes en un país afecto a los avatares de la naturaleza como lo es Chile y a la vez puede generar economías importantes al integrar las capas de transporte y de datos disminuyendo las inversiones en infraestructura para al mismo tiempo ofrecer un mejor servicio.

Las redes actuales, presentan condiciones de disponibilidad que no pueden permitirse en el país. La red norte es vulnerable por las razones ya señaladas, contando con un respaldo submarino parcial. La red entre La Serena y Puerto Montt, si bien cuenta con varios tendidos de fibra óptica, estos pueden utilizarse de mejor manera incentivando acuerdos de respaldo entre los distintos operadores, modernizando la electrónica, lo que producirá una ganancia considerable en la disponibilidad de las redes.

En cuanto a la conectividad hacia Punta Arenas y el extremo Sur, Chile no es geopolíticamente independiente. Esta es una situación que debe apelar a la independencia y soberanía del país por lo que se recomienda incentivar con subsidio del Gobierno un tendido por territorio chileno.

Por último, cabe señalar que la antigüedad de las redes de los actuales operadores necesitan de una renovación a lo menos parcial. En nuestra opinión un tendido nuevo, submarino y terrestre, que busque mejorar y extender la conectividad como una iniciativa gubernamental, podría contar con el apoyo de las actuales operadoras que tienen sus redes de fibra óptica alcanzando los límites de su vida útil.

Cabe destacar que, como ya se indicó, del tráfico total de Internet, solo el 6% tiene destino dentro del país. El otro 94% es internacional, pero solo un 50% de ese total realmente ocupa los circuitos internacionales en forma permanente, ya que el resto, se entrega en Peerings locales o bien, empleando técnicas de Caching y CDN. Sin embargo, aún cuando la totalidad de esta capacidad internacional no se utilice, debe tenerse en consideración la necesidad de mantener dichos circuitos ociosos, en la eventualidad que fallen los peering locales, toda vez que ellos no cuentan con acuerdos de niveles de servicios formalmente establecidos y ante una falla sea necesario reenrutar este tráfico hacia Estados Unidos.

En la gráfica siguiente, se muestra la distribución del tráfico de Internet.

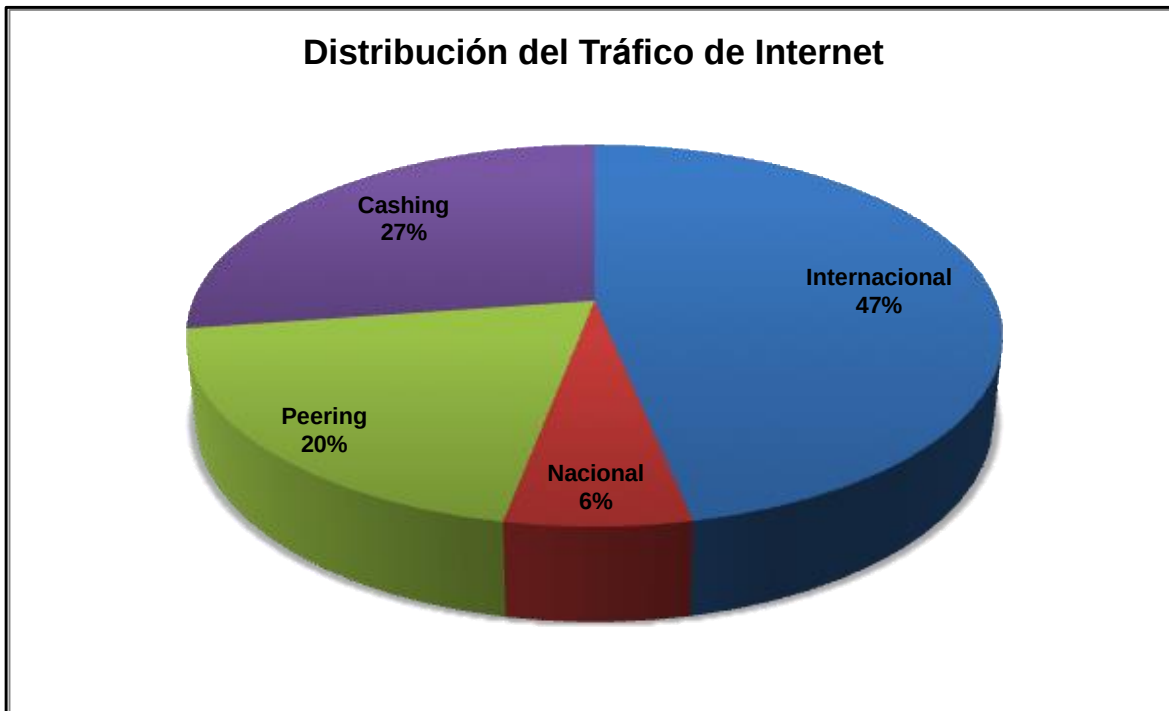


Ilustración 5: Distribución del Tráfico de Internet

En cuanto a las políticas de transporte, el tráfico suele ser concentrado en Santiago, donde se distribuye hacia los proveedores de transporte internacional y también donde se encuentran los peering nacionales y de los más importantes proveedores de contenido. Este tráfico es transportado a nivel de capa 3 en tecnología IP/MPLS, sobre redes de transporte DWDM, las que se encuentran respaldadas a través de fibra oscura, sobre la base de acuerdos privados implementados entre los principales concesionarios de servicios intermedios.

Respecto de las velocidades a los clientes finales, el criterio más utilizado es el de asegurar la capacidad para el 100% del tráfico requerido en la hora cargada y bajo criterios de “capacity planning” o de planificación de capacidad, asegurar las holguras para soportar el crecimiento por, a lo menos, el periodo necesario para implementar las ampliaciones de la red. De esta forma, para un comportamiento normal de uso del servicio, deberían poder ser soportadas sin restricción alguna, las capacidades contratadas por los clientes.

Los circuitos internacionales se encuentran bastante holgados en general, pero dimensionados para soportar la demanda necesaria ante una eventual falla.

También son recurrentes las fallas de transporte internacional, provisto por Level 3, TIWS y LAN Nautilus. Son circuitos de casi 10 mil kilómetros para conectar a Chile con Miami y se presentan fallas no solo de eventuales cortes de fibra óptica internacional, sino que también de la electrónica de transmisión. Esto es considerado en las políticas de

diseño y de operación, para disponer de las capacidades necesarias para que el tráfico sea asumido por otro proveedor ante la eventualidad de una falla de este tipo.

En general se privilegia como circuito principal la ruta del Océano Pacífico, ya que presenta menor retardo hacia Miami que la ruta a través del Océano Atlántico. Es por esta razón que en caso de corte de un proveedor, el principal efecto que los clientes observan es un aumento de la latencia mientras dura la falla. Si bien esto no es muy crítico para las aplicaciones más comunes de bajada de contenido, si es muy relevante para las aplicaciones de tipo interactivo.

Como políticas de operaciones, todas las empresas operadoras, cuentan con un Centro de Operación de Redes, o NOC, el que opera en un régimen 7x24. Los NOC se encuentran estructurados para resolver fallas de hasta cierto nivel de complejidad y coordinar las acciones de terreno ya sea con contratistas especializados o bien con el personal propio de campo. Respecto de este último, en el caso de las principales concesionarias, cuentan con presencia regional en todo el país para atender todos los requerimientos dentro de un tiempo de llegada que permita resolver las fallas sin generar una exposición mayor a la red y sus servicios.

En caso de fallas de mayor complejidad, estas son escaladas a las plataformas especializadas internas, las que operan en un régimen 5x8 más alistamientos. En caso de situaciones aún más complicadas, están los contratos de mantenimiento con los proveedores de tecnología, los que suelen operar en régimen 7x24.

Las redes están diseñadas prácticamente con todos sus componentes duplicados, de manera que, ante falla de uno de ellos, sus funciones son absorbidas por el respaldo, durante el período necesario para proceder a su reparación.

Las fallas más recurrentes son de tipo eléctrico y los cortes de fibra óptica terrestre. Estos normalmente se deben a intentos de robo, vandalismo, accidentes de tránsito e incendios. El tiempo medio de reparación es de unas 8 horas aproximadamente, período durante el cual, la mayor parte de las redes queda en condición 1+0. Si durante este período se produce un corte en la misma troncal dentro del mismo tramo entre equipos regeneradores, se producirá un evento de una falla mayor a nivel nacional. En el caso de los tendidos submarinos, los cortes son mucho menos frecuentes, pero su reparación puede tomar entre tres y cuatro semanas.

El otro tipo de falla de alta recurrencia, es de tipo eléctrico. Todos los nodos que forman parte de la infraestructura crítica y otros de menor jerarquía, cuentan con grupos generadores, rectificadores, UPS y bancos de baterías como respaldos que aseguran su continuidad operacional por a lo menos 48 horas. En nodos de menor importancia, se utiliza respaldos de baterías con autonomías de entre 4 y 8 horas.

En los últimos años, también una condición de riesgo que se ha tornado bastante frecuente, está relacionada con ataques de denegación de servicio. Estos en su gran mayoría provienen del extranjero. Generan una cantidad extremadamente alta de tráfico

entrante, durante cortos períodos de tiempo, dirigidos a rangos de direcciones IP propias de un operador en particular. Varias compañías han debido implementar soluciones tecnológicas para mitigar dichos ataques, incorporando equipamiento especializado en sus ISP, para analizar la totalidad del tráfico en tiempo real y limpiar aquellas componentes asociadas a ataques. De no incluirse este tipo de tecnología, puede haber una alta vulnerabilidad de los servicios y su continuidad, no solo en internet, sino en la totalidad de los servicios prestados por un concesionario.

Otra actividad de alta importancia en la operación son las intervenciones programadas en la red. Estas deben hacerse como parte de la necesidad de crecimiento, recambio tecnológico por obsolescencia, o bien para solucionar fallas que, si bien no afectan el servicio, deben corregirse porque ponen en riesgo a la red.

Estos trabajos, en general se tratan de implementar en horarios de bajo tráfico (entre la 1 y 7 de la mañana), con el propósito de minimizar el impacto a los clientes. También existen compañías que lo hacen en horario normal, apelando a los respaldos durante la intervención y a optimizar los costos de recursos humanos. Las intervenciones programadas se evalúan en función del riesgo y la cantidad de clientes que pueden afectar, adoptándose en función de ello, políticas de menor impacto en su ejecución.

Finalmente, respecto de las redes móviles, estas son utilizadas tanto para los servicios tradicionales 2G, 3G y LTE, como también para servicios de telefonía fija inalámbrica. Este último servicio, ha resultado bastante exitoso, en particular en la empresa Entel.

Si bien la banda de 3,5 GHz, de la cual Entel posee 100 MHz y Claro con VTR 50 MHz cada uno, está destinada a servicios fijos inalámbricos, la falta de terminales, su elevado costo y las condiciones de penetración de esta frecuencia, no han hecho que este servicio se masifique. Actualmente se ven varias soluciones en tecnología LTE, para esta banda, lo que hace pensar que seguramente ella será utilizada en el futuro para el acceso en forma complementaria a las de 700 MHz, 850 MHz, 900 MHz, 1900 MHz y 2.600 MHz para servicios LTE.

Dicho lo anterior, se concluye, que tanto los servicios de telefonía móviles como de telefonía fija inalámbrica, en la práctica operan sobre las mismas redes móviles existentes.

La tecnología 2G, ya es obsoleta y se encuentra con tasas de disminución de su tráfico del 40% interanual y de un 24% en la cantidad de usuarios de acuerdo a las estadísticas de Subtel. Con ello es de esperar que dentro de los próximos dos años, esta tecnología prácticamente sea eliminada, redestinando su espectro radioeléctrico a las redes 3G y 4G en forma paulatina.

Hoy en día, las redes móviles 3G y 4G, operan en forma complementaria. Es así como los servicios de voz utilizan una tecnología denominada CSFB ("Circuit Switched Fall Back") que permite a los clientes que se encuentran en la red LTE, bajar a la red 3G

para el establecimiento de una llamada de voz, ya sea esta generada o recibida por el abonado móvil.

En el futuro, esta tecnología será reemplazada por un Core IMS (“IP Multimedia Subsystem”), en que la voz se proveerá directamente sobre la red LTE (VoLTE o “Voice Over LTE”). Esta tecnología permite un servicio de calidad muy superior en voz que la red 3G. Su diseño está hecho para soportar la voz en alta fidelidad para su espectro acústico y el tiempo de establecimiento de llamada es casi inmediato. Sí es importante tener presente que para poder proveer este servicio se requiere una cobertura bastante homogénea de la red 4G, lo que aún no es una realidad. Es por esta razón que durante el año 2015, tanto Entel como Móvistar llevaron a cabo sus primeras llamadas en VoLTE, pero no han lanzado comercialmente el servicio. Por su parte Claro, aún no lo implementa.

Con lo señalado, es posible concluir que el Core 2G será eliminado, el de 3G será mantenido en sus actualizaciones, para poder seguir operando, mientras finalmente se migra todo a LTE, en cuyo caso las empresas ya cuentan con su Core producto de las recientes asignaciones de espectro en las bandas de 700 MHz y 2,600 MHz y sólo deben consolidar la parte correspondiente a la tecnología IMS para prestar VoLTE.

En cuanto al acceso, Chile es un país que dada su baja población y las políticas públicas para el concurso por el espectro radioeléctrico, dispone de una cantidad muy importante para asegurar un buen servicio. Esto también influye en una menor inversión en acceso por cliente, ya que por la vía de múltiples portadores es posible administrar de mejor forma la capacidad de la red de acceso. No obstante lo señalado, esto tiene un límite, a partir del cual el espectro radioeléctrico no puede resolver los problemas de cobertura o capacidad de una red móvil, siendo necesaria la densificación de antenas. Esta situación es una materia importante de observar, ya que las empresas con menor desarrollo de sus redes como WOM y Claro, quedaron con una desventaja importante respecto de Movistar y Entel al momento de publicarse la ley de torres. Esta ley ha ralentizado el despliegue de las mismas, haciendo más difícil para las compañías más pequeñas igualar en cobertura y capacidad a la más grandes. No obstante el desarrollo más masivo de las Small Cells, existe todavía una diferencia estructural en la oferta de acceso difícil de superar.

Normalmente los Core de las empresas móviles, se encuentran concentrados en Santiago o en las principales ciudades. A ellos se conectan las antenas a través de un acceso de fibra óptica a estas últimas, en especial las de LTE, para poder soportar el alto ancho de banda que esta tecnología necesita. Tanto la transmisión del acceso como la interconexión de y hacia los elementos del Core, se hace sobre tecnología IP/MPLS que opera sobre redes de transmisión DWDM y ROADM que iluminan fibra oscura.

Los antecedentes expuestos, corresponden a la realidad observada en la industria, por parte de los consultores que forman parte del grupo que ha desarrollado este diseño y han servido en ella por más de dos décadas.

4.2. Técnicos

En los siguientes capítulos se presentan los antecedentes técnicos que dan sustento al planteamiento de diseño de la TNIT. En particular en cuanto a las tecnologías recomendadas por el equipo consultor para la implementación de la Troncal, así como aquellas fuentes que proveyeron los datos para las modelaciones de demanda y dimensionamiento de los equipos necesarios para la configuración de una Troncal que, no sólo provea de la infraestructura para el desarrollo de los actuales servicios de telecomunicaciones, sino que se proyecte para la satisfacción de las futuras necesidades del país con holgura.

4.2.1. Tecnologías

4.2.1.1. Fibra oscura

La fibra óptica oscura, o fibra oscura, corresponde a un concepto, que se atribuye filamentos de fibra óptica desplegados por algún operador de telecomunicaciones, que no están iluminados con electrónica. Tienen como finalidad ser arrendados a terceros o ser utilizados en futuras ampliaciones de la red. Esto es, porque la inversión de despliegue de una red óptica es muy alta y se dejan filamentos remanentes, por lo tanto, si en un futuro es necesario ampliar la red, no es necesario realizar una nueva instalación de cables de fibra, volviendo a realizar una inversión costosa. Esto debido a que el costo de una fibra de 16, 32, 64 o 96 filamentos es marginal, si se compara con el despliegue total de una red. Según la NFN National Fiber Networks.

Los cables de fibra óptica terrestre, actualmente tienen diferentes números de filamentos los cuales pueden ser 8, 16, 32, 64, 96, 128, etc. Las redes de fibra oscura pueden ser usadas para redes privadas o como redes de acceso a internet o de infraestructura de internet. Además, permite a los usuarios corporativos incrementar su capacidad de banda ancha, flexibilidad de sus redes de área amplia (WANs). Esto último es posible porque las redes ópticas permiten la transmisión de cualquier aplicación o protocolo. También se debe considerar que al momento de arrendar o vender un camino óptico, no solamente se puede arrendar el cable físico de la fibra, sino que se pueden concesionar longitudes de onda, para que particulares puedan hacer uso, ya que dentro de una misma fibra óptica se pueden transportar alrededor 88 longitudes de onda diferentes o incluso más, con la tecnología actualmente disponible, según lo señalan los principales fabricantes de esta tecnología.

En particular para el diseño de la troncal nacional, se considera el siguiente modelo de capas:

Capa física: Esta capa corresponde a los tendidos de fibra óptica oscura, ya sean estos terrestres o submarinos.

Sobre la fibra oscura, la red será iluminada por electrónica de transmisión basada en tecnología ROADM, de forma tal de poder utilizar al máximo dichos tendidos para garantizar una máxima disponibilidad. La fibra submarina, mirará hacia la red ROADM transformándose en una ruta más para esta última. La electrónica Submarina estará diseñada solo para operar con equipos de red en tierra, evitando cualquier elemento activo en la planta húmeda. Esto con el propósito de actuar como respaldo a la red terrestre y evitar los costos de mantenimiento o el crecimiento de la electrónica sumergida que puede resultar excesivamente onerosa y lento.

Finalmente, la red se dimensionará con filamento de fibra oscura remanentes (se espera que por cada tendido de cable físico la TNIT ocupe entre 2 y 6 de estos filamentos). De esta manera, quedará disponible una cantidad importante de los mismos (no menos de 90), en la eventualidad que el objetivo de esta red sea vender la fibra oscura como un producto. Todo esto según el criterio experto de los consultores encargados.

Esta oferta es independiente de la electrónica a utilizar y simplemente se entrega en el ODF (“Optical Distribution Frame”), de los puntos en que se oferta el servicio y se termina una vez vendidos los filamentos destinados para este propósito.

4.2.1.2. Sistemas DWDM

Los sistemas Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) en español Multiplexación Compacta por División de Longitudes de Ondas. Viene de la Multiplexación por división de longitud de onda (WDM). Este es un método de multiplexación que se basa en la propiedad de las fibras ópticas de transmitir simultáneamente varias longitudes de onda sin interferirse, en donde cada longitud de onda representa un canal óptico sobre el cual se transporta un servicio. DWDM combina más de 88 longitudes de onda de hasta 100 Gbps, en las bandas de 1550nm a 1600nm. Esta técnica requiere de un multiplexador y un demultiplexador óptico. Además, a diferencia de CWDM, DWDM consigue un mayor número de canales ópticos ya que reduce la dispersión cromática de cada canal mediante el uso de un láser de mayor calidad, para que cada uno de los canales ocupen menor ancho de banda y dentro de la misma fibra, alcancen más longitudes de onda sin

solaparse entre ellas. De esta manera es posible combinar más canales reduciendo el espacio entre ellos.⁷

4.2.1.3. Sistemas ROADM

Un sistema ROADM (nodos ópticos reconfigurables con capacidad de inserción y extracción), hace referencia independiente de su tamaño a la configuración dinámica de cómo se extraen o se insertan o se dejan pasar longitudes de onda que componen la luz que se transmite a través de la fibra óptica. Las Redes ROADM utilizan módulos WSS (wavelength selective switch), que corresponde a un conmutador selectivo de longitudes de onda. Estos WSS, ocupan poco espacio y requieren muy bajos niveles de energía. Por lo demás son el corazón de los sistemas ROADM, ya que permite extraer longitudes de onda específicas de un conjunto de señales multiplexadas en longitud de onda e insertar otras en su lugar. Además, los sistemas ROADM son reconfigurables de manera remota a bajo costo, donde la inserción y extracción de los canales puede controlarse de forma remota, por esta razón no es necesario planificar la asignación del ancho de banda al momento de realizar el despliegue inicial de la red. Además, las redes tipo malla, permiten proteger a la red de fallos en enlaces o nodos y sus ventajas más importantes está en su simplicidad y flexibilidad dado el potencial de la reconfiguración remota ante los fallos. Basado en FOA (Fibre Optic Association).

Estas redes, en la práctica funcionan de manera muy parecida a las redes DWDM, pero agregan una tecnología adicional hacia la capa física, en la que pueden utilizar hasta 9 rutas de fibra óptica para interconectarse con un próximo nodo de la red, aumentando de manera relevante la disponibilidad y tolerancia de las redes ante cortes de fibra óptica.⁸

4.2.1.4. Sistemas híbridos

Las redes de transmisión de datos actuales están constituidas por elementos como de redes que poseen diferentes tecnologías como, DWDM, ADM, OTN, MPLS, las cuales funcionan a nivel de capa de acceso, transporte y control. Ahora bien todos estos elementos y tecnologías tienen que convivir entre ellos, ya que existen distintos tipos de redes, unas con mayores capacidades, otras más nuevas y también, que se diferencian en su naturaleza, es decir, redes ópticas o electrónicas, sin embargo, deben ser capaces de soportar la información transmitidas por cada una de ellas, lo cual se hace actualmente

⁷ Paper “Diseño de nodos totalmente ópticos reconfigurables” Luis Velasco, Salvatore Spadaro, Jaume Comellas, Gabriel Junyent, Universitat politècnica de Catalunya (UPC)

⁸ Paper “Diseño de nodos totalmente ópticos reconfigurables” Luis Velasco, Salvatore Spadaro, Jaume Comellas, Gabriel Junyent, Universitat politècnica de Catalunya (UPC)

mediante conversores electro-ópticos, o mediante foto detectores que captan la señal óptica y la transforman en pulsos eléctricos.

Para efectos de sistema híbridos, hace referencia a la capa de transporte representada por una red IP. Esta red IP integra mecanismos de servicios de MPLS (Multiprotocol Label Switching). La capa de transporte, está compuesta de enrutadores o routers (edge routers para el acceso y core routers para el tránsito) conectadas a una red de transmisión. Para una misma red IP, se puede contemplar IP/ATM/SDH, IP/Ethernet, IP/SDH, etc. Ahora dentro de la capa de control, se tienen controladores de sesión responsables del encaminamiento de la señalización entre usuarios o diferentes tipos de servicios. Según FOA (Fibre Optic Association)

Finalmente para efectos de la TNIT tanto para la red submarina y la red terrestre, el sistema de transmisión será casi en su totalidad óptico, ya que es una red basada en fibra óptica, por lo tanto el servicio entregado a las compañías será servicios punto a punto, principalmente hacia Santiago en puertos de 100 Mbps a 100 Gbps, o también eventualmente la venta de longitudes de ondas o lambdas. Como se señaló no se incluye la capa MPLS, ya que significaría dar un servicio de telecomunicaciones, transformando la troncal de infraestructura de telecomunicaciones, no solo en una entidad de provisión de infraestructura, sino en la prestación de servicios IP. Por lo tanto, la idea de un sistema híbrido que provee tanto, funciones de arrendamiento de capacidades de transporte como de MPLS, servicios IP, es factible pero no se abarcara en este estudio, debido a que no está incluido en los alcances del presente proyecto.

4.2.1.5. Discusión Red MPLS vs Infraestructura (ROADM-DWDM)

Dentro de los principales factores necesarios de resolver para evolucionar las actuales redes troncales nacionales para infraestructura de telecomunicaciones, de acuerdo a las necesidades que en el futuro va a enfrentar el país, se pueden identificar, a nuestro juicio cuatro grandes temas los cuales entregaran como resultado de su análisis la justificación del tipo de sistemas:

- a) Antigüedad y confiabilidad de los actuales tendidos de fibra óptica, los cuales pueden ser mejorados, modernizados y complementados para prestar servicios a la altura de los requerimientos que se ha planteado el país en materia de su Agenda Digital y del Plan Nacional de Infraestructura. También sus extensiones para lograr llevar el servicio a lugares tradicionalmente apartados.
- b) En segundo lugar, es necesario modernizar la electrónica de las redes que actualmente iluminan las redes troncales, con una mirada inteligente para la construcción de este backbone, basado en la sinergia de redes SDN-IP (Software Define Networks) y la capa óptica.

- c) En tercer lugar, está el grado de reticularidad en la distribución de la fibra óptica o tecnologías que permitan acercar ésta a la menor distancia posible de los usuarios finales, con el objetivo de brindarles un servicio de mayor calidad en términos de estabilidad de la señal, velocidades mínimas y bajo retardo. Llama la atención el gran desarrollo vial que el país ha tenido en los últimos años. La existencia de caminos y carreteras secundarias a la ruta 5, son un activo valiosísimo para efectuar tendidos de fibra óptica y poder alcanzar una gran cantidad de comunas y poblados que hoy no cuentan con un servicio de calidad
- d) Por último, cuenta una adecuada red de Datacenters, en los cuales se pueda proveer servicios de CDN, ya descritos previamente, como asimismo servicios del tipo cloud para abaratar los costos de acceso a herramientas de tecnología, en especial para el sector productivo nacional. Esta red de Datacenters se encuentra representada por una serie de instalaciones de estándar internacional que en su mayoría cumplen con la normativa TIER IV del Uptime Institute.

Por las razones definidas previamente, aun cuando el país cuenta con diferentes trazados, no todos ellos dan garantía de continuidad operacional, especialmente ante situaciones más adversas, poniendo en riesgo el servicio de una empresa en particular o de todas ellas.

Como se indicó previamente, mucha de la inteligencia de las redes, hoy radica en Santiago y por lo tanto la pérdida de conectividad con nuestra capital representa una condición de indisponibilidad mayor para los servicios de una o varias compañías.

Una nueva red troncal de transmisión, puede ser impulsada y financiada total o parcialmente por el estado. Pero es muy probable que cuente con el apoyo de varias de las empresas privadas que están evaluando la modernización de sus propias redes y esta puede ser una alternativa atractiva para ellos. Tampoco es descartable el interés de fondos privados de inversiones para entrar en este tipo de desafíos.

La electrónica de última generación que hoy es factible de adquirir, permite la operación sobre redes más antiguas y degradadas, por lo que una estructura de red enmallada entre la infraestructura actual y las extensiones que se puedan construir, constituiría una solución altamente robusta.

Se aprecia que, dado el desarrollo vial del país, una mezcla de soluciones anilladas terrestres y submarinas, es lo más adecuado para estructurar una sólida base de transporte nacional. El trazado Submarino debe efectuarse con estudio en detalle de las características del fondo oceánico en su trazado, mareas, corrientes, etc. En general es recomendable la utilización de productos estándares por la rápida disponibilidad de stock en caso que se agoten las reservas para refacciones locales, ya que el proceso de fabricación es lento. Fabricantes y soluciones adecuadas para las características de un trazado de esta naturaleza para Chile están disponibles.

En cuanto a la electrónica para iluminar la fibra óptica, es importante comprender que una red de telecomunicaciones, se conforma de una red troncal, que es la encargada de cubrir las largas distancias, mientras que las redes metro, son aquellas diseñadas para distribuir la señal dentro de las ciudades o zonas más pequeñas que finalmente alimentan al usuario. Es necesario que la red troncal pueda inter-operar con múltiples fabricantes de redes metro de manera que dicha troncal sea una carretera abierta a los oferentes de servicio que se encuentran presentes.

Las redes troncales suelen cubrir de cientos a miles de kilómetros, en una topología de tipo Mesh, con matrices de tráfico dinámico. Mientras que por su parte las redes metros cubren zonas menores a los 200 Kms, típicamente funcionan en topología de anillos y cumplen funciones de agregación de tráfico. Siguiendo los estándares UIT de las normas ITU-T G.970 en adelante.

Actualmente las redes troncales, manejan en forma separada la capa óptica de la capa de datos IP/MPLS. Esto implica una planificación, diseño y operación separada y equipos humanos distintos, siendo más ineficiente. A veces los crecimientos deben efectuarse cada 6 meses y toma más tiempo la modificación que la evolución de las necesidades.

Por otra parte, hay una menor utilización en segmentos de la red, respecto de lo estimado en la fase de planificación⁹, lo que se traduce en un desperdicio de los recursos para invertir.

Esta situación en muchas partes del mundo se está poniendo peor y saliéndose de control ya que la predicción del comportamiento de las redes y del tráfico se está tornando más complejo.

Esta es la razón por la cual se necesitan mejores redes de Backbone. Mientras que las matrices de tráfico hoy en día están basadas en pronósticos, las redes futuras estarán basadas en el comportamiento real del tráfico. Las actuales redes son ajustadas

⁹ Hoy en día, las redes en las capas IP y óptica, se encuentran separadas. Son planificadas, diseñadas y operadas por equipos diferentes.

No es extraño encontrarse con situaciones en que el diseño ha contemplado comportamientos futuros del tráfico que finalmente no se dan, ya que este cada vez tiene características más impredecibles y esto continuará sucediendo a futuro.

En este tipo de situaciones, las actuales redes no permiten una flexibilidad para corregir esto de una forma rápida, debiendo hacerse con redistribución de equipos en las redes, lo que resulta caro, riesgoso y lento.

Las redes definidas por software (SDN), corresponden a una nueva tecnología, que reconoce esta realidad y permite tener un mejor entendimiento de los comportamientos de los tráficos y la reasignación dinámica de recursos de red para su atención, pudiendo de esta forma hacer una mucho mejor adaptación de la red a la realidad, en forma dinámica, a menor costo, en menor tiempo y sin subutilizar recursos de la red.

manualmente, mientras que la nueva generación lo efectúa de forma automática, permitiendo reducir el “time to market” de meses a segundos.

Así las actuales redes DWDM separadas de las redes IP/MPLS deberán ser reemplazadas por redes definidas por software (SDN) con una base de transporte habilitada para múltiples trayectorias (ROADM) y operando en forma sinérgica e integrada con la capa IP. De esta manera aumentan los grados de disponibilidad en cuanto al uso de diferentes rutas de fibra óptica, mientras que al mismo tiempo se hace más eficiente el manejo de tráfico directamente en la capa óptica y otros en la capa IP, dependiendo de su uso. Como se indicó se gana de manera importante en eficiencia, operatividad y tiempos de implementación de cambios desde un centro de control.

En la actualidad es importante realizar una auditoría de las velocidades que son ofertadas a los clientes de redes fijas y establecer estándares mínimos. En lo que se refiere a las redes móviles esto es muchísimo más complejo sino imposible por la naturaleza de la compartición del acceso a través del espectro radioeléctrico o de otras variables como el clima, velocidad de desplazamiento de los móviles, concentraciones humanas esporádicas, etc. Como fue señalado, las redes con tecnologías FTTH, HFC y XDSL, pueden ofrecer servicios de buena calidad en la medida que estén diseñadas y operadas correctamente. Esto se basa en recomendaciones de diseño de los estándares IEEE, UIT y ANSI y recomendaciones para la troncal submarina por parte de proveedores como SubCom, Huawei y Nokia (Alcatel).

4.3. Información Demanda

4.3.1. Hogares y PYMES

Situación actual de Chile frente a otros países

Del estudio efectuado por Evolution se puede extraer que, desde el punto de vista tanto de acceso como de uso, Chile presenta una serie de deficiencias respecto al resto de los países del plano internacional. Se puede identificar así que la velocidad promedio en los hogares chilenos es de entre 5 y 6 Mbps, un 38% inferior respecto al promedio internacional, el cual ronda los 9,8 Mbps (se puede identificar también que el país con la mayor velocidad promedio de conexión para hogares es Corea del Sur con 26,7 Mbps).

Factores que influyen en la demanda

De los principales resultados del estudio se obtiene que un aumento del 1% en el PIB per cápita está asociado a un aumento del 0,45% en la variable usuarios de internet, 0,55% en penetración de banda ancha fija, y 1,1% en la velocidad de internet. Adicionalmente, al incorporar otras variables de control se determina que el gasto público incide positivamente en el porcentaje de usuarios de internet y en la velocidad de conexión a internet cuando se mantiene constante el nivel de desarrollo de los países. Esto implica que la decisión de políticas públicas orientados a una masificación de las conexiones tiene un impacto mucho mayor en la población que las iniciativas privadas.

Situación actual de la demanda

La hora Peak de Internet a nivel Nacional resulta ser entre las 22h y 23h, con un tráfico de 1.1 Tbps con un porcentaje de tráfico de Hogares de 99%.

A su vez, del informe se extrae que del total de los trabajadores que utilizan Internet en las empresas, un 37 % corresponde a empresas pequeñas y medianas (19% y 18% respectivamente).

De esta manera se puede totalizar el tráfico Internet de las pymes, llegando a un total de 207 Gbps (el cual es muy marginal respecto al tráfico de hogares). A partir de este

valor se puede concluir que este total de tráfico representa un tráfico consumida de 16,87 PetaBytes/mes por parte de las pymes chilenas.

A continuación, se presenta la demanda identificada por región

Región	Gbps en hora cargada Hogares + PYMES
Arica y Parinacota	42,4
Tarapacá	25,6
Antofagasta	48,3
Atacama	12,9
Coquimbo	33,3
Valparaíso	94,0
Metropolitana	582,1
O'Higgins	25,3
Maule	27,3
Bío Bío	88,4
Araucanía	29,7
Los Ríos	13,2
Los Lagos	37,0
Aysén	5,5
Magallanes	10,9
Total general	1075,9

Tabla 1 Demanda por región. Fuente: Estudio demanda hogares y pymes

- V. Instituciones filiales de CORFO: 5
- VI. Gobiernos regionales: 15
- VII. Gobiernos provinciales: 54
- VIII. Instituciones de la Dirección Sociocultural de la Presidencia: 6
- IX. Fuerzas Armadas y Carabineros: 15
- X. Sistema de Empresas Públicas: 16
- XI. Bienes nacionales: 5

De ellas, se ha identificado que las más intensivas en uso de datos son: educación, salud, seguridad pública y ciudades inteligentes.

Adicionalmente, Subtel ha proporcionado los datos de la proyección de demanda, para las municipalidades del país. Se ha supuesto que el consumo de este tráfico, al igual que la Pyme, concentra su uso en una hora cargada ubicada a las 11:00 horas. Es de esperar que el mayor consumo del segmento residencial, cuya hora cargada se concentra entre las 22:00 y 23:00 hora, absorba los requerimientos de la Pyme. Sin embargo, al hacer el ejercicio, municipalidad por municipalidad, ocurre en casos de baja población residencial (zonas rurales), que la demanda de las propias municipalidades, supera al de la población, por lo que en dichos casos quien marca los requerimientos de la hora cargada, es la demanda de las municipalidades. Así, al revisar una a una todas ellas, la demanda residencial proyectada a 10 años sube levemente respecto de la demanda residencial. En la la Figura N° 7, se muestra una grafica de la composición de ambas demandas para obtener el resultado final.

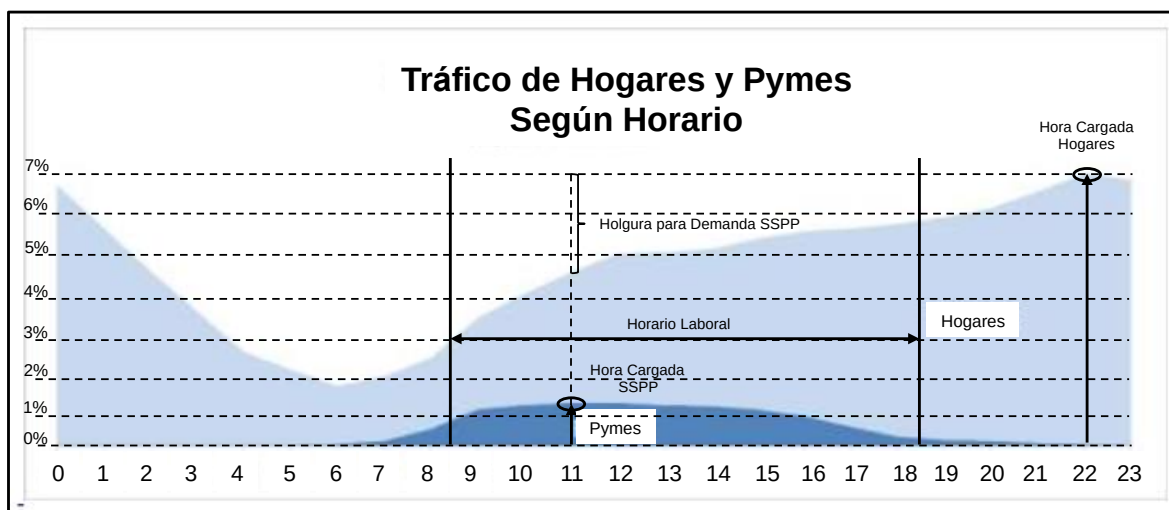


Ilustración 7 Composición de la demanda Residencial y de Municipalidades.

Respecto a la cantidad de usuarios se ha identificado un total de 142.571 conectados promedio en el servicio público, por otra parte se tiene que el 57% de los municipios tiene conexión dedicada a través de fibra óptica y que las conexiones satelitales, telefónica y móviles se utilizan principalmente en municipios alejados y sin conexión directa a las

redes tradicionales. A su vez, toda vez que el Gobierno u organismo público desea contratar servicios de telecomunicaciones debe ir al mercado ya sea por medio de licitación (convenios marcos vía ChileCompra) o en su defecto directamente. No existe una homologación de estándares de calidad técnicos o servicio, para efectos de garantizar la correcta ejecución y resultados de los proyectos y/o servicios que se deseen obtener. Adicionalmente se ha identificado que no existe una definición de estándares técnicos proyectados a largo plazo en materia de infraestructura de forma tal de asignar presupuestos adecuados para la construcción de infraestructura o contratación de servicios.

Finalmente se sostiene que el futuro de la demanda está directamente relacionado a las decisiones políticas que se tomen en materia de conectividad en el sector público; sobre todo las orientadas a dar acceso a internet a los usuarios principalmente externos.

4.3.3. Yacimientos Mineros y Centros de Investigación Astronómica

De acuerdo al estudio realizado por Addere, actualmente existen 23 faenas que pertenecen a la gran minería y 70 que pertenecen a la mediana, totalizando 93 faenas a lo largo de Chile. Esto sumado a 38 asociaciones mineras regionales, que representan a más de tres mil pequeños empresarios mineros.

Como suele ocurrir con las otras industrias del país, el grado de adopción tecnológica está dado por el tamaño de la empresa, siendo en este caso la gran minería quién tiene más desarrollada sus ramas de IoT y conectividad.

Dentro de las necesidades en materia tecnológica detectadas están:

1. Generación y transmisión a distancia de grandes volúmenes de datos para monitoreo y control de los procesos, mantención predictiva y gestión.
2. Alta disponibilidad de los canales de transmisión entre el yacimiento y Centros de Gestión remotos.
3. Alta fiabilidad de los enlaces. En el caso de la teleoperación (minería remota), la caída de una fibra óptica podría significar la detención de un proceso con las consecuentes pérdidas económicas.
4. Requerimientos de espectro radioeléctrico y homogenización de este, en cuanto a quien provee el servicio de conectividad para la transmisión de datos, junto con la tecnología de transmisión.
5. Problemas de homologación de equipamientos de sensorización de diferentes desarrolladores, los cuales no estandarizan sus equipamientos de forma armónica con otros desarrollos.

A su vez, se ha podido identificar que en su mayoría, las redes WAN (de 100-300 Mbps nacional, e internacional de 400 Mbps) pertenecen a un proveedor externo, en cambio en las redes LAN (de 1 Gbps- 10/20 Gbps) la situación cambia habiendo una preeminencia en la propiedad de la empresa minera sobre dicha red; la disponibilidad de las redes ronda el 99%.

Respecto a los centros astronómicos, estos se concentran en tres principales zonas: La primera zona históricamente explotada por la astronomía es el área en torno a la ciudad de La Serena, donde los primeros observatorios astronómicos fueron instalados. En la actualidad operan el Observatorio Cerro Tololo (1966), La Silla (1969), Las Campanas (1971) y Cerro Pachón (Gemini, 2002). Esta zona fue seleccionada históricamente por su excelente estadística de noches despejadas, buena infraestructura caminera, y por su cercanía a centros poblados. Posteriormente se identifica la zona al sur de la ciudad de Antofagasta de se instaló el VLT (1998) en el Cerro Paranal. Muy cerca de Cerro Paranal se encuentra el Cerro Armazones, donde está en construcción el Telescopio Europeo Extremadamente Grande o EELT por sus siglas en inglés. Esta zona, aunque más remota, y con pocos centros urbanos cercanos posee, además de una bajísima estadística de nubes, una atmosfera sumamente estable, lo que en astronomía se conoce como un muy bajo 'astronomical seeing'. Un bajo 'seeing' significa que las imágenes tomadas por los telescopios pueden distinguir detalles más finos, es decir que se logra una mejor resolución angular.

La tercera zona de concentración de telescopios es el Llano de Chajnantor. Esta meseta, que se encuentra a 50 Km del pueblo de San Pedro de Atacama, tiene una altura promedio de 5.100 msnm (metros sobre el nivel del mar). Junto a la zona aledaña denominada Pampa La Bola, representan un sitio ideal para observaciones en longitudes de onda milimétricas, sub-milimétricas, y de infrarrojo, debido a su gran altitud y a los bajísimos niveles de vapor de agua precipitable en la atmosfera. Esta zona aloja múltiples radiotelescopios y particularmente el telescopio APEX (2005) y el arreglo interferométrico ALMA (2012).

La red operada por REUNA en el norte de Chile posee en la actualidad redundancia sólo en algunos de los enlaces troncales, pero los enlaces terminales a los centros astronómico están montados sobre un sólo cable de fibra.

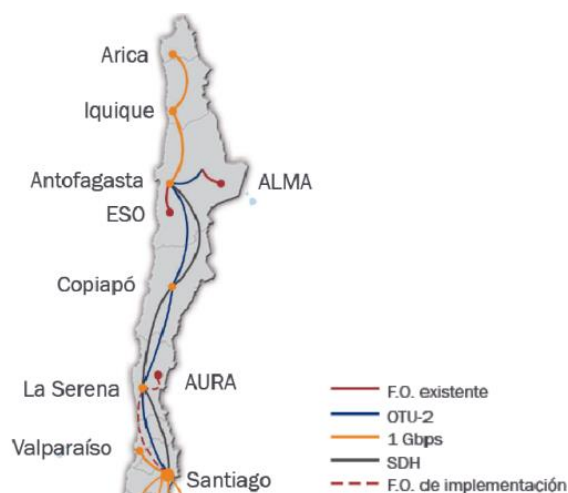


Ilustración 8 Mapa de la red operada por REUNA, Fuente: Informe de Avance Estudio de demanda de infraestructura de telecomunicaciones en el área geográfica de la Gran Minería del Norte y la Astronomía

En el mapa de la red arriba se puede observar que si bien los tramos entre las principales ciudades: Antofagasta, Copiapó, La Serena y Santiago poseen al menos dos enlaces independientes. Vale la pena mencionar que en algunos tramos estos enlaces independientes se despliegan físicamente muy cerca, es decir sobre la misma potación, o soterrados con mínima separación. Esto implica que el riesgo de corte de servicio por eventos climáticos o por errores humanos (por ejemplo la excavación con maquinaria pesada), no está totalmente mitigado. Los enlaces terminales a ALMA, Paranal y Tololo/Pachón están todos desplegados sobre un único cable de fibra óptica, por cuanto son más susceptibles a fallas por eventos naturales o vandalismo.

De los principales centros astronómicos considerados, las necesidades de transmisión y almacenamiento identificados están resumidas en las siguientes tablas:

Telescopio	Tamaño	Observatorio	TB/día
VISTA	4.0m	Paranal	1.4
ALMA	66x12m	Chajnantor	1
DES/DECam	4.0m	CTIO	0.4
LSST	8m	Pachón	30

Telescopio	Almacenamiento de Datos
VLT	20 TB/año
ALMA	200 TB/año
LSST	1000 TB/año ¹²

Tabla 2: Necesidades de transmisión y Almacenamiento de datos. Fuente: Informe de Avance Estudio de demanda de infraestructura de telecomunicaciones en el área geográfica de la Gran Minería del Norte y la Astronomía

4.3.4. Agricultura de precisión

Uno de los elementos más destacables del estudio es la revolución que se avecina en materia de IoT para la agricultura dentro de los próximos años, este cambio incidirá en todos los niveles de la cadena de valor, tanto en la logística como en la preparación de las siembras ante la eventualidad de una lluvia.

De acuerdo a los registros oficiales del censo nacional agropecuario del año 2007 (INE), que incorpora a todas las explotaciones agrícolas y pecuarias por sobre 0,1 ha. y las forestales mayores de 5 ha., el universo total alcanza a 301.376 explotaciones. Chile destaca por el pequeño tamaño promedio de sus unidades agrícolas. El 73,4% son de un tamaño inferior a 20 ha., mientras que el 19% se ubica entre 20 y 100 ha, y el 7,6% presenta tamaños superiores a 100 ha.

A pesar de las dificultades geográficas y climáticas para la actividad agropecuaria y forestal en amplias zonas del país, existen explotaciones agrícolas en todos los sectores geográficos, encontrándose el 54% de éstas en las regiones de La Araucanía, del Bío Bío y del Maule. Por otro lado, entre el extremo norte del país y la Región de Coquimbo sólo se localiza el 8,4% de las explotaciones, cifra que no supera el 1,8% en Aysén y Magallanes

Región	Número de explotaciones	Superficie agrícola utilizada (ha)	Superficie total de las explotaciones (ha)
Arica y Parinacota	2.497	175.573	550.143
Tarapacá	1.979	501.553	566.038
Antofagasta	2.000	668.335	720.457
Atacama	2.925	109.484	3.909.235
Coquimbo	15.777	3.262.067	4.006.060
Valparaíso	17.734	510.347	1.415.593
Metropolitana	12.805	338.679	1.318.511
O'Higgins	25.249	777.020	1.609.564
Maule	41.904	1.754.538	2.706.054
Bío Bío	62.797	1.950.728	3.191.456
La Araucanía	58.069	1.788.710	2.899.692
Los Ríos	16.529	699.498	1.674.269
Los Lagos	35.717	962.178	4.562.293
Aysén	4.002	776.774	10.219.165
Magallanes	1.392	4.197.645	12.347.203
Total general	301.376	1.847.3128	51.695.733

Tabla 3: Fuente: Informe de Avance Estudio de la situación actual y los requerimientos de demanda futura de uso de infraestructura de telecomunicaciones de la agroindustria, SAVTEC, 2016.

El estudio definió una UMA como aquella superficie que posee al menos 10 ha cultivadas, de esta forma el UMA resultante por región es:

	a) Atacama	b) Coquimbo	c) Valparaíso	d) Metropolitana	e) O'Higgins	f) Maule	g) BioBio	h) Araucanía	i) Los Ríos Los Lagos	Suma total
Almendro	0	116	108	337	235	5	1	0	0	801
Avellano Castaño	0	0	1	6	4	664	201	339	90	1.305
Berries Especies menores	33	63	42	27	109	722	709	261	123	2.089
Cerezo	0	2	25	214	929	1.113	162	51	6	2.502
Ciruelas	0	6	17	412	1.074	161	4	0	0	1.673
Cítricos	15	506	419	646	643	5	1	0	0	2.235
Duraznos y Nectarinas	0	30	350	157	585	32	0	0	0	1.155
Kiwi	0	0	16	38	327	484	54	2	3	922
Nuez	0	263	643	1.248	598	437	174	12	1	3.376
Olivo	229	378	99	374	433	513	10	0	0	2.036
Paltas	14	477	1.745	429	114	0	3	0	0	2.783
Pomáceas	0	4	31	95	1.411	2.486	170	300	1	4.499
Uva de mesa	769	835	1.046	849	1.212	21	0	0	0	4.730
Suma total	1.061	2.679	4.542	4.831	7.675	6.642	1.488	965	224	30.107

Tabla 4 UMA por región

Con un total de 30.107 UMAs en todas las regiones para el sector frutícola.

La distribución geográfica de cada UMA es la siguiente:

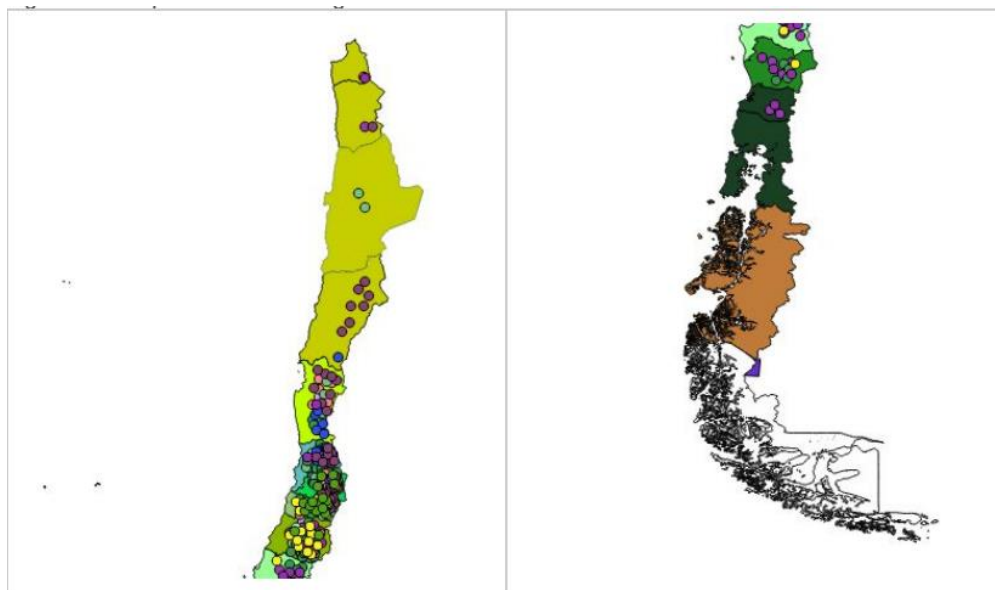


Ilustración 9 Distribución geográfica UMA

Así, el consumo de Mbps por cada UMA asociado a cada elemento del sector frutícola queda:

Sector frutícola	Total UMA	Total Mbps	Total Mbps x UMA
Almendro	801	0,00026786	0,21455586
Avellano y castaño	1305	0,00026623	0,34743015
Berries y especies menores	2089	0,00026786	0,55955954
Cerezo	2502	0,00026949	0,67426398
Ciruelas	1673	0,00017589	0,29426397
Cítricos	2235	0,00017589	0,39311415
Duraznos y Nectarinas	1155	0,0000834	0,096327
Kiwi	922	0,00026786	0,24696692
Nuez	3376	0,00102741	3,46853616
Olivo	2036	0,00015596	0,31753456
Paltas	2783	0,00026786	0,74545438
Pomáceas	4499	0,00015718	0,70715282
Uva de mesa	4730	0,00015718	0,7434614

Tabla 5: Consumo de Mbps por cada UMA Fuente: Elaboración propia en base a Informe de Avance Estudio de la situación actual y los requerimientos de demanda futura de uso de infraestructura de telecomunicaciones de la agroindustria.

Totalizando de esta forma 8,8086 Mbps de consumo final por todas las UMAs.

Sin perjuicio de lo señalado precedentemente, se incluye el archivo Tolpología_28.xlsx, el que contiene una primera hoja denominada “Demanda”, en la que se entrega una proyección de la población y hogares para 10 años, corregido por el crecimiento contemplado por los estudios de demanda suministrados por Subtel.

Como se dijo previamente, este tráfico alcanza a los 20 Tbps y en su gran mayoría (cerca del 99%) está definido por la demanda residencial, por lo que es una buena referencia de estimación de consumo para el diseño de la TNIT, en un horizonte de proyección 10 años.

4.4. Casos de Infraestructura para telecomunicaciones en el mundo

La alta inversión que requiere el despliegue de las redes de telecomunicaciones e internet ha generado un reto a nivel internacional, puesto que los servicios de telecomunicaciones no son vistos solo como un bien de consumo, sino que como un bien de inversión que permite a los países transitar hacia una economía digital.

En lo que respecta a la infraestructura para el desarrollo de redes de telecomunicaciones, son múltiples los mecanismos utilizados dentro los países de la OCDE. Entre algunas estrategias podemos encontrar entre los países que superan el promedio de inversión de la OCDE:

1. Australia: Plan “ National Broadband Network”¹⁰

El gobierno de Australia lanzó en 2009 el plan National Broadband Network con la finalidad de desplegar infraestructura de fibra óptica. Este proyecto contempla el despliegue de la red de infraestructura de fibra óptica a cargo del gobierno y ofrecer los servicios de esta red a proveedores privados para que suministren el servicio a consumidores finales. El despliegue de banda ancha ha sido liderado por una empresa con más del 50% de capital público. Como estrategia, en este plan el gobierno se hace cargo del diseño, la construcción y la operación de la red.

Este proyecto reemplaza la idea de subsidiar la construcción completa de la red de fibra óptica. El modelo adoptado por Australia, es similar al modelo implementado por Corea y México, por lo que contempla la duplicación de la infraestructura promoviendo la competencia en el sector.

En lo que respecta a la regulación, el gobierno se encuentra en la definición del marco regulatorio, pero ha optado por la existencia de una red que se rige por el principio de acceso abierto.

Desde el punto de vista tecnológico, la mayoría de los accesos de esta red corresponden a fibra óptica, sin embargo, en localidades donde no se puede desplegar esta solución, se ha optado por alternativas inalámbricas, como son las satelitales.

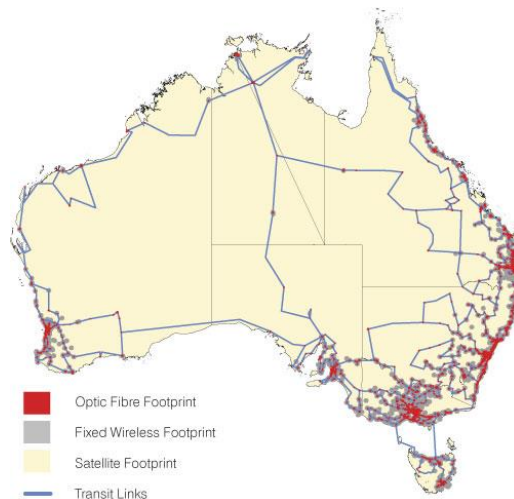


Ilustración 10 Red de Infraestructura para las telecomunicaciones en Australia. Fuente: NBN

¹⁰ <http://www.nbnco.com.au/>.

2. Estados Unidos: Plan “Connecting America: The National Broadband Plan”

Este plan fue lanzado en marzo del 2010, por la Comisión Federal de Comunicaciones de Estados Unidos (US Federal Communications Commission o FCC) y tiene por objetivo garantizar que todos los ciudadanos tengan acceso a banda ancha. Específicamente, el objetivo de este plan es que para el año 2020, como mínimo 100 millones de hogares cuenten con acceso a banda ancha con velocidades mínimas de descarga de 100 Mbps y velocidades mínimas de subida de 50 Mbps.

En este caso, el plan contempla principalmente que sea el sector privado el encargado de la inversión e innovación, por lo cual busca generar las condiciones propicias para que él se haga cargo de la generación de infraestructura. De esta forma la infraestructura para las telecomunicaciones está en permanente mutación, creciendo en cobertura y tecnología según los requerimientos de los usuarios en general y de algunas industrias en específico.

3. Canadá: Plan “Connecting Canadians”

Dicho plan fue creado por el gobierno de Canadá con la finalidad de entregar conexión a los ciudadanos de zonas rurales, de difícil acceso y del norte del país, permitiendo el acceso a la economía digital a sus ciudadanos independiente del sector donde se ubique.

El plan, propone como objetivo incrementar la cobertura de banda ancha de alta velocidad en zonas rurales y remotas del país, ampliando la cobertura y permitiendo la conexión a velocidades de 5 Mbps en 280.000 hogares. Para esto, en el presupuesto del 2016, el gobierno anunció una inversión de esta \$500 millones de dólares en cinco años

La lógica del financiamiento tiene su fundamento en que, lo alto de la inversión inicial para la infraestructura de telecomunicaciones, hace complejo que los proveedores privados de internet se interesen en entregar el servicio en localidades donde la rentabilidad privada no permite financiar la inversión.

El proyecto implica el financiamiento por parte del Estado a los proveedores de servicios de internet de hasta un 50% de los costos totales admisibles en comunidades rurales y un 75% en comunidades indígenas. Dicho subsidio es no reembolsable y financia costos como mano de obra, materiales, equipos, capacidad de satélites, etc. Entre las tecnologías elegibles para el financiamiento se encuentran soluciones tecnológicas alámbricas e inalámbricas, como la fibra, DSL, cables y redes inalámbricas terrestres y de satélite.

Por tanto, incrementar la inversión en el sector es primordial, existiendo un reto importante en zonas rurales y aisladas, esto debido a que la fuerte inversión impide que en dichas zonas el sector privado alcance las rentabilidades necesarias para que desde la óptica del sector privado, sea atractivo invertir en el despliegue de redes en estas localidades.

Por otra parte, la restricción presupuestaria que enfrentan los gobiernos, y la multiplicidad de necesidades que deben satisfacer a la ciudadanía, hacen complejo que la fuerte inversión que requiere la infraestructura de la red provenga íntegramente del Estado, lo cual ha impulsado el desarrollo de modelos de financiamiento a partir de relaciones público-privadas, que entre otras cosas trae como beneficios la compartición de riesgos, y acelerar el proceso de inversión y despliegue de redes de última generación.

Son múltiples los modelos que existen para generar el desarrollo de la infraestructura que se requiere para brindar servicios de banda ancha, específicamente podemos encontrar, entre otros:

- I. **Red Pública de iniciativa pública (Public DBO):** Modelo que considera que el sector público diseña, construye y opera la red, manteniendo el control total de esta y ofreciendo servicios minoristas y mayoristas.
- II. **Modelos Colaborativos (Bottom-Up):** Modelo colaborativo que considera que un grupo de usuarios finales de ciertas áreas pueden organizarse y coordinarse, tal vez por medio de cooperativas para construir y operar su propia red.
- III. **Subvención a operadores privados (Private DBO):** Modelo en el cual el Estado subvenciona al privado para incentivarlo a diseñar, construir y operar una red, la cual quedará en manos del privado. La subvención tiene por finalidad incentivar al privado a construir una red en localidades donde la rentabilidad privada no es suficiente para generar la inversión sin la intervención del Estado.
- IV. **Modelo de externalización pública (Public Outsourcing):** En este caso se despliega la red que será de titularidad pública, a través de un operador privado el cual, por medio de una concesión obtenida a través de licitación pública, diseña, construye, administra y explota la red, la cual será de propiedad del Estado.
- V. **Joint Venture:** En este caso se divide la propiedad de la red entre el actor privado y el Estado. Uno aporta por ejemplo el diseño y la construcción y el otro apoyo por ejemplo en infraestructura pasiva.

En la práctica no existe por tanto un modelo único para el desarrollo de la infraestructura, pues la relación entre ambos sectores difiere en la medida en cómo se distribuyen los riesgos, y en el papel del sector privado en cada caso. Sumados a los casos antes expuestos, los siguientes casos permiten observar algunos esquemas de relaciones público-privadas en lo que respecta al desarrollo de servicios de infraestructura para las telecomunicaciones.

4. Red Compartida en México

Proyecto que tiene por objetivo la instalación de una red pública compartida mayorista de telecomunicaciones de cobertura nacional, la cual utilizará tecnología 4G. El desarrollo de la red será realizado por un operador privado, con quien el Estado realizará un contrato de desarrollo de infraestructura autofinanciable. Esta institución será la responsable de diseñar, financiar, construir, operar y mantener la Red Compartida, así como comercializar los servicios que preste a través de ella. Para esto se estableció una regulación específica, y el gobierno aportará el derecho de uso y explotación sobre el espectro radioeléctrico en la banda de 700 MHz y la posibilidad de aportar a la Red Compartida los derechos de uso de un par de hilos de fibra óptica oscura de la Red Troncal.

5. Red GITPA

Corresponde a la sociedad “Gestión de Infraestructuras Públicas de Telecomunicaciones del Principado de Asturias S.A”. participada al 100% por el Principado de Asturias. Este corresponde a un ejemplo de DBO pública, donde el principado de Asturias es el propietario de la red, dirigiendo esta como un operador neutral, vendiendo servicios al por mayor a los proveedores de servicios.

5. Diseño TNIT

5.1. Arquitectura general TNIT

La arquitectura de la TNIT se ha definido buscando hacerse cargo de la demanda futura de tráfico de los próximos 20 años en Chile.

Para ello, la fibra óptica resulta el medio de transmisión más recomendado para soportar los tráficos futuros, además que su vida útil, con una adecuada mantención, puede llegar razonablemente a este período.

La electrónica a utilizar, siempre debe ser la más avanzada, en términos tecnológicos y de capacidad.

La red se ha estructurado en un trazado submarino, tipo festón, compuesto de 19 tramos más otros 8 tendidos que cubren zonas de difícil o imposible acceso terrestre. Adicionalmente, se han contemplado dos trazados terrestres que permiten formar múltiples anillos a nivel nacional. Para ello se ha aprovechado la capilaridad de las carreteras y caminos secundarios, que permiten una conectividad a la gran mayoría de las localidades del país.

La red se ha estructurado en tres niveles jerárquicos: Uno de características troncales, que se hace cargo de los trazados de mayor capacidad y de servir a las principales ciudades, una Subtronal, compuesta de anillos que colectan el tráfico en localidades más pequeñas y que tributan a la red troncal sobre pares de filamentos distintos dentro de los mismos cables de la red troncal y, un tercer nivel, corresponde a aquellas localidades conectadas a través de arranques no anillados y que tributan a la red troncal.

Luego de las conversaciones sostenidas con varios proveedores de tecnología de la industria, se ha llegado a la conclusión que la tecnología más apropiada para la red troncal es de tipo ROADM, con agregación OTN. Toda la conexión entre los nodos se realiza a nivel DWDM.

La capa Troncal, Submarina y Terrestre, posee capacidad de hasta 88 lambdas de 100 Gbps, mientras que la Subtronal y de acceso directo, alcanza capacidades de 88 lambdas de 10Gbps/100Gbps.

Los nodos troncales utilizan equipos ROADM, para la capa óptica, con restauración GMPLS (a nivel de capa 0). Para la agregación del tráfico se consideran nodos OTN con transpondedores redundantes que miran en forma permanente a la ruta principal y de respaldo (2 en total simultáneamente), que lo ofrece la red ROADM, sobre los distintos grados en los que puede operar. Así se logra una conmutación bajo los 50 ms para la mantención del tráfico y una recuperación del respaldo ante corte de fibra óptica, a través de lo que se denomina restauración y que puede tomar hasta 1 minuto.

Los nodos de la red troncal ROADM, poseen capacidad de enrutamiento de lambdas a nivel óptico, mientras que los nodos a nivel Subtronal o de agregación, son del tipo FOADM. Como se mencionó, es posible modificar el diseño incluyendo en esta capa sólo equipos IP/MPLS, con lo que se puede lograr mayor versatilidad y menor costo, sin embargo, se han seguido las premisas de diseño de una red de transporte.

En la ilustración N° 11 se muestra un diagrama conceptual del diseño topológico de la TNIT.

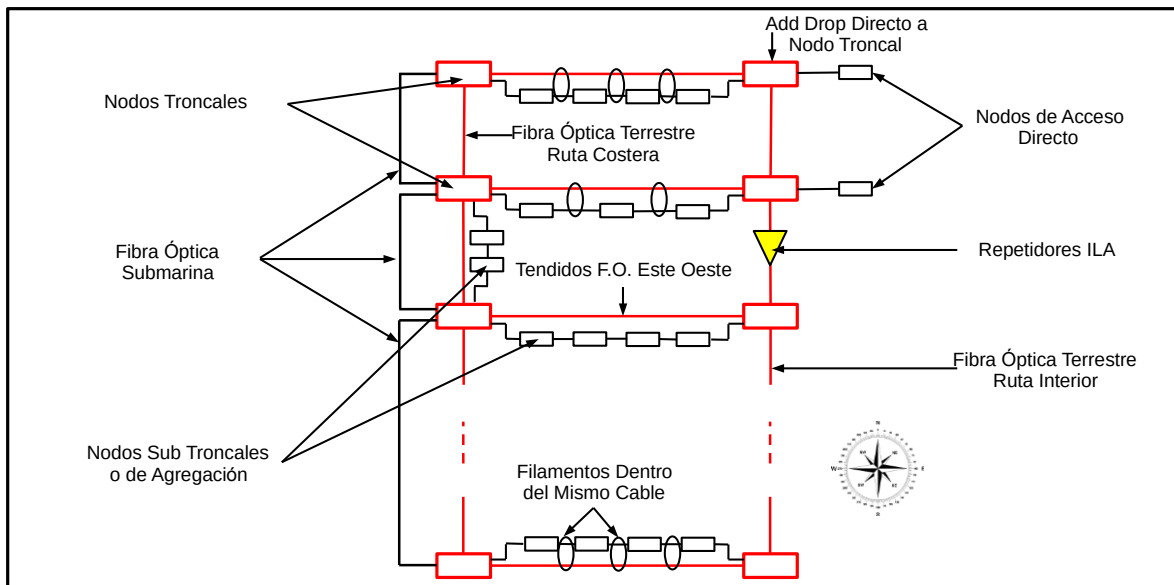


Ilustración 11 Diagrama Conceptual del Diseño Topológico de la TNIT

5.1.1. Criterios de Diseño

Los principales criterios de diseño de la TNIT que se han tenido en consideración son los siguientes:

- I. Cubrir la totalidad de las capitales regionales.
- II. Cubrir la totalidad de las capitales comunales.
- III. Cubrir toda localidad, que no cumpliendo lo anterior, a 10 años posea más de 5.000 habitantes.
- IV. Maximizar el uso de tendido de fibra óptica terrestre, evitando el uso de enlaces de microondas, apalancando la relación costo beneficio de ambos al amparo de la alta reticularidad de la red vial del país.
- V. Satisfacer la demanda de tráfico de 20 años, entendiendo la necesidad de modernizar la electrónica al cabo de 10, para transportar a esa fecha una demanda consolidada de 20 Tbps.

Se han priorizado los caminos pavimentados y de buena calidad, de modo de tener rutas más resistentes a embates de la naturaleza y la vez una ruta expedita de acceso para reparaciones en casos de fallas. En forma complementaria, es factible utilizar tendidos de torres de alta tensión, con tecnología ADSS, en las zonas que sea posible y se logre una acuerdo de apoyos. No obstante, para este diseño, se han considerado los tendidos dentro de la franja fiscal de los caminos, ya sean aéreos o soterrados dependiendo de las características de cada zona.

Se ha incorporado una ruta Submarina entre Arica y Carelmapu, en una arquitectura tipo festón, que permite incorporara como una ruta de alta disponibilidad. Este tendido se encuentra sobre la plataforma continental, soterrado en el fondo marino. No posee electrónica en la planta húmeda y los sistemas activos se encuentran en tierra, lo cual lo hace más económico del punto de vista del mantenimiento de estos elementos y ante la eventualidad de necesitar cambiarlos por razones de obsolescencia tecnológica.

Este tendido se ha comparado con uno de tipo Trunk and Branch, resultando este último más caro y con la posibilidad de tener una parte de estos activos inmovilizados por mucho tiempo. La solución tipo festón permite a futuro operarlo como un tendido trunk and branch, posponiendo inversiones para el momento en que estas resulten necesarias.

También se han definido una serie de tendidos submarinos en la zona sur del país que son necesarios para extender la cobertura a distintos rincones que, de otra forma, por razones geográficas, no resulta posible.

Para los tendidos de fibra óptica terrestre, estos pueden ser soterrados o aéreos. La experiencia demuestra, que en las zonas protegidas, de clima inclemente, zonas afectas a incendios, o zonas de alto tránsito, se obtienen mejores resultados con fibra soterrada, en términos de su disponibilidad. Por este motivo se ha tratado de privilegiar tendidos soterrados por sobre los aéreos en zonas de mayor exposición.

En cuanto a la electrónica, la red se ha dividido en tres jerarquías como fue señalado en el punto anterior:

- a) Red Troncal: Esta red está formada por una malla ROADM, la cual cuenta con distintos grados de transmisión (entre 2 y 5), lo que le permite una alta resiliencia a cortes múltiples de tendidos de fibra óptica. En general, estos equipos se encuentran ubicados en las cercanías de las playas de amarre de los cable submarinos, en las capitales regiones y en las capitales comunales de alto tráfico. Se trata de equipos caros y cuyo uso indiscriminado, pueden hacer el proyecto más oneroso de lo necesario de acuerdo a las proyecciones de demanda. La troncal considera 62 de estos nodos. 24 de ellos iluminan tanto la troncal Submarina, como la troncal terrestre y 38 sólo están vinculados a fibra óptica terrestre.

La agregación es a nivel OTN y los equipos tienen la capacidad e manejar hasta 88 lambdas de 100 Gbps. El diseño se ha modelado con equipos de la serie 1830 PSS – 32 para la capa óptica y 1830 PSS – 64 para la capa OTN, ambos del proveedor Nokia.

Todos los equipos poseen fuentes de poder independientes de -48 VDC para ser alimentados redundantemente en lado A y lado B

- b) Red Subtroncal: Se trata de anillos secundarios también en tecnología óptica, redundantes, los que tributan sobre la red troncal y en ellos se enlazan todas las localidades más pequeñas. Es necesario hacer presente, que en materia de costos, estos podrían ser reducidos si en vez de equipos ópticos en estos anillos de agregación se utiliza tecnología IP MPLS pura, la que resulta más barata y permite cubrir distancias de hasta 80 Kms sin necesidad de una capa óptica de transporte. La Subtroncal considera 241 sitios. De estos, 40 cumplen también la función de actuar como repetidores ópticos. Estos equipos son de tecnología FOADM, la que mira al equipo troncal ROADM. El diseño está basado en la serie 1830 PSS-32 y 1830 PSS 64 con lambdas de 10 y 100 Gbps, ambos de Nokia.
- c) Puntos de Acceso Directo a la Troncal: Se trata de localidades más aisladas y de menor demanda, que por su ubicación geográfica, no es posible conectarlas en forma anillada. En estos casos se ha realizado una topología en configuración tipo estrella, que tributa directamente sobre los nodos de la red troncal. Estos trazados tendrán menor disponibilidad teórica que los anteriores, pero su impacto será menor ya que se trata de localidades de menor población. Sin embargo, por otra parte, su exposición es mucho menor al encontrarse en zonas más apartadas. Asimismo, en la medida que la infraestructura caminera avance, estos mismos tendidos podrán ir anillándose sobre la base de la infraestructura desplegada. En esta modalidad, se encuentran 106 puntos de la red, entre localidades de baja población, pasos fronterizos, mineras y observatorios astronómicos.

Adicionalmente 14 puntos nodos cumplen la función exclusiva de repetidores. Los equipos con los que se ha considerado el diseño, son los mismos indicados en el punto b) anterior.

La inteligencia de la red, radica en su sistema de gestión, el que permite definir la configuración de canales punto a punto y las rutas principales y de respaldo de la red. Sólo existe un sistema de gestión activo y se contempla habilitar un sistema de respaldo, geográficamente independiente. Ambos manejan exactamente la misma configuración de la red pero no operan simultáneamente. Incluye un sistema de monitoreo Wavelength Tracker, el cual permite hacer un monitoreo de la red, como si fuera un equipo analizador de espectros, permitiendo identificar muy rápidamente fallas y comportamientos anormales de la red.

Los equipos pueden incluir OTDR integrados, para simplificar la operación, en lo que se refiere a la identificación de cortes de fibra óptica o eventos de atenuación, con una precisión de 10 mts en tramos de 120 Kms. En el capex esta funcionalidad no ha sido incluida, pero es factible de incorporar.

La fibra óptica terrestre recomendada es de 96 filamentos. Esto debido a que el costo promedio de un metro de fibra soterrada instalado es de 27 US\$ por metro y el aéreo de US\$ 21 dólares con postación propia. Si se considera una proporción de 37% de cable aéreo y de 63% soterrado, el costo promedio del tendido terrestre será de unos 25 US\$/metro.

De acuerdo a los valores referenciales de cable terrestre cotizado por Condumex, se aprecia en la siguiente tabla las diferencias entre un cable aéreo y soterrado, sin instalación, de entre 24 y 96 filamentos.

a) Cable Autosoportado Figura 8 (1000 mts. Valores en US\$):

Código	Producto	C.I.F.
69183 24 1 AM	C.OF8ARMA.CX83.SAR.DL..24SMF.....BK.WRL..4000M	\$1,356.30
69183 36 1 AM	C.OF8ARMA.CX83.SAR.DL..36SMF.....BK.WRL..4000M	\$1,606.97
69183 48 1 AM	C.OF8ARMA.CX83.SAR.DL..48SMF.....BK.WRL..4000M	\$2,144.62
69183 96 1 AM	C.OF8ARMA.CX83.SAR.DL..96SMF.....BK.WRL..4000M	\$3,507.12

a) Cable Óptico para Soterrar (1000 mts. Valores en US\$):

Código	Producto	C.I.F.
69199 24 1 AM	C.OARMA...CX99.LAR.DL..24SMF.....BK.WRL..4000M	\$940.57
69199 36 1 AM	C.OARMA...CX99.LAR.DL..36SMF.....BK.WRL..4000M	\$1,024.09
69199 48 1 AM	C.OARMA...CX99.LAR.DL..48SMF.....BK.WRL..4000M	\$1,368.22
69199 96 1 AM	C.OARMA...CX99.LAR.DL..96SMF.....BK.WRL..4000M	\$2,185.94

La conclusión es que la diferencia de precios para uno y otro tipo de cable, en su precio unitario por metro, varía entre 2,2 y 1,2 US\$ para cables de 24 a 96 filamentos. Si esta variación se compara con el costo del cable instalado, representa un peso de entre un 9% y un 5%. Por otra parte, la inversión en fibra óptica terrestre es aproximadamente un 53% de la inversión total del proyecto, con lo cual el uso de fibra óptica de 96 filamentos v/s aquella de 24 en la realidad implica un impacto de alrededor del 4% del valor total el proyecto. Ya que se va a hacer el esfuerzo del tendido, vale la pena dejar la mayor cantidad de infraestructura (cable de 96 filamentos) por un costo marginal del tamaño señalado, aumentando de esta forma de manera significativa la oferta de fibra oscura en el país.

De acuerdo a lo validado con los fabricantes, los equipos de transporte pueden simultáneamente mirar hacia la fibra óptica terrestre y submarina, dado que esta última no tendrá la necesidad de sistemas de telealimentación de elementos activos en la planta húmeda. Así un mismo equipo cumplirá la función de mirar hacia una y otra red, con la única salvedad que las tarjetas láser que iluminan la red submarina cumplan con especificaciones distintas para hacerse cargo de las mayores distancias a cubrir.

En cuanto el tendido de fibra óptica Submarina, se ha escogido uno de 16 filamentos (8 pares), cuyo argumento se presenta en el capítulo correspondiente y se trata de uno de los cables más instalados en el mundo, por lo que la disponibilidad de stock de repuesto es amplia, materia que en ese tipo de tendidos es de alta importancia.

Los CND se han definido sobre la base de los estándares de diseño y construcción del Uptime Institute, en base de TIER IV. También se ha determinado cumplir con los estándares operativos recomendados por esa misma entidad.

Se ha puesto énfasis en los sitios y los elementos de Clima y Fuerza, dada la alta incidencia de fallas debido a estos elementos. De acuerdo a la cantidad de equipos necesarios, se ha hecho un diseño modular con Eaton Power, que considera sitios de 150 m2 para los nodos de la red, (a excepción de los de Santiago que son de 600 m2), con shelter prearmados y con sistemas de extinción de incendios, suministro de -48 VDC, con rectificador y bancos de baterías redundantes, equipos de clima redundantes, grupo generador y estanque de combustible. También se han dispuesto cámaras de acceso independiente para la fibra óptica, por cada uno de los grados de los tendidos y su

terminación en ODF independientes y perfectamente identificables con cada grado de la red.

Asimismo se ha puesto énfasis en el monitoreo remoto de las variables ambientales, para mejorar la operación y también poder actuar a distancia sobre elementos de clima y fuerza. Estas salas tienen 100% de capacidad de crecimiento en espacio, 60% en clima y fuerza.

El resto de los criterios corresponden a aquellos normalmente aceptados como buenas prácticas de la ingeniería de telecomunicaciones.

5.1.2. Tipos de Troncales

La red está formada por una red troncal, una subtroncal y puntos de conexión directa en topología tipo estrella a la troncal en aquellos casos de dificultad de implementar anillos. La red troncal, conecta los puntos de mayor volumen de tráfico (coincidente con las localidades de mayor cantidad de abonados), los puntos cercanos a los sitios de anclaje del cable submarino (BMH), y puntos estratégicos para el cierre de anillos.

Como se señaló, esta red opera en tecnología ROADM de hasta 88 lambdas de 100 Gbps.

La Subtroncal formada también por tecnología ROADM y forma anillos o mallas con capacidad de hasta 220 Gbps en add/drop y 460 Gbps en la troncal y está destinada a las ciudades y localidades más pequeñas.

La red de acceso directo se restringe a localidades de baja población y puntos de baja demanda como pasos fronterizos y alguna faenas mineras y centros astronómicos que en la actualidad no cuentan con acceso para poder cerrar anillos, no obstante esto pueda complementarse a futuro.

La red óptica por definición permite configurar servicios punto a punto, en una granularidad que puede ir desde los 100 Mbps a los 100 Gbps. Sin embargo, su eficiencia puede ser significativamente mayor utilizando la capa de red IP/MPLS (Capa 3 del modelo ISO), para una arquitectura de servicios full mesh sobre todos los puntos de presencia de la red.

Los tendidos que conectan a la troncal son Submarinos entre Arica y Carelmapu con redundancias terrestres al interior del país, por las carreteras.

Se ha privilegiado en su gran mayoría el uso de tendidos de fibra óptica, por el largo plazo de uso que se prevé para esta infraestructura y el crecimiento de los tráficos futuros, siendo indiscutiblemente la tecnología más apropiada. Los enlaces de microondas, han sido utilizados en casos mínimos, en los que la alternativa de fibra resulta inviable o extremadamente onerosa en relación a la demanda a satisfacer.

5.1.3. Características y condiciones de interconexión de infraestructura por Zonas y tipos de troncales

La TNIT, en sí constituye una única red de transporte óptico, que se encuentra conectada en los tres niveles jerárquicos antes descritos. Para ello se emplean tendidos submarinos, terrestres y de microondas.

La red permite configurar servicios punto a punto desde cada sitio de presencia a su destino. Dado que los tráficos son mayoritariamente de Internet, el tráfico fluye desde el punto de generación del mismo hacia Santiago y viceversa. Esto debido a que los principales peering de Internet, los PIT nacionales y los PIT Internacionales se encuentran en la capital o en Valparaíso, sin evidencia concreta a la fecha, que puedan aparecer nuevos puntos de anclaje relevantes, para la salida del tráfico internacional en otras regiones del país.

Si bien la red puede segmentarse por regiones, esta opción no es recomendada ya que resulta, desde el punto de vista técnico, más caro en inversiones y costos de operación y mantenimiento, sumando a la vez los propios problemas en las fronteras de interconexión y una eventual pérdida de funcionales de respaldo, en el caso que ellas fueran implementadas con proveedores diferentes de tecnología. No obstante ello, en el caso que por razones de mercado o estratégicas fuera imperativo particionar la red, se recomendaría hacerlo en tres zona: a) Arica – Santiago, b) Valparaíso - Santiago, c) Puerto Williams – Santiago.

5.1.4. Salidas Internacionales y posibilidades de interconexión futura

El punto de intercambio de tráfico nacional, para Internet, se encuentra ubicado en la ciudad de Santiago. Este tráfico representa el 6% del total de tráfico de Internet.

Para el tráfico internacional, normalmente los ISP de los operadores están también en la ciudad de Santiago y se conectan a los proveedores de red en esta ciudad y, esporádicamente, en Valparaíso.

Los proveedores de tráfico internacional para Internet más usados, son tres: Lan Nautilus, Level 3 y TIWS. Los dos primeros tienen sus puntos de interconexión en Santiago, mientras que el tercero ofrece la posibilidad de hacerlo también en Valparaíso. Esta alternativa, aunque viable, es poco usada ya que el precio no varía significativamente dependiendo si la conexión es en una u otra de las ciudades mencionadas, pudiéndose evitar el costo de entregar el tráfico en Valparaíso ya que los ISP están en Santiago.

Lan Nautilus, Level 3 y TIWS, permiten estructurar rutas hacia Estados Unidos, a través de los océanos Pacífico y Atlántico, siendo preferida la ruta a través del primero, ya que permite conseguir un menor retardo hacia el NAP de Las Américas en Estados Unidos. En este país, el acceso a Internet, y el ruteo del tráfico es provisto por proveedores como NTT, COGENT, TNET, TATA y TELIASONERA.

Aún cuando el tráfico internacional de Internet, representa el 94% del total, solo la mitad de este sale del país. El otro 50% es entregado localmente en Santiago, a través de peering con Google y con Akamai. También se encuentran centralizadas las funciones de caching.

Excepcionalmente, debido a los altos costos en transmisión, existen soluciones dedicadas de Caching en la ciudad de Punta Arenas, con el fin de reducir los requerimientos de transporte a la ciudad de Santiago.

Como ya se ha señalado, existen 3 proveedores en la actualidad y se espera que para fines del año 2018 esté en operación un cuarto proveedor a través del SAPL ("South America Pacific Link").

Este nuevo servicio, tiene contemplado llegar a la zona central (Valparaíso), más un segundo punto aún por definir, probablemente en la zona norte del país, no obstante aún no está confirmado, por lo que dicha información no se puede utilizar como un dato cierto para este diseño.

5.2. Troncal Submarina

5.2.1. Arquitectura

En este capítulo se entregará una visión general de la tecnología actual de los sistemas submarinos para telecomunicaciones, obviando efectuar una lata exposición respecto de factores tales como la historia, la evolución, la descripción de sistemas en operación en el mundo y otros aspectos que son profusamente ilustrados en la abundante literatura disponible en la red.

Tampoco se abundará en la descripción detallada de técnicas y componentes sofisticados que intervienen en la concreción de las diferentes tecnologías, por cuanto el objetivo de este trabajo es caracterizar, detallar y configurar una Troncal Nacional de Infraestructura Submarina de Telecomunicaciones entre Arica y Puerto Montt y su extensión hasta Puerto Williams.

Este Proyecto se basa fundamentalmente en las recomendaciones de la UIT, desde las normas ITU-T G.970 a la G.979 y la información descrita en esta sección esta basada en publicaciones del Bell Labs, además de conferencias internacionales de SubOptic 2010 y 2013 y del Pacific Telecommunication Council, tomando siempre en consideración a las recomendaciones de los proveedores de sistemas submarinos como Subcom, NEC, Huawei, Nokia (Alcatel), Infienara, NSW y Xtera, entre otros, todo ello unido a la experiencia de más de cuarenta años del consultor de esta materia.

Las modalidades principales en las que se establecen estos sistemas de redes; en resumen, con repetidores y sin repetidores, sin perjuicio que también existen sistemas mixtos que combinan ambas modalidades. Ambos sistemas requieren tecnologías altamente especializadas para resistir los rigores del ambiente marino.

Dependiendo de donde estén instalados los componentes del sistema se distingue entre “planta húmeda” y “planta seca”; siendo la planta húmeda todo aquello que resulta instalado bajo el mar, como el propio cable, ductos, repetidores, amplificadores, unidades de derivación y empalmes del cable. La planta seca comprende la cámara de amarre en la playa (BMH, por “Beach Man Hole”), el cable terrestre y su canalización hacia la estación del cable, el propio edificio y los equipos y elementos que este contiene, entre otros los equipos de multiplexión y los de gestión y mantenimiento de la red. En el caso de los sistemas con repetidores la planta seca incluye los equipos de alimentación en serie de los repetidores; estos equipos generan voltajes de varios KV en Corriente Continua y cierran el circuito formado por el componente de cobre del cable y las mallas de tierra en ambos extremos del tendido.

En los sistemas con repetidores la separación entre ellos es en promedio del orden del medio centenar de kilómetros o incluso mucho más, variación que se explica por cuanto dicha separación tiene relación directa con la capacidad, el tipo de fibra y la longitud total del sistema.

Los cables de un sistema con repetidores tienen largos tramos sobre el lecho oceánico en la llanura abisal. Estos tramos se realizan con cables ligeros, que finalmente se entierran solos con el tiempo en el sedimento marino y quedan muy bien protegidos, tanto por la profundidad de varios kilómetros como por su subsecuente soterramiento natural en el fondo. En adición a lo anterior, el cable ligero es más económico y es más rápido de instalar que los cables armados de configuraciones más robustas, estos últimos más onerosos y que en muchos casos requieren soterramiento en el fondo marino. Es por esto que el diseño siempre contempla salir desde la playa de amarre por la ruta más corta posible hacia los sectores más profundos del trazado.

En cambio, los cables de un sistema sin repetidores tienen recorridos costeros sobre la plataforma continental, por lo que quedan generalmente más expuestos. Es así como la profundidad de instalación es otro aspecto que diferencia a los sistemas con y sin repetidores. Mientras los unos se instalan a gran profundidad en la mayor parte de su trazado, los otros casi siempre utilizan exclusivamente la plataforma continental en profundidades menores cerca de la costa. Generalmente la plataforma continental y las aguas someras conllevan peligros mayores derivados de anclas de barcos, pesca de arrastre, dragados e incluso derivado de criaturas marinas que suelen morder los cables.

Para evitar estos riesgos, que afectan por igual a ambos sistemas se utilizan, entre otros, el soterramiento del cable en el fondo marino a no menos de 1,5 metros, cables especiales con una o dos armaduras, cables reforzados, ductos metálicos y normas emanadas de la autoridad marítima, y/o del marco legal, que prohíban las actividades de pesca de arrastre, el anclaje y el dragado en una franja de protección del tendido.

Los sistemas submarinos sin repetidores modernos se instalan en combinación con los sistemas tradicionales de transmisión terrestres, de manera que se integren a las redes existentes mediante una transición transparente que incluya los procesos de operación, gestión y mantenimiento. Con esto, se hace posible la integración del sistema de cable submarino con áreas geográficas hacia el interior del país. Los elementos que hacen esto posible son los amplificadores ópticos basados en fibras dopadas con Erblio (EDFA), la amplificación distribuida o Raman, las fibras con dispersión desplazada (G.653) u otras con características muy específicas (G.654, G.655 y G.656) y los equipos terminales del sistema submarino.

La fibra estándar actual, o G.652 D, no es recomendable para tramos submarinos largos por su reducido campo nodal (8,6 a 9,5 μm) y porque se trata de una fibra optimizada para 1.310 nm, que funciona para 1.550 nm, pero con una pérdida estandarizada de 0,35 dB/km en enlace, en lugar de los 0,25 dB/km o menos que se puede obtener con una fibra especializada como la G.654.D. Sin embargo, tratándose de

cruces y tendidos cortos de la TNIT Terrestre, se considerará cables con fibra estándar y un alto número de pares a determinar para cada caso particular. Al comparar ambos sistemas siempre está presente que en aquellos sin repetidores la ampliación de capacidad se logra iluminando con nuevos equipos terminales (SLTE, por Submarine Line Terminal Equipment) las fibras oscuras disponibles; en cambio, para ampliar la capacidad inicial de los sistemas repetidos es necesario reemplazar los equipos terminales (SLTE) por otros, de tecnología actualizada, que operen a la capacidad máxima que acepte la cadena de repetidores y la electrónica sumergida del sistema. En la siguiente Tabla N° 1 se efectúa un análisis comparativo de ambas tecnologías para nueve diferentes factores, haciendo presente que se utilizó como modelo una antigua tabla publicada por AT&T SSI, modificada, ampliada y actualizada por el consultor.

FACTOR	CON REPETIDORES	SIN REPETIDORES
Longitud	9.000 kilómetros o más. La distancia entre repetidores depende de la longitud total del sistema, de la velocidad de transmisión y de la tasa de errores requeridos. El espaciamiento de repetidores puede llegar a unos 120 km.	La longitud máxima es inversamente proporcional a la densidad de la multiplexión de las longitudes de onda de trabajo. Apto para longitudes menores a 400 o 500 km, dependiendo del proveedor.
Configuración del cable	Secciones típicas de 2 a 6 pares de fibras.	Secciones típicas de 6, 8 y 12 pares de fibras; pudiendo llegar incluso a 72, 96 y más pares.
Confiabilidad	> una reparación en 25 años.	< una reparación en 25 años para un tramo extra largo punto a punto.
Capacidad DWDM	10 Tbit/s por par de fibras (100 λ de 100 Gbit/s).	10 Tbit/s por par de fibras (100 λ de 100 Gbit/s) o más, incrementada por la alta cantidad de fibras.
Modernización	Restringida por el diseño inicial.	Sin restricción, basta el reemplazo o actualización de los equipos terminales.
Alimentación eléctrica (nKV en CC)	Requerida para alimentar en serie la cadena de repetidores.	No se requiere.
Vida útil	25 años.	25 años.
Mantenimiento	Compleja.	Simple.

Costo	A partir de unos U\$ 35.000 por km, para un sistema regional < 3.500 km sobre dos pares de fibra.	A partir de unos US\$ 26.000 por km para un sistema punto a punto, aumentando gradualmente para sistemas festoneados, por pares de fibra y por capacidad.
-------	---	---

Tabla 6 Análisis comparativo de factores de diseño del sistema.

NOTAS:

1.- La modernización de un sistema con repetidores depende fuertemente del diseño inicial, del número de pares, del número de repetidores, del espaciamiento entre repetidores y del tipo de electrónica sumergida. El diseño inicial considera la capacidad máxima de la planta húmeda, pero puede contemplar posibles ampliaciones programadas de los equipos terminales o su reemplazo. La modernización de un sistema sin repetidores sólo depende del número de fibras extras disponibles y del reemplazo de los equipos terminales.

2.- Los costos señalados en la tabla corresponden a valores típicos promedio de mercado, y su utilidad consiste en la posibilidad de anticipar un valor estimativo para un sistema cuyo estudio detallado interesa iniciar.

5.2.2. Nodos, POIT

Los POITT del sistema submarino serán coincidentes con los POITT determinados para la TNIT Terrestre y quedarán ubicados a una distancia variable desde la BMH respectiva. Esta distancia será de unos pocos kilómetros y se determinan observando dos condiciones principales: la cercanía de la ciudad o localidad costera que albergará el nodo del sistema y que las instalaciones del POITT queden emplazadas en zonas que no tengan riesgo de inundación, según las Cartas de Inundación Tsunami del SHOA para cada localidad y punto de amarre del cable submarino.

Serán comunes con los POITT terrestres, y en los casos que conllevan funcionalidad submarina se agregan las obras civiles requeridas para la cámara de amarre del cable submarino (BMH, por Beach Man Hole) y las obras para llegar con el cable terrestre desde la BMH al recinto del POITT.

El recinto será un contenedor, especialmente habilitado y equipado que está descrito en detalle en el capítulo respectivo de la TNIT Terrestre, recinto en el cual se instalarán los armarios que contendrán los equipos terminales terrestres/submarinos, unos

destinados al enlace hacia el norte y otros al enlace hacia el sur; excepto en el caso de los contenedores de Arica y Carelmapu.

La Recomendación de la UIT G.973, que trata sobre las características de los sistemas de cable submarino de fibra óptica sin repetidores, representa las interfaces de un sistema multicanal de la siguiente manera:

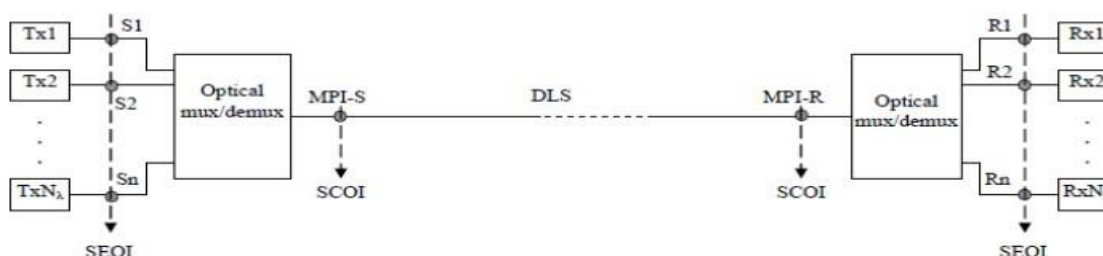


Ilustración 12 Interfaces del sistema submarino sin repetidores (Rec. G.973 UIT).

Donde las siglas del inglés representan lo siguiente:

DLS: Sección de línea digital óptica.

MPI: Punto de referencia para el enlace principal.

SEOI: Interface electro-óptica submarina.

SCOI: Interface óptica del cable submarino.

La Recomendación G.973 citada más arriba también entrega las distintas configuraciones que puede adoptar un sistema submarino sin repetidores, las que son las siguientes:

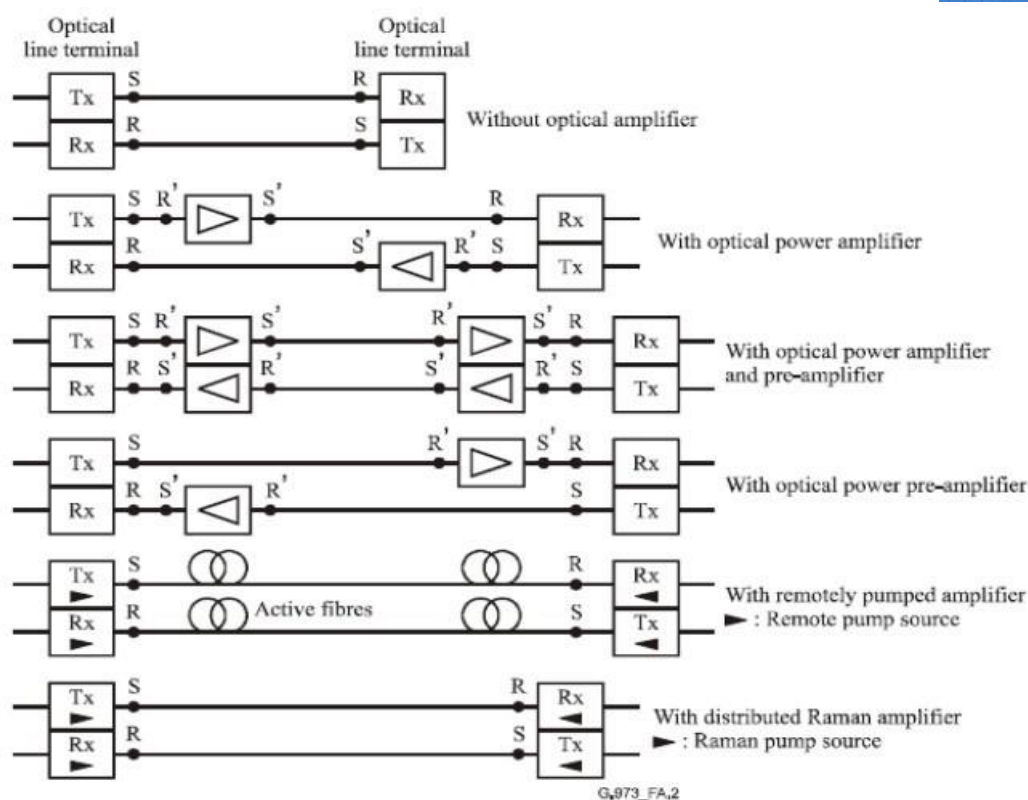


Ilustración 13 Posibles configuraciones para un sistema submarino sin repetidores.(Rec. G.973 UIT)

Para el diseño de la TNIT Submarina se han considerado para este estudio solamente cuatro opciones de configuración: sin amplificadores ópticos, con amplificador óptico EDFA bombeado desde el lado de recepción, con amplificación distribuida Raman y una combinación de amplificación EDFA con distribuida Raman. Para los dos últimos casos se consideró en ambos el bombeo Raman desde el lado de transmisión.

La inclusión de la corrección anticipada de errores (FEC) en los equipos terminales, que codifica la señal transmitida con bytes suplementarios que se utilizan en el lado de recepción para detectar y corregir errores, permite mejorar el presupuesto óptico en unos 5 dB. En el diseño de la TNIT Submarina se contempla que el equipamiento tenga incorporada la corrección anticipada de errores.

En el diagrama en bloques de la figura siguiente se muestra el esquema típico de un terminal de cable submarino, en esta la línea roja indica la conexión principal en fibra óptica. Distintos proveedores ofrecen también diferentes conceptos para este diagrama, pero en esencia son modelos parecidos al aquí entregado.

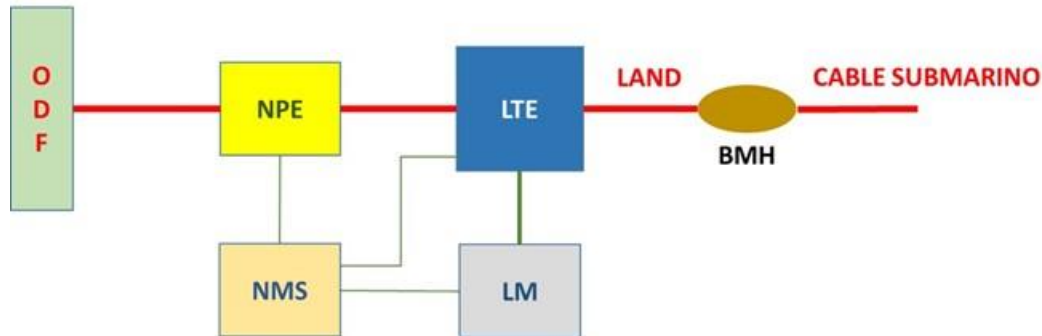


Ilustración 14 Diagrama en bloques típico del equipamiento en planta seca de una estación de cable submarino (elaboración propia).

Donde las siglas del inglés representan lo siguiente:

LTE: Equipo terminal de línea óptica.

NPE: Equipo de protección de línea y funciones de switch.

NMS: Sistema de gestión de red.

LM: Monitoreo del cable submarino.

Equipos

A continuación, se muestran los principales equipos que se utilizarán para la TNIT Submarina.

Line Terminal Equipment

Para el diseño de la TNIT, se han considerado equipos de la familia 1830PSS de Nokia, en base a los cuales ha sido evaluada la inversión total del proyecto. Se ha considerado de manera estándar, las siguientes características:

Características principales:

- Multiplexión y demultiplexión densa WDM.
- Capacidad de transmisión de hasta 8,8 Tbps (88 canales @ 100Gbps).
- Salida de alta potencia “booster” proporcionada por amplificador óptico EDFA.
- Excelente sensibilidad de recepción gracias a un pre-amplificador EDFA.
- Pre-amplificador en línea (IRPA) y/o amplificación Raman.
- Diversas y flexibles interfaces tributarias:
 - 100GbE, OTU4 (software switchable)

- STM-256, OC-768, OTU3 (software switchable)
- STM-64, OC-192, OTU2/2e, 10GbE LAN-PHY/WAN PHY (software switchable)
- STM-16, OC-48
- Función de corrección anticipada de errores avanzada (soft decisión).
- Varios esquemas de modulación disponibles para optimizar la capacidad del sistema.
- Extremadamente reducido: hasta G 15 x 100, 16 x 40 G o 32 x 10 G transponders por rack.

In-line Remote Pre-Amplifier IRPA

Características principales:

- No requiere energía eléctrica en la planta sumergida.
- Una señal de bombeo de 1.480 nm, inyectada desde el lado de recepción, excita el tramo de fibra dopada en Erblio del IRPA.
- La señal bombeo es transmitida sobre el mismo par de fibras utilizado para la transmisión, por lo que no requiere fibras adicionales.
- Acomoda hasta 8 sistemas (pares de fibras).

Sin mediar licitación, es más complejo obtener las configuraciones y los valores de los equipos de manera exacta, por lo que los valores contemplados son de tipo referencial.

Las especificaciones en detalle de los equipos, serán posible de obtener una vez que el proyecto entre a una fase de licitación. Sin embargo, las condiciones técnicas consideradas hasta esta etapa, son suficientes para concluir apropiadamente un diseño preliminar.

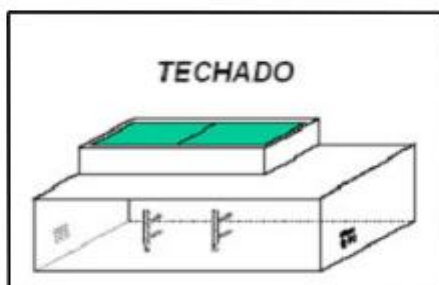
5.2.2.1. Obras Civiles

Se definen y explican cada una de las estructuras necesarias para desarrollar la troncal submarina.

La cámara BMH ("Beach Man Hole", o cámara de amarre del cable submarino), será una estructura de hormigón armado que irá enterrada. Deberá tener unas dimensiones tales que permitan alojar las transiciones de cable mencionadas, incluyendo una longitud extra de cable (aproximadamente 20 metros, por el lado de la conexión del cable submarino) prevista para las posibles deformaciones de la línea. Además, las dimensiones de la BMH deben permitir el acceso de personal y el espacio necesario para la realización de operaciones de mantenimiento.

La cámara irá enterrada en la playa, a una distancia de aproximadamente 50 metros desde la marea más alta (datos a confirmar para cada cámara), y dejando hacia el exterior solo la tapa.

Para este proyecto se ha considerado el modelo tipo banqueta, según diagrama adjunto. Las dimensiones podrán ser modificadas en un porcentaje no mayor al 10%, de acuerdo a las condiciones de terreno



UBICACIÓN	TIPO DE POZO	PROFUNDIDAD (cm)	LONGITUD (cm)	ANCHO (cm)
BANQUETA	P2T	255	402	255
ARROYO	P1C	255	304	167
	P2C	260	392	180

Ilustración 15 Diagrama explicativo BMH

En la BMH se conectarán a tierra las pantallas y armaduras de los cables para garantizar que no existan tensiones inducidas en las cubiertas metálicas.

Por otra parte, en cuanto a la distribución interna de la BMH, esta podrá ser similar al diagrama adjunto.

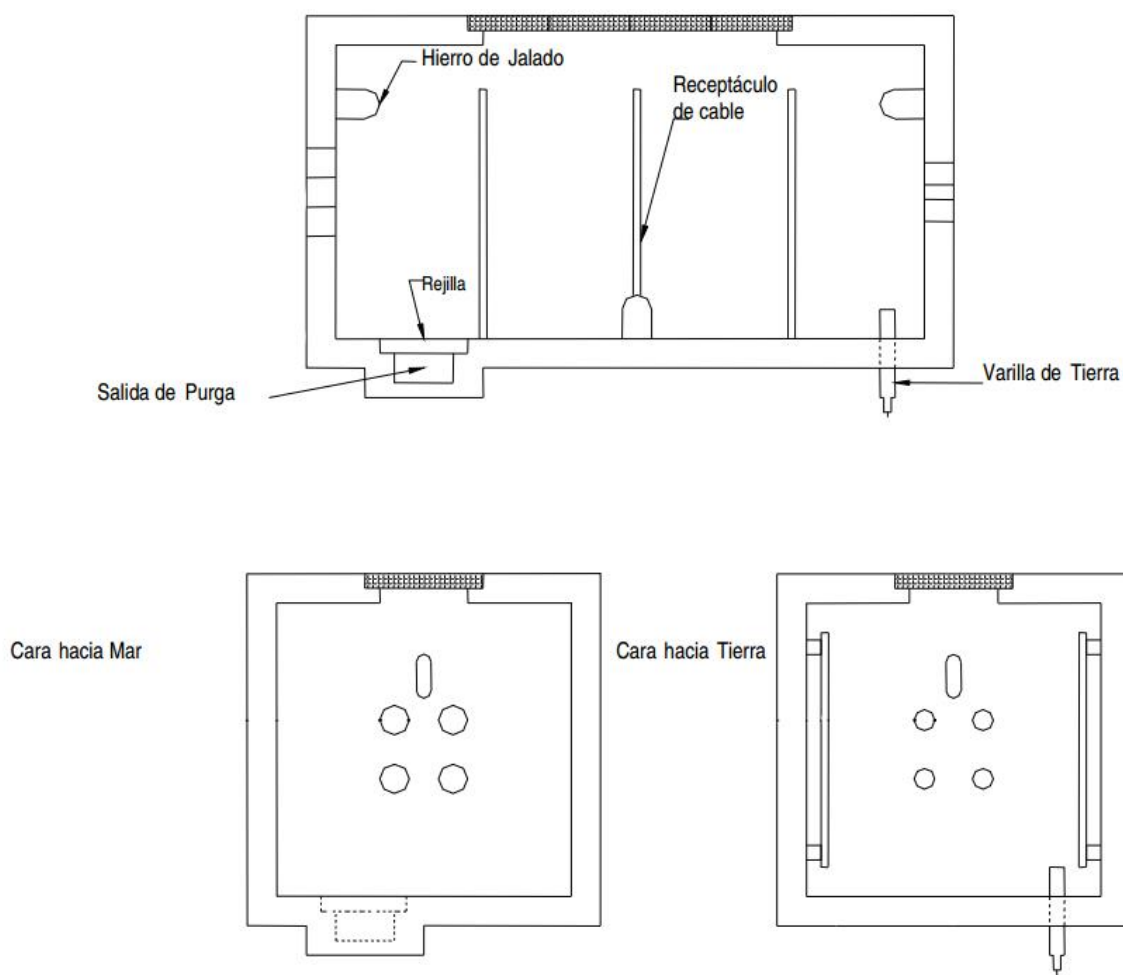


Ilustración 16 Distribución Interna BMH

La cantidad de pasadas para la conexión de la troncal terrestre podrá ser de solo dos pasadas. Sin embargo, para la conexión de la troncal submarina se define que deberán contar con 4 pasadas.

En cuanto a las obras civiles para las salas de equipos, estas son descritas en el apartado dedicado a los tendidos terrestres ya que cumplen las mismas características al utilizarse un mismo equipo para mirar hacia el trazado submarino y terrestre, dadas las características pasivas de la red humeda.

5.2.2.2. Energía

Las cámaras BMH no están energizadas. Todo el equipamiento interno no requiere de energía. Asimismo, en caso de una inundación, la conectividad de la F.O. no se verá afectada.

5.2.3. Tendidos FO, TRIOT

Las características propias de cada bucle del festón (TRIOT), los tipos y longitudes de cable y el esquema en línea recta de referencia (SLD) se muestran en el anexo 8.7; mientras que en otros títulos de este mismo documento se describirán las características del equipamiento, las pérdidas del segmento y otros detalles del TRIOT respectivo.

Las longitudes de cada tipo de cable han sido extraídas, conforme a los criterios de diseño ya señalados, de las cartas marítimas utilizadas para desplegar la ruta de cada bucle.

5.2.3.1. Filamentos de FO, cables y protecciones del cable

Tipo de fibra óptica en el cable: según Rec. UIT G.654 D en sistema y G.652 D en cruces cortos.

Tipo de cable para profundidades de 0 a 20 metros: Doble Armado, DA, soterrado y/o protegido con ducto articulado y/o bolsas de cemento o arena donde se requiera.

Tipo de cable para profundidades de 20 a 1.000 metros: Armadura Simple, SA, 100 % soterrado hasta los 300 metros; 60 % soterrado entre 300 y 1.000 metros. (estadísticamente sólo el 60% del recorrido del cable requiere ser soterrado entre los 300 y los 1.000 m de profundidad).

Tipo de cable para profundidades de más de 1.000 metros: Cable Ligero, LW, en general sin soterrar.

Profundidad de soterramiento en el fondo: 1,5 metros.

5.2.4. Criterios y condiciones de diseño técnico

Los factores principales que se tomarán en cuenta para el diseño de la TNIT Submarina están directamente relacionados con la capacidad, la calidad, el costo, la confiabilidad, el desempeño, el nivel operacional y el mantenimiento. En estos factores también juegan un papel relevante los estándares de la industria, las recomendaciones de la UIT y el marco regulatorio del país, especialmente en lo que se refiere a la protección del medio ambiente.

Capacidad: será de al menos 8,8 Tbps por un par de fibras sobre un total de 8 pares del mismo tipo en el cable (16 filamentos). De esta manera 5 pares de fibra servirán para futuras ampliaciones de capacidad o modernizaciones de equipamiento en planta seca, ya que se considera dejar uno de maniobra y uno de respaldo.

Calidad: se requerirá certificar el cumplimiento del estándar ISO 9001:2015 como modelo a aplicar para la calidad en el diseño, desarrollo, fabricación, instalación y servicio. Este modelo está ampliamente adoptado por la industria de los sistemas submarinos.

Costo: solución costo efectiva acorde con el mercado, con la evaluación social del proyecto y con una relación costo beneficio siempre positiva.

Disponibilidad en tramo oceánico: 99,9 %. Para los sistemas submarinos de telecomunicaciones el corte de cable o fibra que requiera buque no se considera en el cálculo de la disponibilidad. Es decir, el número de reparaciones, y no la duración, es la métrica adecuada que se utiliza en el área de los sistemas submarinos.

Probabilidad de “outage” en tramo oceánico: 0,001.

Disponibilidad en tramos interiores complejos: a determinar para cada caso en particular.

Operación y mantenimiento: dotado de sistema de gestión enteramente compatible con las redes terrestres.

Seguridad y protección del medio ambiente: cable submarino sin corriente eléctrica y cuyos componentes son inocuos e inofensivos para el medio ambiente marino.

Tasa de reparación cable submarino en bucles festón: < una intervención en 25 años con empleo de buque.

Probabilidad de reparación cable submarino en cruces cortos soterrados: 0 %.

La configuración tipo festón, consiste básicamente en una serie de arcos de cable submarino tendidos entre ciudades costeras que utiliza en la mayoría de los casos sistemas sin repetidores. Es una alternativa de trazado que además resuelve situaciones en las cuales los tendidos terrestres encuentran dificultades de instalación y

mantenimiento, ya sea debido a la topografía o al tipo de tendido (ej, fibra óptica en cable OPGW, saltos de quebradas importantes, etc).

El festón se diseña con un número de fibras mayor que los requeridos inicialmente, de manera de anticipar holgadamente las futuras demandas de capacidad; en estas últimas condiciones, el único requisito sería la incorporación de nuevos equipos en las estaciones terminales del cable.

Como es fácil notar, la arquitectura de festón imita en general la de una instalación terrestre tradicional de fibra óptica.

Tratándose de un país como Chile, con una larga línea costera entre Arica y el Canal de Chacao y con toda esa línea tachonada por numerosas ciudades y pueblos costeros, todas las ventajas que entrega el sistema submarino sin repetidores pueden ser plenamente aprovechadas por intermedio de una configuración de red del tipo festón.

Las distancias entre ciudades y localidades del festón, y por ende entre sus POITT's, fluctuarán a priori entre los 100 y los 340 kilómetros;

En todo caso, el mercado ofrece equipamiento para sistemas sin repetidores que superan los 400 km e incluso los 500 km. Por esta razón los criterios de diseño para el sistema submarino sin repetidores son los mismos descritos anteriormente, excepto lo siguiente:

- El sistema que unirá Tortel con Puerto Edén y Puerto Natales tendrá idénticos criterios de diseño que aquellos de la TNIT Submarina.
- Los otros tramos se establecerán en cable configurado con fibra estándar G.652 D en cantidad de pares definida para cada tramo, según se indica más adelante.

5.2.4.1.1. Alcances del diseño

5.2.4.1.1.1. Elaboración de Matriz de capacidades de infraestructura por localidad (POIT)

La capacidad de la infraestructura de la troncal nacional submarina está definida por la capacidad del cable de fibra óptica, es decir la cantidad de filamentos de fibra óptica que tendrá la troncal, la que se definió para efectos de la parte submarina en 8 pares de fibra, es decir 16 filamentos, los cuales solo se iluminará 1 par, 1 par quedará para respaldo y otro par para pruebas. Los otros 5 restantes quedarán como fibra oscura, todos las regiones y puntos de acceso a nivel nacional, esto se resume en la siguiente tabla:

Ciudad de llegada y salida de la Fibra Óptica submarina	Equipo
Arica Pisagua Iquique Tocopilla Antofagasta Taltal Chañaral Caldera Hualco Coquimbo Los Vilos Valparaíso San Antonio Pichilemu Constitución Concepción Pto. Saavedra Niebla Bahía Mansa Carelmapu Ancud	Fibra óptica submarina: 8 Pares de fibra óptica de entrada al nodo y 8 pares para la salida del nodo.

Tabla 7: Matriz de dimensionamiento por nodo

5.2.4.1.2. Elaboración de Matriz de Capacidades de Transporte

La capacidad de la infraestructura de la troncal nacional submarina está definida por la capacidad de los equipos definidos por los proveedores, donde la limitación de la red está dada por la cantidad de longitudes de ondas, que puede multiplexar el nodo. Este nodo maneja la tecnología ROADM y la capacidad de Gbps transportada por cada par de fibra óptica, esto será igual para todas las regiones y puntos de acceso a nivel nacional.

Finalmente, la capacidad de transporte del nodo es 100 Gbps por par de fibra óptica, además tiene la capacidad de multiplexación de 88 lambdas por filamento. Por lo tanto, la capacidad de la troncal nacional en todos sus puntos es de 8,8 Tbps por par de filamento de fibra.

5.2.4.1.3. Capacidad de crecimiento a 5, 10 y 20 años

La capacidad de crecimiento de la troncal de fibra óptica submarina, estará restringida por el diseño inicial, pero esta tiene la capacidad expandirse por fibra óptica, ya que se utilizarán 3 pares de fibras, 1 para la operación, 1 para respaldo y 1 de pruebas. Con esto quedaran disponibles 5 pares adicionales de fibra óptica. Para enfrentar el crecimiento dentro de 5, 10 y 20 años ya han sido contemplados para ser soportados por la troncal con los 3 pares de fibra. Otra forma de enfrentar el crecimiento es aumentando la capacidad de los nodos en tierra, los cuales tienen capacidad dada por las tarjetas ópticas, el diseño original contempla tarjetas de 100Gbps con los cuales se estima que soportara 8,8 Tbps a 10 años y modernizando la electrónica en esa época por otra de mayor capacidad (ya se habla de equipos de 100 lambdas de 400 Gbps), o habilitando más equipos en los pares disponibles.

5.2.4.1.4. Criterios de Selección de tecnologías, sistemas y Equipos

Las tecnologías actuales juegan un importante papel en el despliegue de los sistemas de cables submarinos cuyo objetivo es proveer comunicaciones al nivel nacional, o incluso para construir un sistema vertebral de muy alta capacidad que una las ciudades y pueblos costeros. Los sistemas sin repetidores resultan ser los más apropiados para desempeñar este papel; eso por cuanto los amplificadores ópticos combinados con fibras de baja pérdida, o más sofisticadas, permite obtener distancias de centenares de kilómetros sin necesidad de incorporar repetidores. Los tramos resultantes, contruidos típicamente con cables de muchas fibras, son, desde una perspectiva de ingeniería de redes, similares a los de las instalaciones terrestres.

Los sistemas sin repetidores pueden utilizar los mismos formatos estandarizados de transmisión y las mismas interfaces de gestión que las redes terrestres; lo cual genera una alternativa de enrutamiento para los enlaces terrestres existentes o para extender la conectividad a lugares inaccesibles por tierra. Con esto, los tramos submarinos y los terrestres se pueden unir para crear una estructura anular o reticular redundante para la restauración y gestión del tráfico.

En esencia, las principales ventajas de estos sistemas son una mayor confiabilidad, el nivel superior de compatibilidad con los sistemas terrestres, la flexibilidad para su modernización, el menor costo y la simpleza de su mantenimiento.

La Recomendación G.973 de la UIT describe en detalle este tipo de sistema y sus características, por lo cual a continuación se combinarán aspectos incluidos en dicha recomendación con otros emanados de la experiencia en la industria, a fin de avanzar hacia una adecuada caracterización y configuración de la TNIT Submarina.

El diagrama en bloques siguiente describe gráficamente un sistema sin repetidores, por simplicidad del dibujo se muestra sólo la dirección de transmisión.

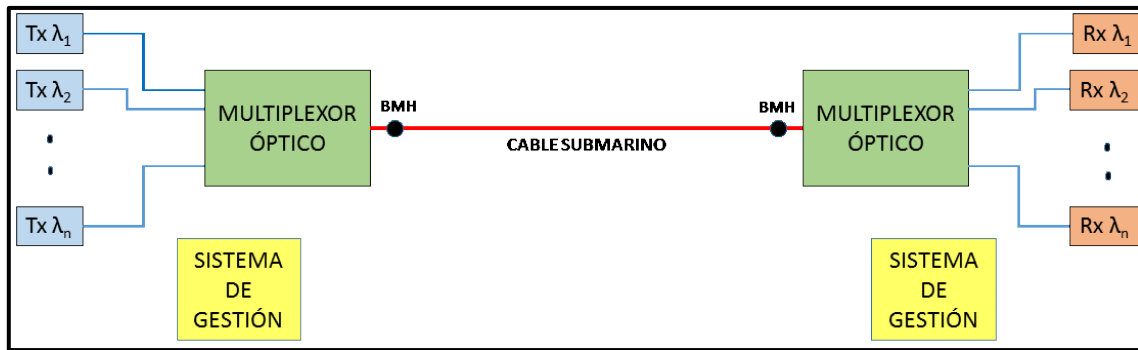


Ilustración 17 Diagrama en bloques de un sistema sin repetidores simplificado para mostrar la dirección de transmisión.

Fuente: elaboración propia.

Para lograr un mayor alcance a un sistema tan simple como aquel de la figura anterior es necesario agregarle amplificación para la señal óptica.

Los sistemas sin repetidores pueden utilizar dos modalidades para amplificar la señal y alcanzar una mayor distancia, siendo la más empleada aquella que utiliza amplificadores ópticos remotos, conformados por un tramo en línea de fibra dopada con Erblio y bombeados desde uno de los terminales con un haz de longitud de onda ligeramente inferior a los considerados en la multiplexión. La segunda modalidad aprovecha el efecto Raman, que utiliza la propia fibra de transmisión como medio amplificador, por lo que se denomina amplificación distribuida; esta modalidad también requiere un haz de bombeo de alta potencia. Para los primeros la industria se refiere a ellos alternativamente como ROPA (Remote Optically Pumped Amplifier) a bien como EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifier). Cabe hacer notar que la fibra también puede ser dopada con algún otro elemento de la familia química de las tierras raras, pero el Erblio es el más utilizado en los sistemas comerciales.

Para obtener sistemas ultra largos también es posible combinar ambas modalidades de amplificación e incluso considerar post-amplificadores, preamplificadores y amplificación distribuida.

En la figura siguiente se muestra un sistema comercial que utiliza preamplificadores remotos de fibra dopada en Erblio en el lado recepción, con bombeo de un haz de 1.480 nm aplicado en el sentido contrario a la trama de señal y sobre la misma fibra.

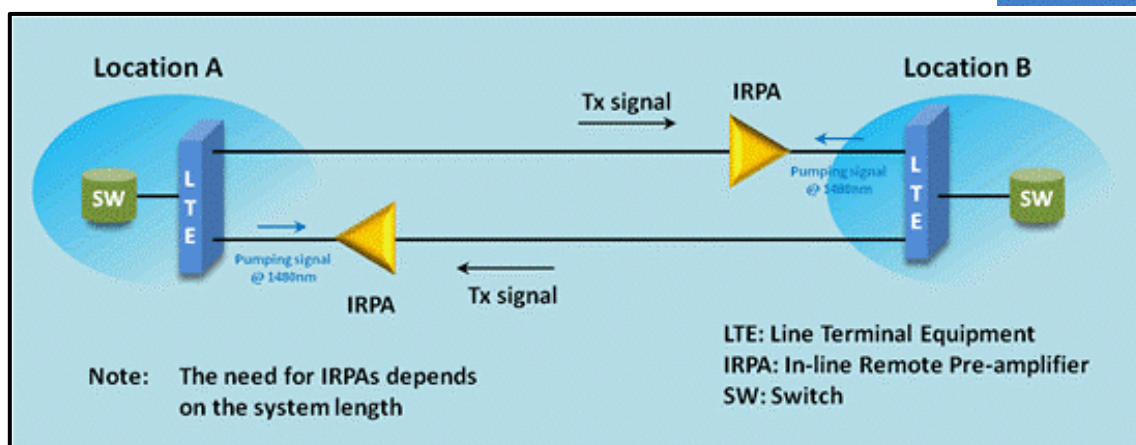


Ilustración 18 Diagrama en bloques de un sistema sin repetidores con preamplificadores.

Entre las ventajas de los sistemas sin repetidores se debe considerar que se utilizan cables más livianos, fáciles de transportar, incluso en contenedores desde un puerto de origen. Esto último evita el uso de buques cableros, que ocupan un costoso tiempo sólo para ir a cargar el cable en origen y luego trasladarse a la zona de instalación. También es habitual para el mantenimiento utilizar buques no especializados y barcos pequeños. Con esto, lo descrito se convierte entonces en un factor crítico en la reducción de los costos de los sistemas sin repetidores.

Cabe señalar que en términos de costo, un buque cablero desde que sale de su puerto base y hasta que regresa a este tiene un costo diario que fluctúa entre US\$ 50.000 y US\$ 95.000 diarios, por lo que la utilización en todo lo posible de buques estándares de transporte y medios locales resulta imperativo para el operador del sistema.

Tal vez una de las desventajas de los sistemas sin repetidores estriba en que su trazado utiliza la plataforma continental, en aguas relativamente someras, lo que obliga a soterrar en largos tramos el cable en el fondo marino o a emplear cables especiales de mayor costo. En el pasado este soterramiento, que se logra con arados remolcados por el buque, alcanzaba a 60 centímetros, actualmente la mayoría de los operadores exigen 1,5 metros. Sólo los buques cableros cuentan con este tipo de herramienta, entre otras, y logran tender soterrado a velocidades entre los 0,5 y 5 nudos.

La configuración de la red tipo festón consiste básicamente en una serie de arcos de cable submarino tendidos entre ciudades costeras que utiliza en la mayoría de los casos sistemas sin repetidores. Es una alternativa de trazado que además resuelve situaciones en las cuales los tendidos terrestres encuentran dificultades de instalación y mantenimiento, ya sea debido a la topografía o al tipo de tendido (ej, fibra óptica en cable OPGW, saltos de quebradas importantes, efecto del fuego ante incendios forestales, etc).

5.2.4.2. Respaldos, posibilidad 1+N por tramos

El proyecto descrito, entrega una importante conectividad para el país e incluso permite respaldar sistemas terrestres entre el norte, el centro y sur del país. Al existir tres rutas de cable, en la mayoría del tendido de la TNIT (Submarina, ruta costera y ruta interior), se logra una arquitectura de respaldo del tipo 2N+1, iluminada por equipos ROADM, que pueden lograr sacar el mayor provecho a esta red en materia de respaldo.

Para el largo plazo se puede mencionar la posibilidad que se establezca un cable submarino entre Chile y Nueva Zelandia, idea con más de veinte años en el mercado global de cables. Este hipotético cable resulta más corto mientras más al sur de la costa chilena se establezca.

Es así como el lugar ideal de llegada para el cable sería una branching unit en el océano frente a Puerto Natales, lugar donde se ahorra unos 2.000 kilómetros con respecto a un cable directo a Valparaíso; este ahorro para un megacable oceánico estaría en el orden de los 80 millones de dólares. También existe una economía de trayecto si el cable llega, por ejemplo a Carelmapu, aprovechando que existiría allí un importante nodo que da acceso a una red respaldada constituida por las troncales nacionales terrestres y submarinas y con una capacidad de 8,8 Tbps, además de 5 pares de fibra oscura disponibles.

El operador del cable Transpacífico puede elegir para acceder a los nodos internacionales en Valparaíso y/o Santiago directamente la TNIT existente o contratar y equipar pares de fibra oscura en la TNIT submarina.

Sin embargo, también puede elegir llegar directamente a Valparaíso si esto se acomoda a su propio modelo de negocios, razón por la cual no resulta prudente diseñar sistemas en el país contemplando una hipótesis que los actores de la industria ni siquiera mencionan en los últimos años.

5.2.4.3. Otros

Acerca de la Conectividad Internacional Presente y Futura

La conectividad internacional oceánica del país se obtiene por medio de tres sistemas submarinos establecidos en los años 1999 y 2000. Estos tres sistemas son los siguientes:

- PAN-AM, Cable Panamericano, del consorcio de igual nombre, inaugurado en Arica en 1999. En Chile sólo Entel y Telefónica son parte del acuerdo. Capacidad original 2,5 Gbps, ampliado a DWDM con 4 lambdas de 10 Gbps para Arica. Fuente TYCO SN y ex asesor y consultor en Chile para AT&T SSI y TYCO SN.

- SAC, originalmente SAC-1 de Global Crossing y actual Level 3, año 2000, capacidad inicial 40 Gbps ampliada a 6,5 Tbps, playa de amarre en Valparaíso, fuente Level 3, aunque el mercado señala que es sólo de 3,8 Tbps
- SAM-1 de Telefónica, también TIWS por Telefónica Internacional Wholesale Services, año 2000, Arica y Laguna Verde (Valparaíso) capacidad inicial 40 Gbps ampliada a 1,92 Tbps, fuente TIWS y antecedentes de la industria.

Con respecto a la conectividad futura de corto plazo el proyecto SAPL, South America Pacific Link está programado para llegar al norte de Chile y Valparaíso en el tercer cuarto del año 2018.

Este proyecto de Ocean Networks a construir por Alcatel-Lucent se muestra en el siguiente diagrama.

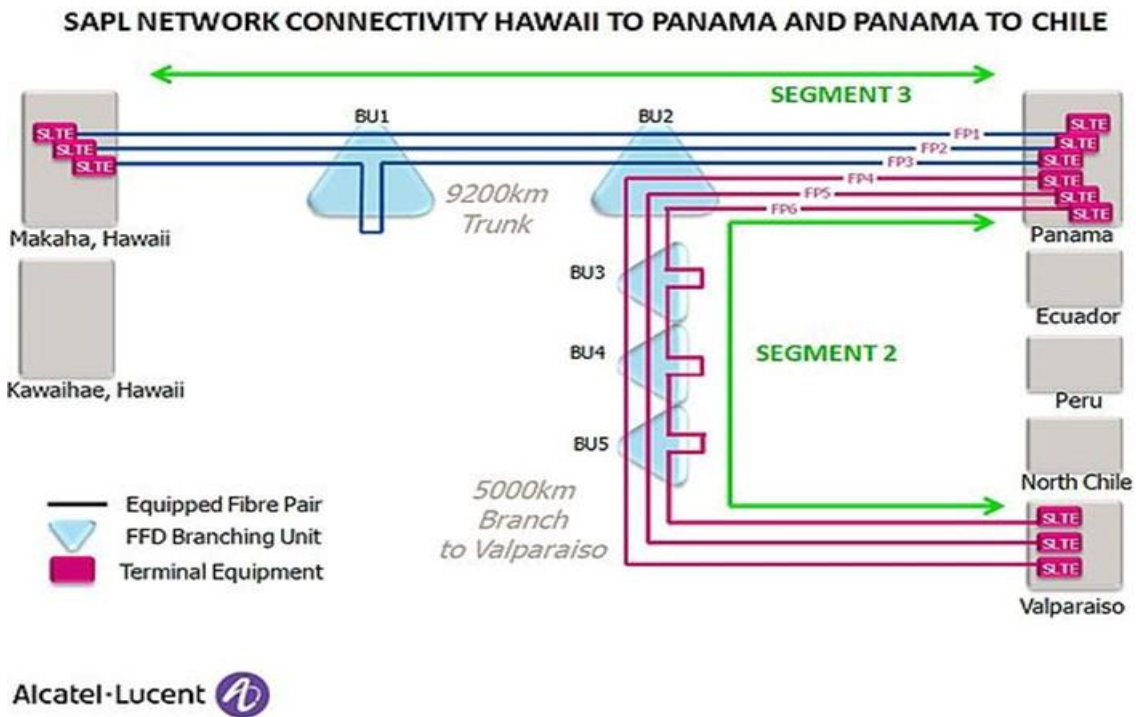


Ilustración 19 South American Pacific Link Network Connectivity

El sistema se extiende desde Hawai a Panamá con tres pares de fibra y 12 Tbps de capacidad y desde Panamá a Valparaíso también con tres pares, pero con 15 Tbps de capacidad; una branching unit en el norte del país conectará una ciudad aún no determinada. Un tercer segmento, con tres pares de fibra de 15 Tbps conectará los EEUU con Panamá.

Las Bases establecen la entrega de un listado de permisos y autorizaciones operativas requeridas por las autoridades nacionales, regionales y/o locales correspondientes para todas las operaciones relativas al proyecto de la TNIT Submarina.

Más que un listado, vale la pena referirse en extenso a este tema por cuanto tiene aspectos aún poco definidos por la normativa y los procedimientos en lo que se refiere al ámbito marítimo.

En todo caso, sobre esta materia en general y para el caso de la TNIT Sub intervienen por ley al menos los siguientes entes públicos:

- a) El Ministerio de Defensa Nacional a través de la Subsecretaría de Marina, sus órganos correspondientes y las Capitanías de Puerto con tuición en cada playa de amarre del cable,
- b) El Ministerio del Medio Ambiente a través del denominado Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y del correspondiente Servicio de Evaluación Ambiental (SEA),
- c) La Municipalidad de cada lugar de aterraje del cable submarino y su POITT,
- d) DIRECTEMAR por la autorización al o los buques cableros para sus actividades en el Mar Territorial y la Zona Contigua,
- e) El Servicio Nacional de Aduanas por la internación del cable, equipos y todos sus elementos, y
- f) Otros servicios que son consultados por alguno de los anteriores para el otorgamiento de los permisos (ej. SII por las tasaciones y regionales por la evaluación ambiental).

Ahora bien, en lo que dice relación con el ámbito marítimo, hasta ahora sólo se ha tramitado y otorgado concesiones de playa y terreno de playa a los cables submarinos instalados por parte de la autoridad marítima correspondiente, sin referirse por años a la fecha al fondo de mar que menciona el reglamento de concesiones marítimas, reglamento cuya síntesis norma lo siguiente:

“El terreno de playa, la playa, el fondo de mar y las porciones de agua, son bienes nacionales de uso público, es decir, patrimonio de todos los chilenos y pueden ser entregadas en concesión a personas naturales o jurídicas.

*En tal sentido, cualquier persona, empresa, organización o servicio público que desee desarrollar un proyecto en dichos sectores, debe contar previamente con una autorización otorgada por el Ministerio de Defensa Nacional por medio de la Subsecretaría para las Fuerzas Armadas, y que se denomina “**Concesión Marítima**”.*

El Ministerio de Defensa Nacional es el organismo que tiene la facultad privativa de permitir el uso y goce de sectores de terreno de playa fiscales (80 metros medidos desde la línea de más alta marea); playa (comprendida entre la línea de baja y de alta marea); fondo de mar y porciones de agua.

Para acceder a una concesión marítima, el interesado debe presentar su solicitud en la Capitanía de Puerto con jurisdicción en el sector donde desea realizar su proyecto”.

Como se aprecia, el fondo de mar también es sujeto de concesión marítima, no obstante la norma no se ha aplicado a los cables existentes como se verá más adelante.

Los cables existentes que llegan o están instalados en el país están en la situación siguiente respecto a la norma:

- Cable Panamericano en playa Las Machas de Arica. No registra concesión ni permiso.
- Cable de TIWS, Telefónica, en Arica, Concesión Marítima Mayor otorgada por DS 129 para *“MANTENER UNA ZONA DE RESGUARDO EN EL SECTOR DONDE SE UBICA EL TENDIDO SUBTERRANEO DEL CABLE SUBMARINO PARA LA INSTALACION DE UN SISTEMA DE TRANSMISION DE FIBRA OPTICA, OBJETO DE LA CONCESION DE SERVICIO INTERMEDIO DE TELECOMUNICACIONES OTORGADA POR DECRETO N° 342 DE 2000 DEL MINISTERIO DE TRANSPORTE Y TELECOMUNICACIONES, SUBSECRETARIA DE TELECOMUNICACIONES”*; en Playa Las Machas y cuyo costo semestral es de 171,42588 UTM.
- Cable de TIWS, Telefónica, en Valparaíso, Concesión Marítima Mayor otorgada por DS 373 para *“AMPARAR LA INSTALACION DE UN SISTEMA DE TRANSMISION DE FIBRA OPTICA, CONSISTENTE EN UN CABLE SUBTERRANEO Y SUS ELECTRODOS TODO ENTERRADO A 3 MTS. DE PROFUNDIDAD, ADEMAS CONTAR CON UNA ZONA DE RESGUARDO QUE PERMITA ACTUAR EN FORMA RAPIDA Y EXPEDITA ANTE EVENTUALES REPARACIONES O CAMBIOS AL SISTEMA”*. Esto para una superficie de 956 m2 en Playa Las Torpederas y con un costo semestral de 164,3227 UTM.
- Cable de SAC, Level 3, en Valparaíso, Concesión Marítima Mayor otorgada por DS 373 para *“REGULARIZAR Y AMPARAR LAS INSTACIÓN EXISTENTES DE UN CABLE SUBTERRÁNEO DE FIBRA ÓPTICA DE 17 MM DE DIÁMETRO POR 86.32 MT DE LARGO (20.64 MTS EN TERRENO DE PLAYA), ENTERRADO A UNA PROFUNDIDAD DE 1.50 MTS Y ADEMÁS DE CONTAR CON UNA ZONA DE RESGUARDO”*. También en Playa Las Torpederas y con un valor semestral de 49,27872272 UTM.
- Cables submarinos de Telsur, Telsur IPas y GTD en la X y XI Regiones tienen diversa situación reglamentaria. En el caso de GTD las concesiones de playa y terreno de playa están en trámite, para Telsur IPas están en proceso de ser derogadas y para Telsur se otorgaron gratuitamente.

A mayor abundamiento, existe una aparente colisión de la norma marítima con las concesiones que otorga la Ley General de Telecomunicaciones a los operadores y que les permite usar y cruzar los bienes nacionales de uso público, entre los cuales están obviamente aquellos sobre los cuales tiene también tuición la autoridad marítima.

Para el caso de la TNIT Sub, que tendrá 21 puntos de amarre y donde intervienen igual número de Capitanías de Puerto, se recomienda la intervención de la SUBTEL ante

la Subsecretaría de Marina, para aplicar una solución común a un trámite que sería complejo y oneroso para una empresa dispuesta a operar como proveedor de infraestructura para servicios intermedios de telecomunicaciones, costos que se verían reflejados fuertemente incrementados en su propuesta.

La vía de solución podría ser que la autoridad marítima destinara a la SUBTEL todas las playas y terrenos de playa que se requieren para la TNIT, de manera que en el procedimiento la empresa que se adjudique la TNIT Sub no tenga intervención ni costo asociado.

La destinación se obtiene basado en el Reglamento de Concesiones Marítimas que establece lo siguiente:

“Art. 6º.- El Ministerio podrá destinar a los servicios fiscales, a través de la respectiva Secretaría de Estado, los bienes fiscales y bienes nacionales de uso público sometidos a su tuición. Ningún servicio fiscal podrá retener en su poder, bajo pretexto alguno, los bienes a su cargo sin ocuparlos en el objeto para el cual fueron destinados. Las destinaciones marítimas se mantendrán vigentes mientras se cumpla con el objeto de las mismas. La autoridad marítima deberá fiscalizar el debido uso y empleo que se dé a los bienes destinados a servicios fiscales, debiendo solicitar al Ministerio el término de la destinación cuando las circunstancias así lo justifiquen. Podrá ponerse término a una destinación, de acuerdo con las causales pertinentes contempladas en el artículo 56 del presente Reglamento. Toda solicitud de destinación marítima, deberá someterse a lo dispuesto en los artículos 25, 26 y/o 27, del presente reglamento, para los efectos de su tramitación y antecedentes que complementen la solicitud”.

Respecto del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental el proyecto debe ser sometido ante el SEA, en cumplimiento de la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente; esto por cuanto la ley establece en dos de sus párrafos que:

“Artículo 10.- Los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualesquiera de sus fases, que deberán someterse al sistema de evaluación de impacto ambiental, son los siguientes:

b) Líneas de transmisión eléctrica de alto voltaje y sus subestaciones;

p) Ejecución de obras, programas o actividades en parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales, reservas de zonas vírgenes, santuarios de la naturaleza, parques marinos, reservas marinas o en cualesquiera otras áreas colocadas bajo protección oficial, en los casos en que la legislación respectiva lo permita.”

El propósito del SEIA se basa en una evaluación ambiental de proyectos ajustada a lo establecido en la norma vigente, fomentando y facilitando la participación ciudadana en la evaluación de los proyectos. Es decir, la participación ciudadana es central en este tipo de evaluaciones y no cabe esperar que la ciudadanía se auto excluya de participar en un proyecto de tanta trascendencia como la TNIT Sub.

Por ejemplo, si se tratare de un sistema de cable submarino energizado estará obligado a someterse al SEIA por lo establecido en el Art. 10, letras b) y p). Si el cable no está energizado, también podría quedar en el ámbito de la letra p) del Art. 10 dependiendo de su trazado final.

A priori se estima que para el caso de un cable electrificado, como es el caso de un Trunk & Branch, se requerirá un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del proyecto; en cambio, para el caso de un cable sin electrónica sumergida, como el festón propuesto, debiera bastar con una Declaración de Impacto Ambiental (DIA).

Por último, en la Dirección de Obras Municipales respectiva deberá tramitarse los siguientes permisos:

- Permiso de edificación para construir el POITT y,
- Permiso de obra menor por la cámara BMH y el o los ductos de canalización soterrada desde la BMH al POITT.

5.2.5. Diseño TNIT

La configuración tipo festón consiste básicamente en una serie de arcos de cable submarino tendidos entre ciudades costeras que utiliza en la mayoría de los casos sistemas sin repetidores. Es una alternativa de trazado que además resuelve situaciones en las cuales los tendidos terrestres encuentran dificultades de instalación y mantenimiento, ya sea debido a la topografía.

El festón se diseña con un número de fibras mayor que los requeridos inicialmente, de manera de anticipar holgadamente las futuras demandas de capacidad; en estas últimas condiciones, el único requisito sería la incorporación de nuevos equipos en las estaciones terminales del cable.

Como es fácil notar, la arquitectura de festón imita en general la de una instalación terrestre tradicional de fibra óptica.

Tratándose de un país como Chile, con una larga línea costera entre Arica y el Canal de Chacao y con toda esa línea llena por numerosas ciudades y pueblos costeros, todas las ventajas que entrega el sistema submarino sin repetidores pueden ser plenamente aprovechadas por intermedio de una configuración de red del tipo festón.

Es necesario tener presente que la comparación y decantación de la arquitectura de la red por esta solución se fundamenta en el anexo 7.10 de este documento en el que se sopesan las 3 fórmulas para el despliegue de la troncal submarina debatidas a lo largo de este estudio.

El sistema de festón sin repetidores entre Arica y Puerto Montt contempla el siguiente recorrido: Arica, Pisagua, Iquique, Tocopilla, Antofagasta, Taltal, Chañaral, Caldera,

Huasco, Coquimbo, Los Vilos, Valparaíso, San Antonio, Pichilemu, Constitución, Concepción, Puerto Saavedra, Niebla, Bahía Mansa, Carelmapu y una extensión corta hasta Ancud; es decir, consta de 19 bucles (TRIOT), una extensión y 21 POITT.

Para el caso de Puerto Montt, la interconexión troncal se efectuará por un tendido terrestre debido al alto tráfico marítimo que transcurre por el Canal de Chacao, el Golfo de Ancud y el Seno de Reloncaví; actividades marítimas que constituyen un permanente riesgo para un cable submarino.

El Canal de Chacao presenta flujos y reflujos de marea, dos veces al día, con corrientes de hasta 10 nudos, de manera que una embarcación que pierde el gobierno se ve obligada a efectuar maniobras de “garreo” con anclas para evitar un seguro naufragio. La profundidad máxima promedio de ± 100 metros en unos 40 kilómetros de largo y con fondo rocoso en diversos sectores, unido a la existencia del Bajo Seluian y la Roca Remolinos en el centro del canal, complican aún más un posible tendido submarino.

Por otro lado, el Golfo de Ancud y el Seno de Reloncaví, además de estar tachonados de numerosas islas e islotes, todas con gran actividad marítima, presentan profundidades que apenas alcanzan los ± 300 metros en algunos lugares, siendo la constante de 200 y menos metros de profundidad.

Estos antecedentes obligan a desechar como opción el ingreso de un cable submarino desde el Océano Pacífico hacia Puerto Montt.

La presencia de un buque cablero totalmente equipado al momento de instalar los sistemas hasta Carelmapu, unida a la conveniencia de introducir competencia para telecomunicaciones en Chiloé, aconseja efectuar una extensión corta totalmente soterrada entre Carelmapu y Ancud; extensión que no modificará significativamente el costo del último festón. Con esto, el diagrama general y los tramos de sistemas sin repetidores entre Arica y Ancud queda como sigue:

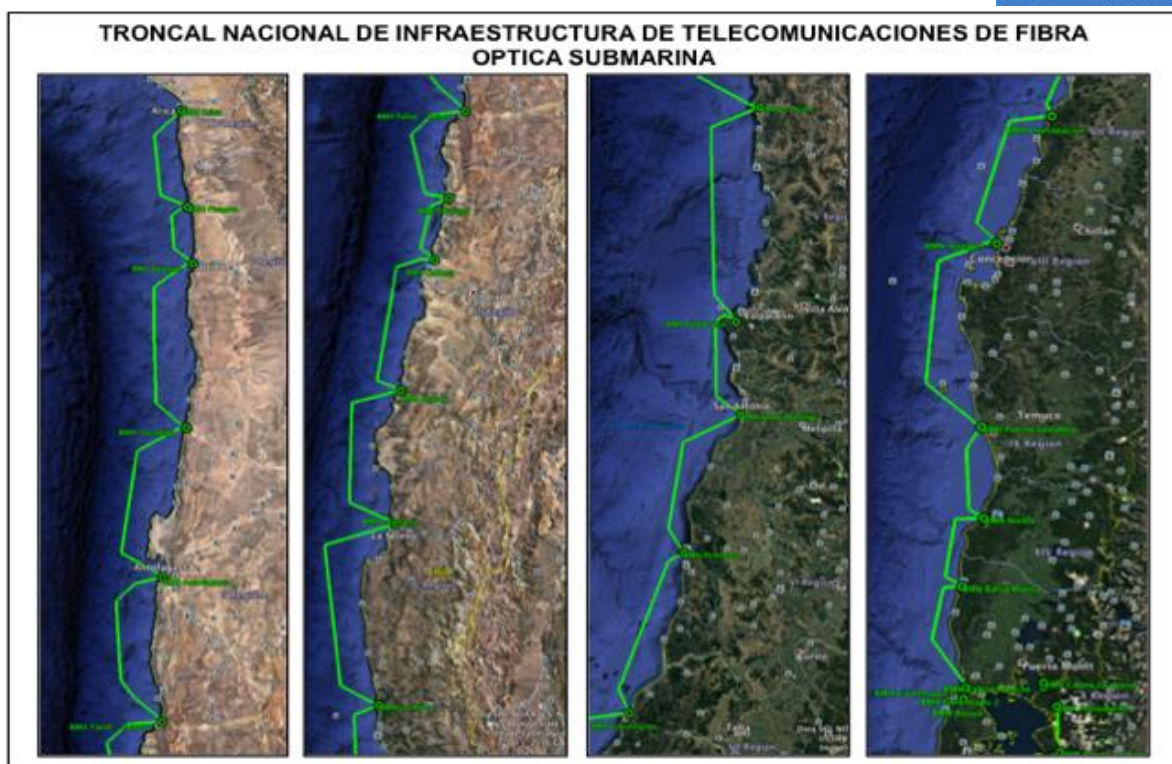


Ilustración 20 Festón Arica – Carelmapu y extensión a Ancud (elaboración propia sobre Google Earth)

La longitud total estimada del sistema en festón Arica – Carelmapu - Ancud es de 3.461 kilómetros de tendido submarino, que se componen de 3.446 Km para el festón y de 15 Km para su extensión hasta Ancud.

En anexo 8.7.1. se muestra los lugares elegidos para el anclaje del cable en cada lugar.

5.2.5.1. Tipologías con características técnicas detalladas de POIT, TRIOT

El sistema de festón sin repetidores entre Arica y Puerto Montt contempla el siguiente recorrido: Arica-Pisagua-Iquique-Tocopilla-Antofagasta-Taltal-Chañaral-Caldera-Huasco-Coquimbo-Los Vilos-Valparaíso-San Antonio-Pichilemu-Constitución-Concepción-Puerto Saavedra-Niebla-Bahía Mansa-Carelmapu y una extensión corta hasta Ancud; es decir, consta de 19 bucles, una extensión y 21 POITT.

Para el caso de Puerto Montt, la interconexión troncal se efectuará por un tendido terrestre debido al alto tráfico marítimo que transcurre por el Canal de Chacao, el Golfo de Ancud y el Seno de Reloncaví; actividades marítimas que constituyen un permanente riesgo para un cable submarino.

De acuerdo a los antecedentes ya señalados, se aconseja efectuar una extensión corta totalmente soterrada entre Carelmapu y Ancud; extensión que no modificará significativamente el costo del último festón.

El detalle de este punto se puede encontrar en Anexo 8.6 del presente documento.

5.2.5.2. Matriz de capacidades de infraestructura por localidad (POIIT)

La matriz de capacidades de infraestructura por localidad (POIIT) está descrita en el punto 5.2.4.1.2. del informe.

5.2.5.3. Topologías con diagramas de esquemáticos

La topología de la troncal submarina de la TNIT se encuentra completa en Anexos 8.6, 8.7 y 8.8 de este documento.

5.2.5.4. Mapas con metadatos

Los metadatos de la troncal de fibra óptica submarina serán los mismos descritos en los metadatos correspondientes a la troncal terrestre en el punto, 5.3.5.4

5.2.5.5. O&M

Para la estructura de operación y mantenimiento de la troncal submarina, se contempló dividir el área de actividad del proyecto en cinco zonas, con cabeceras en Antofagasta, Caldera, Valparaíso, Concepción y Puerto Montt (Carelmapu).

La zona de Antofagasta contempla las operaciones de O&M de los Centros Locales de Arica, Pisagua, Iquique, Tocopilla y el propio de Antofagasta.

La zona de Caldera contempla los centros locales de Taltal, Chañaral, Huasco, Coquimbo y el propio Caldera.

La zona de Valparaíso, por otro lado, contempla Los Vilos, San Antonio, Pichilemu y su área local.

La zona de Concepción tiene a cargo Constitución, Puerto Saavedra y Concepción, y la zona de Puerto Montt tiene a cargo Carelmapu, Niebla, Bahía Mansa y Ancud.

En cada cabecera de zona, excepto Valparaíso, hay un ingeniero jefe técnico-administrativo, dos técnicos, un administrativo y dos vehículos. Mientras que en cada Centro Local hay un técnico con un vehículo, cuyo puesto de trabajo es el contenedor del POITT. Esta organización permite los reemplazos de personal en la zona y el apoyo entre ellos para las actividades de mantenimiento. Se entiende obligatoria la presencia de un

responsable en cada POITT, puesto que debe estar disponible permanentemente para la atención de los contratantes de infraestructura de servicios intermedios de comunicaciones.

En Valparaíso estarán ubicadas las oficinas centrales del prestador de los servicios de la TNIT Sub. En esas oficinas estará el gerente, el ingeniero jefe zonal, el sub gerente de administración, un ingeniero del sistema submarino, dos técnicos, tres administrativos y un auxiliar más tres vehículos.

El esquema de O&M descrito y su costo se detalla en el cuadro siguiente, en el que se ha agregado el costo de falla por cortes que requieran buque y los del acuerdo internacional de mantenimiento del cable que se entregan en el título siguiente.

LOCALIDAD	TOTAL	GERENTE		JEFE ZONAL TÉCNICO ADMINISTRATIVO		SUB GERENTE DE ADMINISTRACIÓN		INGENIERO DEL SISTEMA		TÉCNICO		ADMINISTRATIVO		AUXILIAR		VEHÍCULOS (LEASING Y O&M)		OFICINAS (INCL GGCC)	RESERVA reparaciones cable	OTRAS reparaciones	RESERVA AUMENTOS CAPACIDAD	15% GASTOS GENERALES
		CANT	BRUTO	CANT	BRUTO	CANT	BRUTO	CANT	BRUTO	CANT	BRUTO	CANT	BRUTO	CANT	BRUTO	CANT	BRUTO					
ARICA										1	\$ 10.200.000					1	\$ 10.100.000					
PISAGUA										1	\$ 10.200.000					1	\$ 10.100.000					
IQUIQUE										1	\$ 10.200.000					1	\$ 10.100.000					
TOCOPILLA										1	\$ 10.200.000					1	\$ 10.100.000					
ANTOFAGASTA				1	\$ 42.000.000					2	\$ 20.400.000	1	\$ 6.000.000			2	\$ 23.200.000	\$ 6.600.000				
TALTAL										1	\$ 10.200.000					1	\$ 10.100.000					
CHAÑARAL										1	\$ 10.200.000					1	\$ 10.100.000					
CALDERA				1	\$ 42.000.000					2	\$ 20.400.000					1	\$ 10.100.000					
HUASCO										1	\$ 10.200.000					2	\$ 23.200.000					
COQUIMBO										1	\$ 10.200.000					1	\$ 10.100.000					
LOS VILOS										1	\$ 10.200.000					1	\$ 10.100.000					
VALPARAISO		1	\$ 66.000.000	1	\$ 42.000.000	1	\$ 48.000.000	1	\$ 36.000.000	2	\$ 20.400.000	3	\$ 17.400.000	1	\$ 4.200.000	3	\$ 32.700.000	\$ 9.600.000	\$ 665.280.000	\$ 350.000.000	\$ 63.360.000	\$ 308.235.000
SAN ANTONIO										1	\$ 10.200.000					1	\$ 10.100.000					
PICHILEMU										1	\$ 10.200.000					1	\$ 10.100.000					
CONSTITUCIÓN										1	\$ 10.200.000					1	\$ 10.100.000					
CONCEPCIÓN				1	\$ 42.000.000					2	\$ 20.400.000	1	\$ 5.400.000			2	\$ 23.200.000	\$ 3.600.000				
PUERTO SAAVEDRA										1	\$ 10.200.000					1	\$ 10.100.000					
NIEBLA										1	\$ 10.200.000					1	\$ 10.100.000					
BAHÍA MANSA										1	\$ 10.200.000					1	\$ 10.100.000					
PUERTO MONTT (CARELMAPU)				1	\$ 42.000.000					2	\$ 20.400.000	1	\$ 5.400.000			2	\$ 23.200.000	\$ 5.760.000				
ANCUD										1	\$ 10.200.000					1	\$ 10.100.000					
TOTAL OPEX ANUAL (25 AÑOS)	\$ 2.363.135.000		\$ 66.000.000		\$ 210.000.000		\$ 48.000.000		\$ 36.000.000		\$ 265.200.000		\$ 34.200.000		\$ 4.200.000		\$ 287.100.000	\$ 25.560.000	\$ 665.280.000	\$ 350.000.000	\$ 63.360.000	\$ 308.235.000
TOTAL OPEX ANUAL EN US\$	\$ 3.580.508																					
TOTAL PERSONAL		41	1		5		1		1		26		6		1							
TOTAL VEHÍCULOS		27	1 sedán gerencia + 5 camionetas 4x2 zonas + 21 furgones en terminales, todos diesel.																			

Ilustración 20 Esquema O&M y costos Troncal Submarina

APLICA PARA TRONCAL SUBMARINA EN FESTÓN INDEPENDIENTE SIN RELACIÓN DE O&M CON TRONCALES TERRESTRES.**NOTAS:**

- 1.- Oficina principal en Valparaíso: Gerencia, Sub Gerente Administrativo, Jefe Técnico-Administrativo Zonal, Ingeniero del Sistema y dos técnicos, más tres administrativos y un auxiliar.
- 2.- La O&M se realiza con esquema de cinco zonas (destacado rojo) y 21 puntos locales en terminales del sistema.
- 3.- Cada zona se muestra destacada con distinto color.
- 4.- El técnico local tiene como lugar de trabajo el shelter de la planta seca y un vehículo básico para apoyo y reemplazos en la zona.
- 5.- El mobiliario de oficinas, \$ 5.860.000 en total y su reemplazo periódico, se absorbe con los Gastos Generales.
- 6.- SUPUESTO PRINCIPAL: un corte de cable submarino que requiera buque cablero para el 50% de los enlaces en 25 años. Cada corte estimado en 20-30 días de buque a US\$ 2,5 Millones.
- 7.- Valor dólar: \$ 660.
- 8.- Valores no incluyen IVA.

La larga experiencia de la industria de cables submarinos, recogida en más de un siglo y medio, identifica cinco ingredientes principales que determinan un programa de mantenimiento exitoso. Estos son:

- Un buque cablero equipado, una embarcación apropiada para reparaciones en aguas bajas y disponibilidad de personal capacitado.
- Disponibilidad de repuestos (cable, partes y consumibles)
- Protección del cable y actividades de mantenimiento preventivo.
- Equipamiento y personal disponibles en el POITT.
- Entrenamiento del personal de O&M.

En lo que respecta al cable submarino propiamente tal, el mantenimiento requiere buques especializados, equipamiento incluido y personal especializado a bordo. Para acceder a esta disponibilidad históricamente los operadores de sistemas submarinos han recurrido a integrarse a los acuerdos de mantenimiento internacionales. Estos acuerdos consideran un buque especializado establecido en un puerto base, cuyos cargos fijos son prorrateados entre los participantes del acuerdo.

Existen a la fecha seis acuerdos internacionales de mantenimiento, que son los siguientes:

- ACMA, por Atlantic Cable Maintenance Agreement, que se encarga de las zonas Atlántico Norte, Ártico, Caribe, Atlántico Sur para América Latina y Pacífico Sur desde Guatemala a Chile. El puerto base está en Curacao.
- NAZ, por North American Zone, para la zona Norteamericana en el Pacífico.
- YZ, por Yokohama Zone, para el Pacífico Nor-Oriental.
- MECMA, por Mediterranean Cable Maintenance Agreement, en el Mediterráneo.
- SEAIOCMA, por South East Asia and Indian Ocean Cable Maintenance Agreement, para el Índico y el sureste de Asia.
- 2OCMA, de Orange, para Africa.

En adición a estos acuerdos, existen cinco acuerdos privados, pero sólo se hará referencia al atinente a la zona a la cual está nuestro país. Este acuerdo es el APMA, Atlantic Private Maintenance Agreement, cuyo puerto base es Curacao y lo operan conjuntamente TE Sub y Alcatel Submarine Networks. El acuerdo mantiene cables en todo el Atlántico y en la costa occidental del Pacífico desde los EEUU a Chile.

Obviamente también existen otras alternativas tales como establecer capacidades de mantenimiento propias (que requiere buque equipado y personal) o un acuerdo individual

con un proveedor de mantenimiento de cables. Ambas opciones no resultan apropiadas para el caso chileno, porque están dimensionadas para un operador con varios sistemas o para zonas con una gran cantidad de cables que justifican la existencia de proveedores independientes de mantenimiento.

5.2.5.6. CAPEX/OPEX

Desde el punto de vista del costo asociado al mantenimiento del cable, un programa de mantenimiento mixto ha resultado la modalidad que requiere de un menor costo. Se entiende como mixto porque el operador del cable entra en un acuerdo como los ya señalados y, a la vez, dispone por acuerdos locales de embarcaciones o barcas que permiten efectuar reparaciones de menor complejidad.

Cabe señalar que en el acuerdo de mantenimiento también se puede contemplar que en el puerto base exista cable y elementos de repuesto para un sistema en particular.

A la fecha no existen eventos de corte en los tres cables que llegan a Chile, así como tampoco en su ruta desde Centro América. Esto se debe a la menor actividad marítima en la zona del pacífico Sur en nuestro continente. La no existencia de eventos de corte obliga a establecer sin mucha certeza el escenario de cortes para un sistema como el festón propuesto para Chile.

Basándose en estadísticas mundiales, se conoce que en un sistema sin repetidores punto a punto la probabilidad de falla que requiera buque en 25 años es inferior a un corte.

El festón tendrá 19 bucles, por lo que es razonable estimar que en el peor de los casos la mitad de dichos bucles sufrirá un corte en sus 25 años de vida útil. Cabe señalar que Alcatel ha estimado en un corte cada 2 o 3 años, es decir entre 8 y 12 cortes, lo que resulta coherente con lo estimado por el consultor.

Información emanada por el APMA y ASN, señala que para un sistema en Chile los costos del acuerdo y condiciones serían los siguientes:

- Tasa anual de stand-by: US \$ 350.000 más 3% año a año de incremento inflacionario.
- Almacenamiento de repuestos para el cable en bodegas de mantenimiento: US \$ 20.000 + 3% año a año.
- Costo promedio de reparación: US \$ 2.500.000.
- Tiempo medio de reparación: 3 a 4 semanas.

No obstante, en un escenario optimista, considerando que lo más probable es que los cortes se produzcan en aguas bajas, accesibles para buques menores con medios locales

y/o buzos, es dable suponer que existirán importantes economías en los costos de mantenimiento del sistema submarino chileno.

PRESUPUESTO ÓPTICO DE CADA TRIOT

Para establecer el presupuesto óptico de cada tramo, se considera como base de trabajo las características de equipos disponibles en el mercado, sin perjuicio de los ajustes menores que puedan llevarse a cabo una vez se cuente con las especificaciones de detalle de los mismo. Estos antecedentes permiten desarrollar con aproximación razonable, un presupuesto óptico para los 19 enlaces TRIOT. Este equipo tiene como capacidad máxima 88 tramas de 100 Gbps, capacidad para la cual se construye el presupuesto óptico.

El margen de transmisión de dicho equipo (Tx-Rx) sería del orden de los 39 dB considerando la corrección anticipada de errores (FEC). La corrección anticipada de errores introduce una mejora de unos 5 dB al sistema, mientras que la amplificación distribuida Raman aporta generalmente otros 15 y la pre-amplificación EDFA la contempla en 12 dB, pero se puede considerar típicamente entre 10 y 15 o más dB de ganancia. Sin embargo, para el cuadro que se presenta a continuación se ha limitado el EDFA en los 15 dB de ganancia, con lo cual los enlaces Coquimbo – Los Vilos y Concepción – Puerto Saavedra requerirán equipos con mayor margen de transmisión.

TRAMO	ATENUACIÓN (dB)	Tx-Rx dB	RAMAN dB	EDFA dB	GANANCIA DEL SISTEMA dB	MARGEN dB	CONFIGURACIÓN DEL ENLACE
ARICA - PISAGUA	35,0	39			39	4,0	No requiere amplificación.
PISAGUA - IQUIQUE	21,6	39			39	17,4	Usar equipos SLTE de menor alcance.
IQUIQUE - TOCOPILLA	52,6	39	15		54	1,4	SLTE + Amplificación Raman
TOCOPILLA - ANTOFAGASTA	54,3	39	15	10	64	9,7	SLTE + Amplificación Raman + EDFA de 10 dB.
ANTOFAGASTA - TALTAL	51,3	39	15		54	2,7	SLTE + Amplificación Raman
TALTAL - CHAÑARAL	39,6	39		10	49	9,4	SLTE + EDFA de 10 dB.
CHAÑARAL - CALDERA	24,7	39			39	14,3	Usar equipos SLTE de menor alcance.
CALDERA - HUASCO	50,2	39	15		54	3,8	SLTE + Amplificación Raman
HUASCO - COQUIMBO	54,6	39	15	10	64	9,4	SLTE + Amplificación Raman + EDFA de 10 dB.
COQUIMBO - LOS VILOS	70,2	39	15	15	69	-1,2	Usar SLTE de enlace ultra largo + Raman + EDFA.
LOS VILOS - VALPARAÍSO	38,9	39		10	49	10,1	SLTE de menor alcance + EDFA de 10 dB.
VALPARAÍSO - SAN ANTONIO	19,5	39			39	19,5	Usar equipos SLTE de menor alcance.
SAN ANTONIO - PICHILEMU	25,7	39			39	13,3	No requiere amplificación.
PICHILEMU - CONSTITUCIÓN	25,3	39			39	13,7	No requiere amplificación.
CONSTITUCIÓN - CONCEPCIÓN	49,5	39		15	54	4,5	SLTE + EDFA de 15 dB.
CONCEPCIÓN - PUERTO SAAVEDRA	75,5	39	15	15	69	-6,5	Usar SLTE de enlace ultra largo + Raman + EDFA.
PUERTO SAAVEDRA - NIEBLA	29,7	39			39	9,3	No requiere amplificación.
NIEBLA - BAHÍA MANSA	27,5	39			39	11,5	Usar equipos SLTE de menor alcance.
BAHÍA MANSA - CARELMAPU	35,6	39			39	3,4	No requiere amplificación.

Tabla 8 .- Cuadro de atenuaciones por enlace del sistema festón (elaboración propia).

DETERMINACIÓN DEL CAPEX POR ENLACE COMPLETO, TRIOT + POITT

Una vez obtenidos los distintos segmentos, tipos de cable, características de instalación, longitudes de tendido e inversiones en planta seca, es posible determinar con cierta exactitud la inversión requerida para el sistema festón en estudio. Dichos antecedentes, desarrollados en títulos anteriores permitirán conocer la magnitud de la inversión para el proyecto de cable submarino en estudio.

Las inversiones determinadas para la planta húmeda contemplan:

- El DTS (Desk Top Study) y Survey de la ruta marítima
- La ingeniería y la gestión del proyecto
- El cable de fibra óptica, uniones y elementos de la planta húmeda (sumergida).
- La instalación de la planta húmeda entre ambas BMH

Por otro lado, las inversiones en los POITT o planta seca consideran:

- Equipos terminales SLTE, NPE y equipo de monitoreo de red submarina.
- Sistema de gestión de red submarina
- Instalación y puesta en servicio
- Cámara de amarre del cable (BMH) y cables terrestres entre BMH y POITT
- Entrenamiento

Con esto, la inversión inicial del sistema festón de la TNIT Sub se detalla en el cuadro siguiente:

TRAMOS DE CABLE SUBMARINO SIN REPETIDORES	TIPO DE CABLE				VALOR DEL PROYECTO SIN REPETIDORES US\$		
	DA SOTERRADO 100%	SA SOTERRADO 100%	SA SOTERRADO 60%	LW	CABLE Y OP. MARÍTIMAS	PLANTA SECA	TOTAL
ARICA-PISAGUA	4	31	61	60	\$ 2.877.000	\$ 1.500.000	\$ 4.377.000
PISAGUA-IQUIQUE	4	16	58	17	\$ 1.303.000	\$ 1.500.000	\$ 2.803.000
IQUIQUE-TOCOPILLA	4	14	157	62	\$ 5.242.000	\$ 1.500.000	\$ 6.742.000
TOCOPILLA-ANTOFAGASTA	4	24	32	184	\$ 4.628.000	\$ 1.500.000	\$ 6.128.000
ANTOFAGASTA-TALTAL	4	28	29	165	\$ 4.233.000	\$ 1.500.000	\$ 5.733.000
TALTAL-CHAÑARAL	4	38	37	94	\$ 3.170.000	\$ 1.500.000	\$ 4.670.000
CHAÑARAL-CALDERA	4	44	55	0	\$ 1.746.000	\$ 1.500.000	\$ 3.246.000
CALDERA-HUASCO	4	22	26	164	\$ 3.922.000	\$ 1.500.000	\$ 5.422.000
HUASCO-COQUIMBO	7	24	26	185	\$ 4.579.000	\$ 1.500.000	\$ 6.079.000
COQUIMBO-LOS VILOS	6	30	31	249	\$ 6.363.000	\$ 1.500.000	\$ 7.863.000
LOS VILOS-VALPARAISO	4	33	26	106	\$ 2.951.000	\$ 1.500.000	\$ 4.451.000
VALPARAISO-SAN ANTONIO	4	75	0	0	\$ 1.119.000	\$ 1.500.000	\$ 2.619.000
SAN ANTONIO-PICHILEMU	4	109	0	0	\$ 2.241.000	\$ 1.500.000	\$ 3.741.000
PICHILEMU-CONSTITUCIÓN	12	101	0	0	\$ 2.265.000	\$ 1.500.000	\$ 3.765.000
CONSTITUCIÓN-CONCEPCIÓN	9	212	0	0	\$ 5.820.000	\$ 1.500.000	\$ 7.320.000
CONCEPCIÓN-PUERTO SAAVEDRA	12	114	56	155	\$ 7.939.000	\$ 1.500.000	\$ 9.439.000
PUERTO-SAAVEDRA-NIEBLA	10	118	0	0	\$ 2.754.000	\$ 1.500.000	\$ 4.254.000
NIEBLA-BAHÍA MANSA	4	116	0	0	\$ 2.472.000	\$ 1.500.000	\$ 3.972.000
BAHÍA MANSA-CARELMAPU	16	142	0	0	\$ 3.762.000	\$ 1.500.000	\$ 5.262.000
CARELMAPU-ANCUD	15	0	0	0	\$ 550.800	N/D	\$ 550.800
TOTALES	135	1291	594	1441	\$ 69.936.800	\$ 28.500.000	\$ 98.436.800
TOTAL KILÓMETROS							3.461
VALOR KILÓMETRO							\$ 28.442

Tabla 9 Cuadro de inversiones por enlace (elaboración propia).

NOTAS:

- 1.- Valores ROM $\pm$ 20 %, válidos sólo para el proyecto completo y no para enlaces independientes.
- 2.- No considera cables especiales, por cuanto estos se determinan sólo del DTS y el Survey de Ruta respectivo.
- 3.- Tendido Carelmapu - Ancud a realizar con buzos y barcaza, no permite operación de buque cablero.
- 4.- Valores en planta seca son estimados; incluyen equipos terminales.
- 5.- Tipo de cable: DA, doble armado; SA, armadura simple; LW, cable ligero sin armadura.
- 6.- Soterrado 60% significa que sólo se soterra en el fondo el 60% de la longitud del segmento.

En suma, el valor total de inversión del proyecto de la TNIT Sub de 3.461 kilómetros alcanza a US \$ 98.436.800 dólares ROM, siendo el valor promedio del kilómetro de US \$ 28.442 dólares.

Al sensibilizar el valor del proyecto al escenario pesimista, el valor total alcanzaría los US \$ 118.124.160, con un valor promedio por kilómetro de tendido de US \$ 34.130.

Para efectos de la evaluación del Capex, se utilizará un promedio de ambos criterios, considerando una inversión por kilómetro el festón submarino de US\$31.286.

Cabe señalar que los valores para cada enlace están condicionados al proyecto completo, en ningún caso se debe considerar dicho valor para un enlace que se intente construir de manera independiente del resto del festón.

La continuidad submarina de la TNIT Terrestre tiene un costo de inversión que se presenta en el cuadro siguiente:

TRAMOS DE CABLE SUBMARINO SIN REPETIDORES	DA SOTERRADO 100%	SA SOTERRADO 100%	SA SOTERRADO 60%	LW	CABLE Y OP. MARÍTIMAS	PLANTA SECA	TOTAL
LA ARENA - PUELCHÉ		6			\$ 198.000	\$ -	\$ 198.000
HORNOPIRÉN - LEPTÉPU	4	31	29		\$ 2.037.000	\$ -	\$ 2.037.000
RAMPA - CALETA GONZALO		7			\$ 231.000	\$ -	\$ 231.000
QUELLÓN - CHAITÉN	4	62			\$ 2.190.000	\$ -	\$ 2.190.000
TORTEL - PUERTO EDÉN	22	39	127	49	\$ 7.016.000	\$ 1.500.000	\$ 8.516.000
PUERTO EDÉN - PUERTO NATALES	26	211	234	12	\$ 15.195.000	\$ 1.500.000	\$ 16.695.000
PUNTA ARENAS - PORVENIR	4	62			\$ 2.190.000	\$ -	\$ 2.190.000
YENDEGAIA - PUERTO NAVARINO	4	32			\$ 1.200.000	\$ -	\$ 1.200.000
TOTALES	64	450	390	61	\$ 30.257.000	\$ 3.000.000	\$ 33.257.000
TOTAL KILÓMETROS							965
VALOR KILÓMETRO							\$ 34.463

NOTAS:

- 1.- Valores ROM $\pm 20\%$, válidos sólo para el proyecto completo y no para enlaces independientes.
- 2.- No considera cables especiales, por cuanto estos se determinan sólo del DTS y el Survey de ruta respectivo.
- 3.- Tendidos que no requieren planta seca son parte de la troncal terrestre y se establecen con fibra G.652 D.
- 4.- Enlaces de Tortel a Puerto Natales tienen las mismas características de aquellos del sistema festón.
- 5.- Valores equipos en planta seca son estimativos provisorios.
- 6.- Tipo de cable: DA, doble armado; SA, armadura simple; LW, cable ligero sin armadura.

Tabla 10 Costos de Tramos de Cable Submarino sin repetidores

Cabe señalar que cada uno de estos tramos será incorporado en su costo al tramo correspondiente en la TNIT Terrestre.

Respecto de los costos de O&M de estos enlaces ellos están considerados en los enlaces terrestres, excepto para los siguientes costos adicionales:

- Se consideran un corte de cable que requiera buque para cada uno de los enlaces desde Tortel a Puerto Natales. Total US \$ 6.000.000 en un período de 25 años.
- Se consideran un corte de cable que requiera buque para cada uno de los enlaces Quellón – Chaitén y Punta Arenas – Porvenir. Total US \$ 5.500.000 en un período de 25 años.

En resumen, el sistema festón sin repetidores propuesto para la TNIT Sub tendrá un total de 3.461 kilómetros submarinos con un costo ROM de US \$ 98.436.800 Dólares y con un valor medio por kilómetro de US \$ 28.442 Dólares. En el escenario pesimista el costo total del proyecto sería de US \$ 118.124.160 Dólares y el valor medio del kilómetro subiría a US \$ 34.130 Dólares.

Cabe hacer notar que estos valores, tanto el valor base como el pesimista están dentro de lo esperable para el mercado actual.

El cuadro siguiente resume la longitud y el valor base asignado a cada bucle del festón, sobre lo cual debe puntualizarse que dichos valores sólo son atingentes al proyecto completo y en ningún caso al de uno, o algunos enlaces, que se intente construir en forma independiente.

N°	TRAMO	KM	TOTAL US \$ ROM ± 20%
1	ARICA - PISAGUA	156	\$ 4.377.000
2	PISAGUA - IQUIQUE	95	\$ 2.803.000
3	IQUIQUE - TOCOPILLA	237	\$ 6.742.000
4	TOCOPILLA - ANTOFAGASTA	244	\$ 6.128.000
5	ANTOFAGASTA - TALTAL	226	\$ 5.733.000
6	TALTAL - CHAÑARAL	173	\$ 4.670.000
7	CHAÑARAL - CALDERA	103	\$ 3.246.000
8	CALDERA - HUASCO	216	\$ 5.422.000
9	HUASCO - COQUIMBO	242	\$ 6.079.000
10	COQUIMBO - LOS VILOS	316	\$ 7.863.000
11	LOS VILOS - VALPARAÍSO	169	\$ 4.451.000
12	VALPARAÍSO - SAN ANTONIO	79	\$ 2.619.000
13	SAN ANTONIO - PICHILEMU	113	\$ 3.741.000
14	PICHILEMU - CONSTITUCIÓN	113	\$ 3.765.000
15	CONSTITUCIÓN - CONCEPCIÓN	221	\$ 7.320.000
16	CONCEPCIÓN - PUERTO SAAVEDRA	337	\$ 9.439.000
17	PUERTO SAAVEDRA - NIEBLA	128	\$ 4.254.000
18	NIEBLA - BAHÍA MANSA	120	\$ 3.972.000
19	BAHÍA MANSA - CARELMAPU	158	\$ 5.262.000
20	CARELMAPU - ANCUD	15	\$ 550.800
TOTAL US \$			\$ 98.436.800
TOTAL KM			3.461
VALOR US \$/KM			\$ 28.442

Respecto del plazo de ejecución del proyecto, una vez asignada la licitación o el contrato correspondiente, la duración típica es de unos dos años, los que se grafican en el cronograma de barra que se muestra a continuación.

CRONOGRAMA TÍPICO DEL PROYECTO



Cabe señalar que los tiempos medios en este cronograma son los siguientes:

- Estudio DTS y planificación: 5,5 meses
- Contrato de suministro: 5 meses
- Fabricación del sistema: 5 meses
- Instalación: 4,5 meses
- Pruebas y Puesta en Servicio: 4 meses
- Contratación y survey ruta marina: 6 meses

5.3. Troncal Terrestre (FO/Radioeléctrica)

La parte terrestre de la red troncal de fibra óptica, está conformada por 20 mil kilómetros de fibra óptica de 96 filamentos, norma G652 D, instalados de manera soterrada y aérea en todo el país, utilizando los trazados de caminos. Se ha considerado fibra con cubierta reforzada y anti roedores.

Se ha buscando, en la medida de lo posible, a lo menos dos rutas terrestres que permitan conformar estructuras de anillos recurrentes a lo largo del país, además de la ruta submarina para contar de este modo, con 3 rutas principales. En las excepciones en que no ha sido posible, se ha diseñado una ruta terrestre más la ruta submarina.

Todos los accesos a los puntos de procesamiento de señal o POIT, se han considerado por trayectorias diferentes hasta el sitio mismo, de modos de evitar aislamiento del nodo por doble corte de fibra óptica en tramos comunes.

En varios trayectos, se han utilizados filamentos adicionales de la troncal de fibra óptica terrestre para la conformación de los anillos de agregación o red Subtroncal.

La electrónica utilizada para la red terrestre, posee una capacidad de 88 lambdas de 100 Gbps, en la troncal y de 88 lambdas de 10/100 Gbps en la red Subtroncal. Con ellos esta red puede manejar 8,8 Tbps.

Se ha calculado que la demanda a 10 años, vida útil esperada para estos equipos, a nivel nacional será de 20 Tbps. Sin embargo solo una parte de este tráfico proviene del norte del país otra del sur y parte importante de Santiago. No se han implementado en la troncal, equipos de 400 Mbps por lambda, debido a las restricciones que ellos presentan en la distancia que pueden alcanzar, la que no supera los 100 Kms.

En cuanto a enlaces radioeléctricos, estos han sido reservados como uso excepcional, en caso de no resultar viable la fibra óptica, por lo que su uso es muy marginal en el proyecto, alcanzando sólo dos enlaces en todo el proyecto.

5.3.1. Arquitectura Terrestres

La Arquitectura terrestre, se hace cargo de la infraestructura con que dispone el país para poder efectuar tendidos de fibra óptica.

Al respecto se ha estudiado la evolución que tenido en los últimos años la infraestructura vial del país, resultando altamente atractiva la reticularidad alcanzada. De esta forma, es posible construir mallas de trazados de fibra óptica para la red troncal, con entre 2 y 5 grados de redundancia, logrando alcanzar la mayoría de las localidades.

Asimismo, en la capa de agregación utilizada para las localidades más pequeñas, se da la misma realidad.

Estos tendidos se complementan con los tendidos Submarinos, para ofrecer a cada punto de la red más de un camino por el cual encaminar las señales ópticas y tener la opción, de encontrar múltiples trayectorias para alcanzar un punto de destino ante varios y simultáneos cortes de fibra óptica.

Es por esto que se ha escogido la solución basada en tecnología ROADM (Reconfigurable Optical Add Drop Multiplexer).

En las figuras Nº 22, 23, 24 y 25, se muestra la arquitectura y topología simplificada de la TNIT:

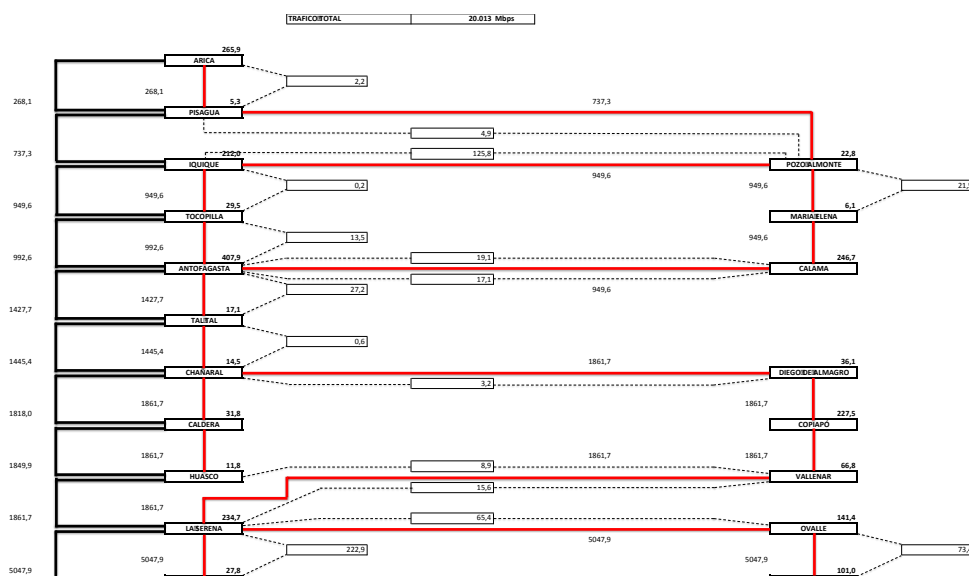


Ilustración 21 Arquitectura de la TNIT, Arica – Ovalle.

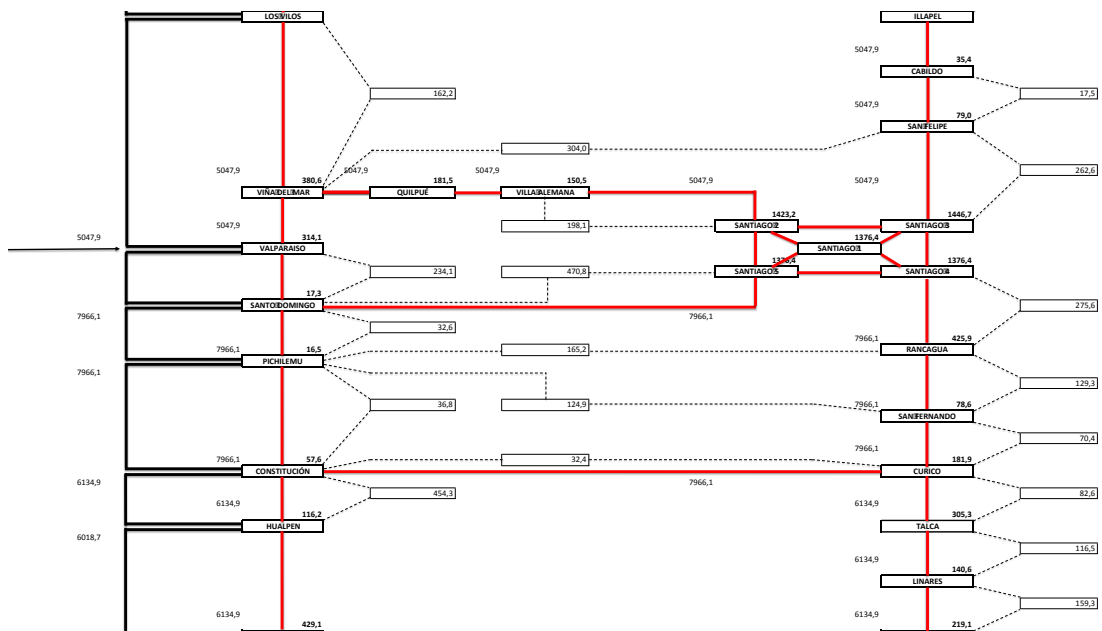


Ilustración 22 Arquitectura de la TNIT, Illapel – Hualpen

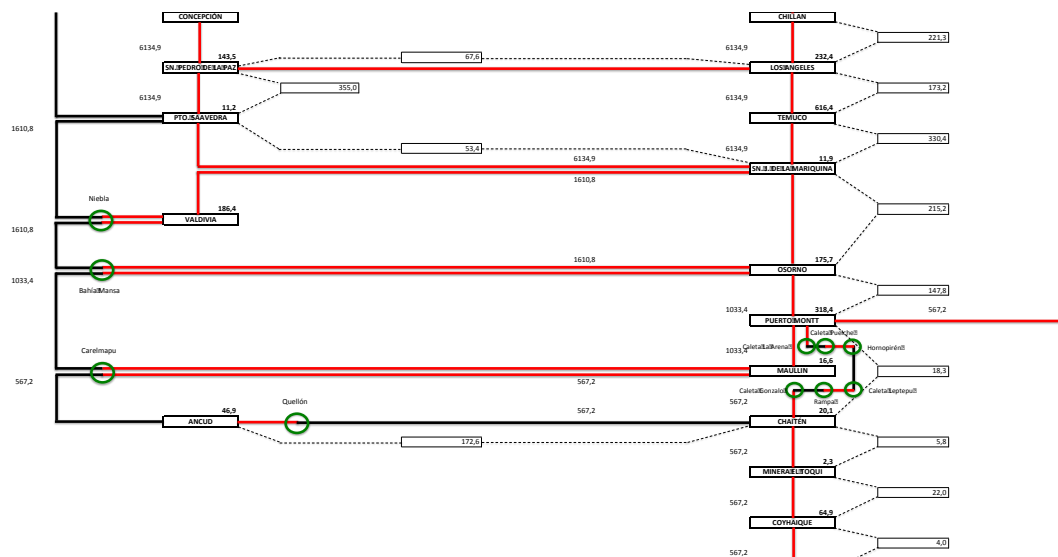


Ilustración 23 Arquitectura de la TNIT, Chillán - Coyhaique

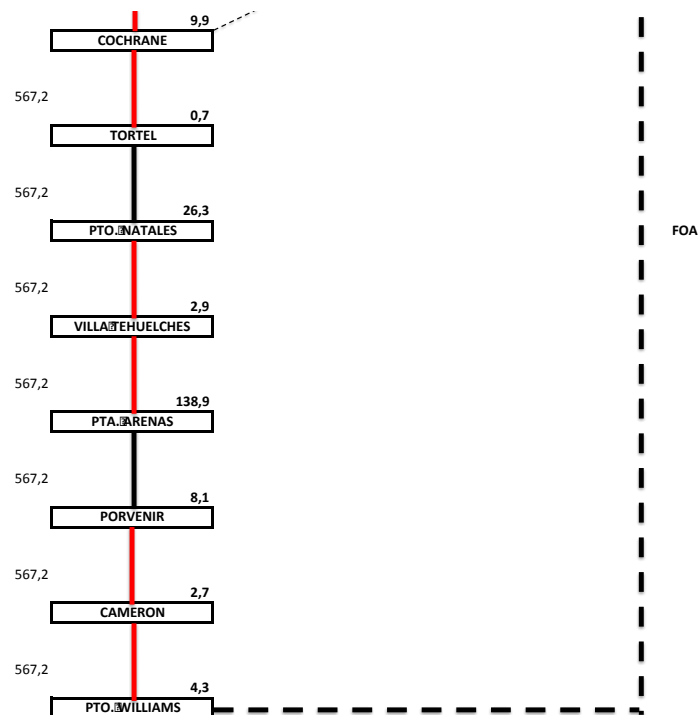


Ilustración 24 Arquitectura de la TNIT, Cochrane – Puerto Williams

Para ver el diseño en detalle de la TNIT y su topología completa, por favor referirse al Archivo Topología_28.xlsx, en la hoja "Topología Completa".

5.3.2. Nodos, POIT

La TNIT cuenta con un total de 62 nodos troncales, y 241 nodos subtroncales (dentro de los cuales 40 de ellos llevan repetidores ópticos), 106 nodos de acceso directo a la troncal y 14 puntos de repetición óptica que cumplen exclusivamente esta función.

El dimensionamiento, se ha hecho en base a los estudios de demanda provistos por Subtel y calculando el tráfico para cada nodo de la red, distribuyendo el tráfico total en función de la población con un horizonte de 10 años. Sobre dicha proyección de consumo, no se han incorporado factores de sobresuscripción, lo que permite a 10 años que esta red ofrezca un servicio de muy alta calidad, con una velocidad nominal de 43 Mbps promedio por hogar.

Es posible que los patrones horarios de tráfico vayan a cambiar con la incorporación de IoT (“Internet of Things” o Internet de las cosas). El patrón actual sigue el ciclo de la actividad humana y concentra alrededor del 7% del tráfico en la hora cargada, con una disminución del consumo de Internet en las horas de sueño. Sin embargo a futuro, lo que se pronostica es que este patrón de comportamiento va a ser más eficiente ya que los valles horarios de la noche, no necesariamente van a ser aplicables a las máquinas en el IoT. Por ello, es razonable esperar que la eficiencia del consumo, tienda a disminuir el % de concentración en la hora cargada. No obstante estos comentarios, se ha seguido los resultados del estudio de demanda proporcionado por Subtel como base para el diseño.

Tal como se señaló en el punto anterior, la relación con la demanda de infraestructura, se establece a partir de la determinación de la capacidad de los nodos que deben atender las diferentes localidades del país, para poder efectuar add drop de tráfico en dicho punto, y la capacidad total de tráfico que ese nodo debe soportar, teniendo presente las condiciones de respaldo que se requiera satisfacer.

5.3.2.1. Equipos

Se evaluaron equipos de los proveedores Huawei, Nokia (Alcatel) y NEC. El análisis se ha efectuado sobre la base de los equipos Nokia de la familia 1830PSS ya que son uno de los prometen la evolución hacia el mayor ancho de banda (88 a 100 lambdas de 400 Gbps).

Sin perjuicio de lo señalado, la mayoría de proveedores, cuentan con características muy similares en sus equipos y en caso de implementar un proyecto como la TNIT, se debería efectuar un proceso de licitación con la participación adicional de otros proveedores como Ciena, Coriant, Cisco, Ericsson e Infinera entre otros.

Los equipos considerados en el diseño, son 1830PSS-16, 1830PSS-32 y 1830PSS-64 con lambdas de 10 y 100 Gbps.,

El diseño incluye el uso de nodos ROADM con agregación OTN, siendo toda la interconexión entre nodos a nivel DWDM.

El diseño propone dos capas de tráfico:

- a) Capa Troncal Submarina y Terrestre con capacidad de hasta 88 lambdas de 100 Gbps.
- b) Capa de agregación con capacidad de 88 lambdas de 10/100 Gbps.

Los nodos troncales utilizan equipos ROADM para la capa óptica con restauración GMPLS (a nivel de capa 0). Para la agregación del tráfico se consideran nodos OTN con transpondedores que miran a las rutas de respaldo, que ofrece la red ROADM.

Los nodos sobre la red troncal ROADM poseen capacidad de enrutamiento de lambdas a nivel óptico.

Los nodos de la red de agregación, se proponen del tipo FOADM, interconectado al nodo ROADM sobre la ruta principal. Es posible modificar el diseño incluyendo en esta etapa solo equipos IP/MPLS, con lo que se puede obtener mayor versatilidad y menor costo, sin embargo se han seguido las premisas de diseño de una red de transporte.

Para la Capa Óptica se han considerado equipos 1830 PSS-32 y para la capa OTN 1830 PSS-64 con lambdas de 100 Gbps. A nivel de agregación 1830 PSS-32 y 1830 PSS-64 con lambdas de 10Gbps conectados a la red troncal. Ambos de Nokia.

La plataforma de equipos y gestión incluye el sistema de monitoreo Wavelength Tracker, el cual permite hacer un monitoreo de la red como si fuera un equipo analizador de espectros, permitiendo identificar muy rápidamente fallas y comportamientos anormales de la red.

Los equipos pueden incluir OTDR integrados, para simplificar la operación en lo que se refiere a la identificación de cortes de fibra óptica o eventos, con una precisión de 10 metros en tramos de 120 kilómetros de medición. Sin embargo el valor de estos equipos no ha sido incluido.

Se han definido 5 tipos de nodos en la red:

- a) Nodos troncales Submarinos y Terrestres:

La TNIT cuenta con 26 de estos tipos de nodos, los cuales poseen la configuración que se muestra en la figura nº 25:



Ilustración 25 Configuración de Equipos de un Nodos Troncal Terrestre y Submarino

Las características con que cuenta este tipo de nodos es la siguiente:

- Configuración GMPLS L0.
- 2x PSS-32 para la capa óptica: ROADMs, AMPs, bloques de Add/Drop + AMPs Submarinos 1x PSS-64 para tráfico OTN
- 400G Add/Drop
- Esta solución ocupa tres racks ETSI estándar de 2200x600x300 mm cada uno.
- El consumo de potencia de este equipo es de 6800 W.
- La disipación de calor de este equipo es de 23200 BTU/hr.
- 1 Rack de ODF por grado.
- Capacidad de 100% de crecimiento en espacio y 60% clima y fuerza.
- Contempla terreno (compra y gestión inmobiliaria), obras civiles (fundaciones, cerco perimetral, iluminación, etc), empalme eléctrico con subestación, estanque de combustible, instalación de grupo generador. Diseño antisísmico.
- Equipos de Aire Acondicionado duplicados, para asegurar funcionamiento en caso de falla.
- Sistema de suministro eléctrico de rectificadores de -48 VDC y plantas separados en lado A y B y bancos de baterías con autonomía de 10 horas.
- Autonomía completa del sistema eléctrico 7 días.

- Sistema de monitoreo y gestión remota de variables ambientales: Temperatura, humedad, presencia de VAC, partida de grupo electrógeno, autonomía de banco de baterías, autonomía de grupo generador, accionamiento remoto de grupo generador, detección de intrusión, cámara de TV, apertura remota de puerta, conmutación remota de equipos principales a respaldos.
- Diseño de sitio para soportar ambiente marino.
- Opción para conexión de grupo generador externo.
- Toda la solución y equipos son provistos por Eaton Power, llave en mano, con la única excepción de los equipos de transmisión y sus racks.

b) Nodos Troncales Terrestres:

En la ilustración nº 26 se muestra la configuración de los nodos troncales Terrestres, de los cuales la TNIT cuenta con 36.



Ilustración 26 Configuración de Equipos de un Nodos Troncal Terrestre

Las principales características de estos nodos son las siguientes:

- Configuración GMPLS L0
- 2x 1830 PSS-32 para la capa óptica: ROADMs, AMPs, bloques de Add/Drop
- 300G Add/Drop
- Esta solución ocupa dos racks ETSI estándar de 2200x600x300 mm cada uno.
- El consumo de potencia de este equipo es de 3200 W.
- La disipación de calor de este equipo es de 11000 BTU/hr.
- Se considera un Rack de ODF por grado.
- Se considera una capacidad de 100% de crecimiento en espacio y 60% en clima y fuerza.
- Contempla terreno (compra y gestión inmobiliaria), obras civiles (fundaciones, cerco perimetral, iluminación, etc), empalme eléctrico con subestación, estanque de combustible, instalación de grupo generador. Diseño antisísmico.
- Equipos de Aire Acondicionado duplicados, para asegurar funcionamiento en caso de falla.
- Sistema de suministro eléctrico de rectificadores de -48 VDC y plantas separados en lado A y B y bancos de baterías con autonomía de 10 horas.
- Autonomía completa del sistema eléctrico 7 días.
- Sistema de monitoreo remoto de variables ambientales: Temperatura, presencia de VAC, partida de grupo electrógeno, autonomía de banco de baterías, autonomía de grupo generador, partida remota de grupo generador, detección de intrusión, cámara de TV, apertura remota de puerta, conmutación remota de equipos principales por sus respaldos.
- Diseño de sitio para soportar ambientes en climas marinos, secos y lluviosos.
- Opción para conexión de grupo electrógeno externo.
- Toda la solución y equipos son provistos por Eaton Power, llave en mano, con la única excepción de los equipos de transmisión y sus racks.

c) Nodos Subtronicos o de agregación.

La TNIT cuenta con 241 nodos de este tipo de los cuales 40 de ellos incluyen amplificadores de regeneración o ILA (In Line Amplifier).

En la figura 27, se muestra la configuración de los nodos Subtronicos o de agregación:

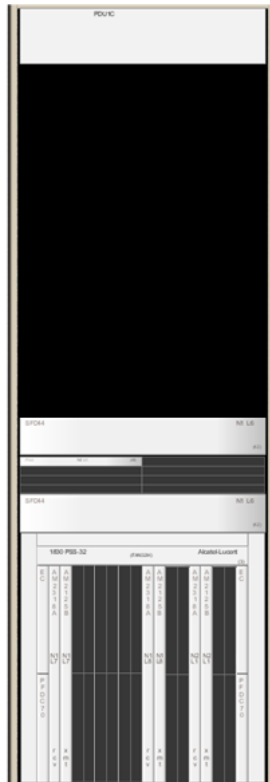


Ilustración 27 Configuración de Equipos de un Nodo de Agregación o Subtronic

Las principales características de estos nodos son las siguientes:

- Configuración FOADM
- 1x PSS-32 para la capa óptica: FOADM, AMPs y DCMs
- 20G Add/Drop
- Esta solución ocupa un rack ETSI estándar de 2200x600x300 mm cada uno.
- El consumo de potencia de este nodo es de 1000 W.
- La disipación de calor de este nodo es de 3400 BTU/hr.
- Se considera un Rack de ODF por grado.
- Se considera una capacidad de 100% de crecimiento en espacio, 60% en clima y fuerza.

- Contempla terreno (compra y gestión inmobiliaria), obras civiles (fundaciones, cerco perimital, iluminación, etc), empalme eléctrico con subestación, estanque de combustible, instalación de grupo generador. Diseño antisísmico.
- Equipos de Aire Acondicionado duplicados, para asegurar funcionamiento en caso de falla.
- Sistema de suministro eléctrico de rectificadores de -48 VDC con rectificadores separados en lado A y B y bancos de baterías y grupo electrógeno.
- Autonomía eléctrica de 7 días.
- Sistema de monitoreo remoto de variables ambientales: Temperatura, presencia de VAC, autonomía de banco de baterías, autonomía de grupo generador, partida remota de grupo generador, detección de intrusión, cámara de TV, apertura remota de puerta, conmutación remota de equipos principales por sus respaldos.
- Diseño de sitio para soportar ambientes en climas marinos, secos y lluviosos.
- Opción para conexión de grupo electrógeno externo.
- Toda la solución y equipos son provistos por Eaton Power, llave en mano, con la única excepción de los equipos de transmisión y sus racks.

- Contempla terreno (compra y gestión inmobiliaria), obras civiles (fundaciones, cerco perimital, iluminación, etc), empalme eléctrico con subestación, estanque de combustible, instalación de grupo generador. Diseño antisísmico.
- Equipos de Aire Acondicionado duplicados, para asegurar funcionamiento en caso de falla.
- Sistema de suministro eléctrico de rectificadores de -48 VDC con plantas separadas en lado A y B y bancos de baterías con autonomía de 48 horas.
- Sistema de monitoreo remoto de variables ambientales: Temperatura, presencia de VAC, autonomía de banco de baterías, autonomía de grupo generador, partida remota de grupo generador, detección de intrusión, cámara de TV, apertura remota de puerta, conmutación remota de equipos de aire acondicionado.
- Diseño de sitio para soportar ambientes en climas marinos, secos y lluviosos.
- Opción para conexión de grupo electrógeno externo.
- Toda la solución y equipos son provistos por Eaton Power, llave en mano, con la única excepción de los equipos de transmisión y sus racks.

e) Nodos de Amplificación ILA (In Line Amplifier)

La TNIT posee 14 de estos nodos, que exclusivamente cumplen esta condición. Su configuración se muestra en la figura N° 29.

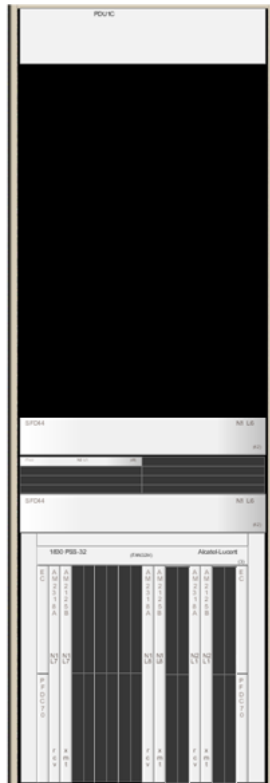


Ilustración 29 Configuración de Equipos de un Nodo Reoetidor ILA

Las principales características de estos nodos se resumen a continuación:

- Configuración ILA (In-Line Amplifier).
- 1x PSS-16 para la capa óptica.
- Esta solución ocupa un rack ETSI estándar de 2200x600x300 mm cada uno.
- El consumo de potencia de este nodo es de 500 W.
- La disipación de calor de este equipo es de 1700 BTU/hr.
- Considera un Rack de ODF por grado.
- Considerar una capacidad de 100% de crecimiento en espacio, 60% en clima y fuerza.
- Considerar terreno (compra y gestión inmobiliaria), obras civiles (fundaciones, cerco perimetral, iluminación, etc), empalme eléctrico con subestación, estanque de combustible, instalación de grupo generador. Diseño antisísmico.

- Equipos de Aire Acondicionado duplicados, para asegurar funcionamiento en caso de falla.
- Sistema de suministro eléctrico de rectificadores de -48 VDC con rectificadores separados en lado A y B y bancos de baterías con autonomía de 10 horas.
- Autonomía completa del sistema eléctrico 7 días.
- Sistema de monitoreo y gestión remota de variables ambientales: Temperatura, humedad, presencia de VAC, partida de grupo electrógeno, autonomía de banco de baterías, autonomía de grupo generador, accionamiento remoto de grupo generador, detección de intrusión, cámara de TV, apertura remota de puerta, conmutación remota de equipos principales por sus respaldos.
- Diseño de sitio para soportar ambientes en climas marinos, secos y lluviosos.
- Opción para conexión de grupo generador externo.
- Toda la solución y equipos son provistos por Eaton Power, llave en mano, con la única excepción de los equipos de transmisión y sus racks.

5.3.2.2. Obras Civiles

Todos los sitios de la TNIT, se encuentran emplazados en terrenos de 150 m², con cámaras de acceso por cada uno de los grados de redundancia de la red. En el caso de Santiago se han considerado sitios de 600 m².

Los sitios cuentan con contenedores especialmente diseñados para albergar los equipos de transmisión, suministro eléctrico AC y DC respaldado, grupo electrógeno y estanque de combustible.

El diseño ha sido trabajado en conjunto con Eaton Power, que aparte de proveer los equipos de clima y fuerza, cuenta con la posibilidad de ofrecer un diseño modular y estandarizado para todos los nodos de la red.

Los POIIT, se consideran con estándares de salas de equipo, asegurando un costo razonable para este fin. Dado que los equipos que miran hacia la red submarina y terrestre son los mismos, solo diferenciados en las puertas ópticas, se utilizarán salas de equipos comunes. De esta forma, los conceptos vertidos en este punto son aplicables y comunes para ambas redes.

Estos puntos deben contar con un terreno propio, ya que no es recomendable la renta de los mismo debido a la posibilidad de no renovar arriendo con el alto costo de traslado que ello implica.

Los POIIT están constituidos por una sala de equipos que se divide en una parte de clima y fuerza y otra de equipos de electrónica de fibra óptica y tecnología IP/MPLS.

Los equipos de clima y fuerza se dimensionan en función de la carga que representan los equipos y de la redundancia en términos de autonomía y climatización necesaria para su adecuado funcionamiento y soporte en caso de falla, sin afectación de las variables ambientales.

Estos sitios cuentan con, rectificador, bancos de baterías y grupo generador con tablero de transferencia automática y de estanques de combustible para un funcionamiento autónomo de 7 días.

Los accesos de fibra óptica se efectúan de manera soterrada y por caminos distintos, de forma de evitar puntos únicos de falla.

Cada terminación de fibra óptica cuenta con su propio ODF emplazado en racks separados de manera que sea inequívoco para el operador determinar a qué trazados corresponde cada terminación. Todo debe estar apropiadamente etiquetado.

En la figura N° 30 se muestran el plano de planta para un sitio de 150 m² que albergará los cinco tipos de nodos descritos anteriormente:

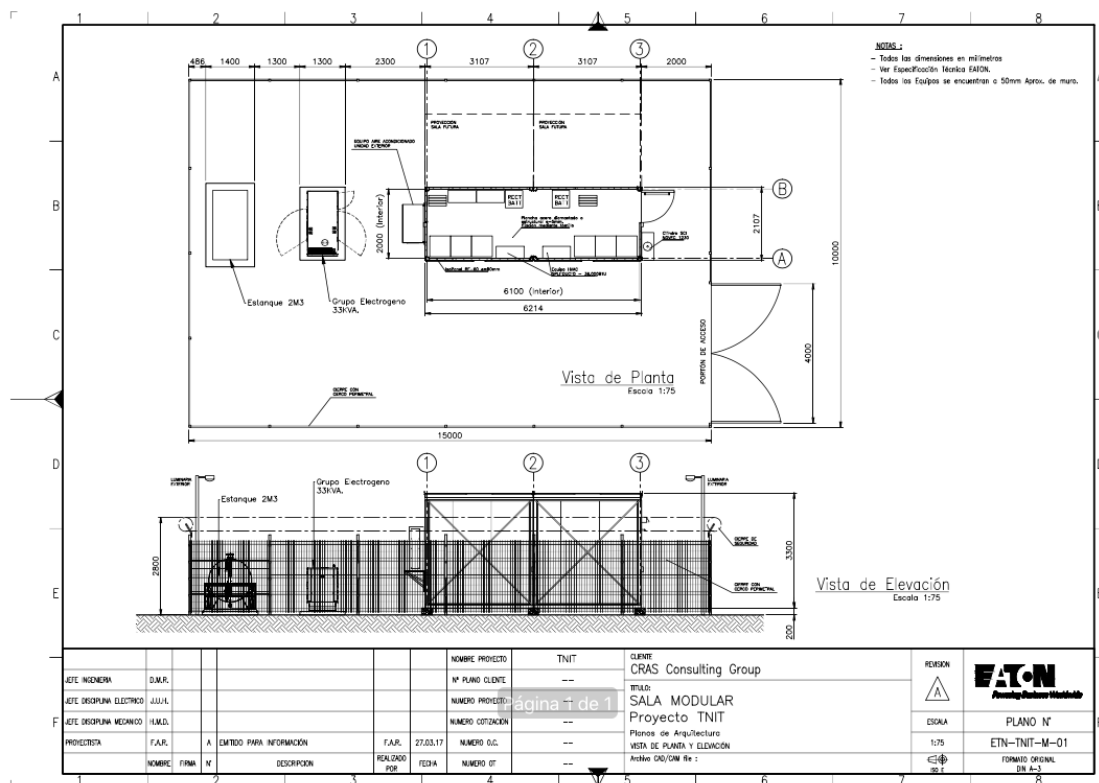


Ilustración 30 Plano de Planta de Emplazamiento de Todos los Nodos de la TNIT.

El sitio incluye espacio para el ingreso de vehículos, cerco perimetral, iluminación, emplazamiento de grupo generador y estanque de combustible, cámaras de acceso por cada grado de la fibra óptica y un contenedor estándar, adecuado a las condiciones climáticas dimensionado para cada tipo de nodo y con una capacidad de crecimiento del 100% del espacio ocupado inicialmente.

Los contenedores son de 6,2 x 2,1 x 3,3 mts (Ancho x Fondo x Alto) para los sitios de la Troncal Submarina y Terrestre y para los demás sitios de 3,1 x 2,1 x 3,3 mts (Ancho x Fondo x Alto). Incluye estructura, pintura, enchufes interiores, iluminación de emergencia, iluminación exterior, tableros de AC, tableros de DC, escalerilla superior en 2 niveles, equipos de aire acondicionado redundantes tipo split, piso interior de plancha lisa no removible, panel RF60 de espesor 80 mm para cielo, muros y piso. Esquema tipo 4 (ZinClad/Epolon299/Macrop646/Urelux).

Dependiendo de los estudios de terreno, se recomendará la incorporación de aisladores sísmicos, para lo cual se han evaluado equipos de la firma estadounidense Dynamyc Isolation Systems, con extenso uso en el mercado Chileno, como el caso del Hospital Militar y el Datacenter de Liray de Claro Chile, entre otros.

Se ha considerado que se requieren tres tipos de contenedores o Shelter especialmente habilitados para soportar las instalaciones e la TNIT:

a) Sala de Equipos para Nodos Troncales Submarinos y Terrestres:

En la figura nº 31 se muestra la ilustración de la sala de equipos para albergar este tipo de nodos:

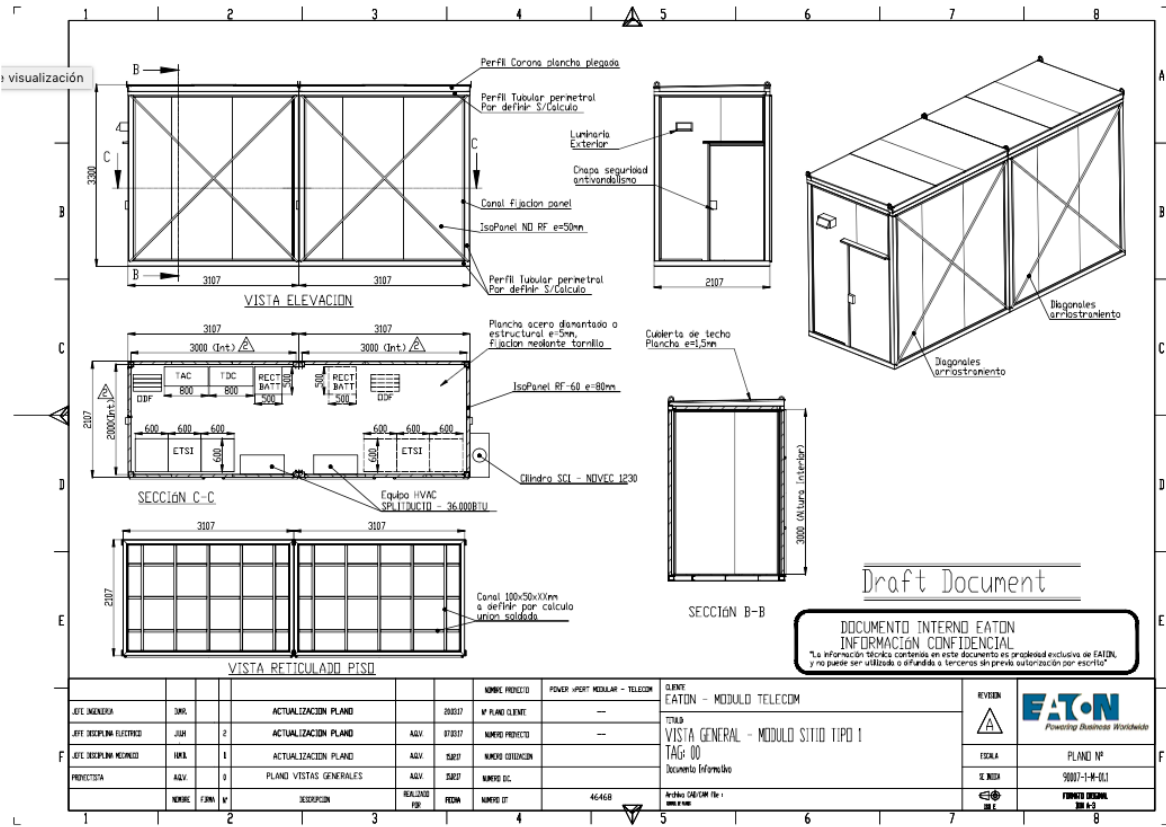


Ilustración 31 Modelo de Contenedores para Salas de Equipos Troncal Submarina y Terrestre.

Este tipo de salas se compone de los elementos que se indican en la tabla N° 11:

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1,1	Sala Power Xpert Modular (PxM) Telecom para Nodos Troncales (Terrestre - Subterráneo), de medidas 6,2 x 2,1 x 3,3 mts (Ancho x Fondo x alto), la cual incluye; Estructura Esquema Pintura SS/AA - Enchufes Interiores SS/AA - Iluminación Emergencia SS/AA - Iluminación Exterior SS/AA - Iluminación Interior SS/AA - Tablero AC SS/AA - Tablero DC SS/AA - Escalerilla Superior (2 Niveles) Equipo HVAC Redundante de 48.000BTU tipo Split Piso interior, se considera plancha lisa pintada. No removible Se considera en Cielo/Muros/Piso, panel RF60 de e=80mm Se considera Esquema tipo 4 (ZinClad/Epolon299/Macrop646/Urelux)	1 Global
1,2	Fuente DC Eaton modelo APS12-3G	2
1,3	Módulos rectificadores eaton, serie APR48-3G; Módulos independientes (12 por cada fuente rectificadora)	24
1,4	Banco de Baterías SBS190F (ENERSYS); considera 10 horas de autonomía cc para una carga de 6800W. La cantidad de bancos es determinada de las curvas que se indican en la tabla adjunta "Power Safe-SBS-Performance-Specs	7
1,5	Rack 19" Open Type Eaton; para este caso se requiere 2 racks por cada sistema rectificador : Sistema 1: Rectificador 1 y 2 BB y un segundo rack para 2 (y hasta 4) bancos de baterías Sistema 2: Rectificador 2 y 2 BB y un segundo rack para 2 (y hasta 4) bancos de baterías	4
1,6	Cierre Perimetral con malla Acma Tecnocerco 2425 de 2,4Mts de alto, duplex verde + Brazo de extensión, concertina de 50cm de diámetro, porton de doble hoja de 4mts y Pilates de 75x75x2mm	50
1,7	Grupo Electrogenerador Estacionario de 50KVA marca FG Wilson, modelo P56-1, de 45 kVA – 36 kW, Trifásico en 380/220 VAC, Tanque de combustible en la base del equipo para 10 horas de autonomía. Solución considera; * Sistema de Transferencia Compacta / marca FG Wilson, modelo CTI-100A. Este sistema integra un switch motorizado de cuatro polos controlado electrónicamente mediante su módulo de control que cuenta con un teclado numérico y, tiene una segunda opción de operación mediante conmutación manual a través de una palanca montada al costado de los interruptores. * Gabinete Insonoro; Modelo; Sound Attenuated, fabricado en planchas de acero, con soldadura resistente, tratamiento anticorrosivo y electroestático. Especial para trabajo pesado, con excelente acceso para el mantenimiento de su equipo, cerradura con llave. Silenciador residencial completamente aislado para seguridad del operador, botón de parada de emergencia en el exterior. * Gobernación Electrónica. * Mantenedor de Batería. * Tanque enterrado 2 m3 Tanque 2 m3, para montaje enterrado, certificación SEC según Protocolo PC-103, puesto en obra. Inscripción SEC Planos As- Built-Memoria descriptiva-Formulario TC4-Matriz de Riesgos-Especificaciones Técnicas - Inscripción en SEC, Región Metropolitana. Instalación eléctrica Tablero eléctrico de control y comando de bomba Canalización de fuerza y control Sensor de Nivel Bajo en Tanque, 2 posiciones (nivel 1/2 y nivel BAJO). Contacto seco en Tablero para C.C. Sensor de Nivel 3 posiciones en TK diario de Generador. Alimentación de combustible a Generador Cañería de alimentación y rebalse a generador, fitting roscados. Medidor de flujo mecánico, 3 dígitos y totalizador Bomba para petróleo 40 lpm, con motor eléctrico 220 V-0,5 HP. Flexibles de conexión a Generador.	1
1,8	Iluminación Exterior Tipo LED marca Eaton instalado en Poste de 7 mts de alto.	4
1,9	Camaras de Seguridad IP del tipo HD infrarroja, para exterior patio y uso interior shelter	6
1,10	Servicio General de Obras en terreno, Incluye; Malla Tierra, Radiales, obras civiles menores (radiales para Shelter y Grupo Electrogenerador) y materiales para interconexión eléctrica entre periféricos a suministrar (cables, camaras, soportes, canalizaciones, etc...). ESTE ÍTEM NO INCLUYE MANO DE OBRA.	1

Tabla 11 Detalle Elementos Incluidos en Sitios para Nodos Troncales Submarinos y Terrestres.

b) Sala de Equipos para Nodos Troncales Terrestres:

En la figura nº 32 se muestra la ilustración de la sala de equipos para los nodos Troncales Terrestres:

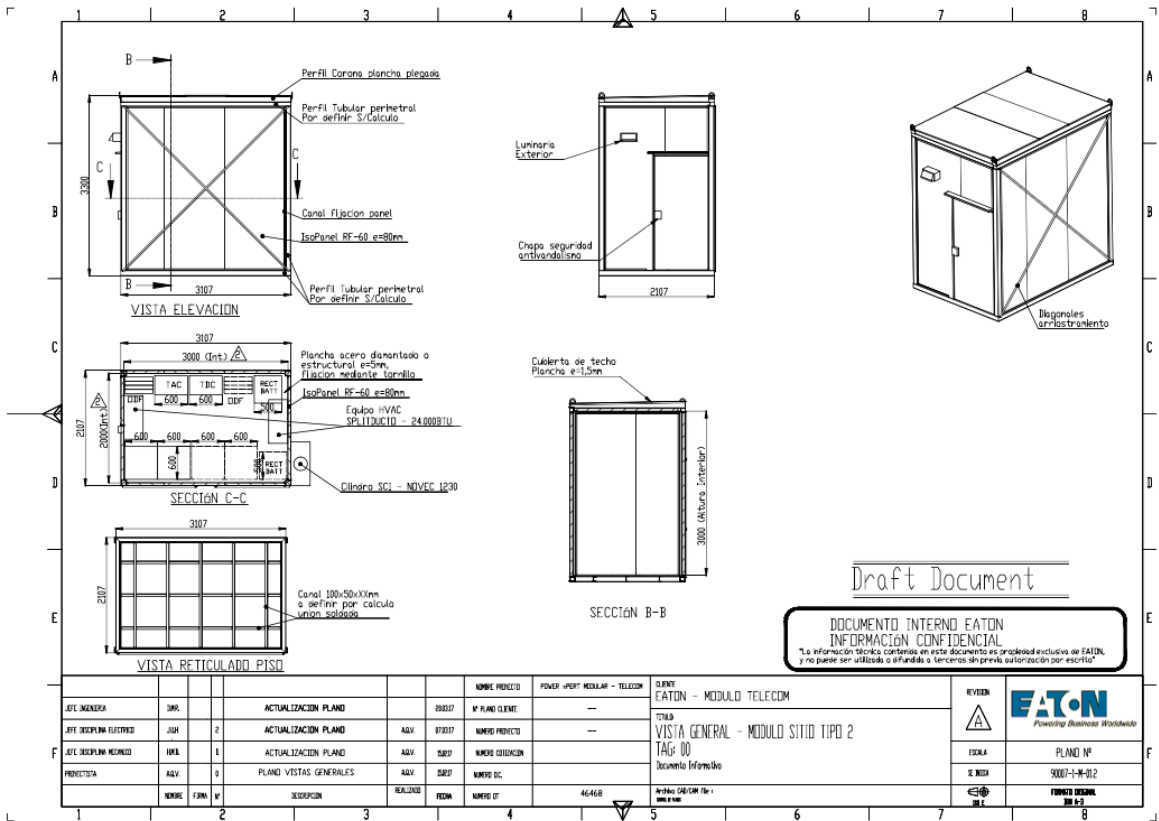


Ilustración 32 Modelo de Contenedores para Salas de Equipos Troncal Submarina y Terrestre

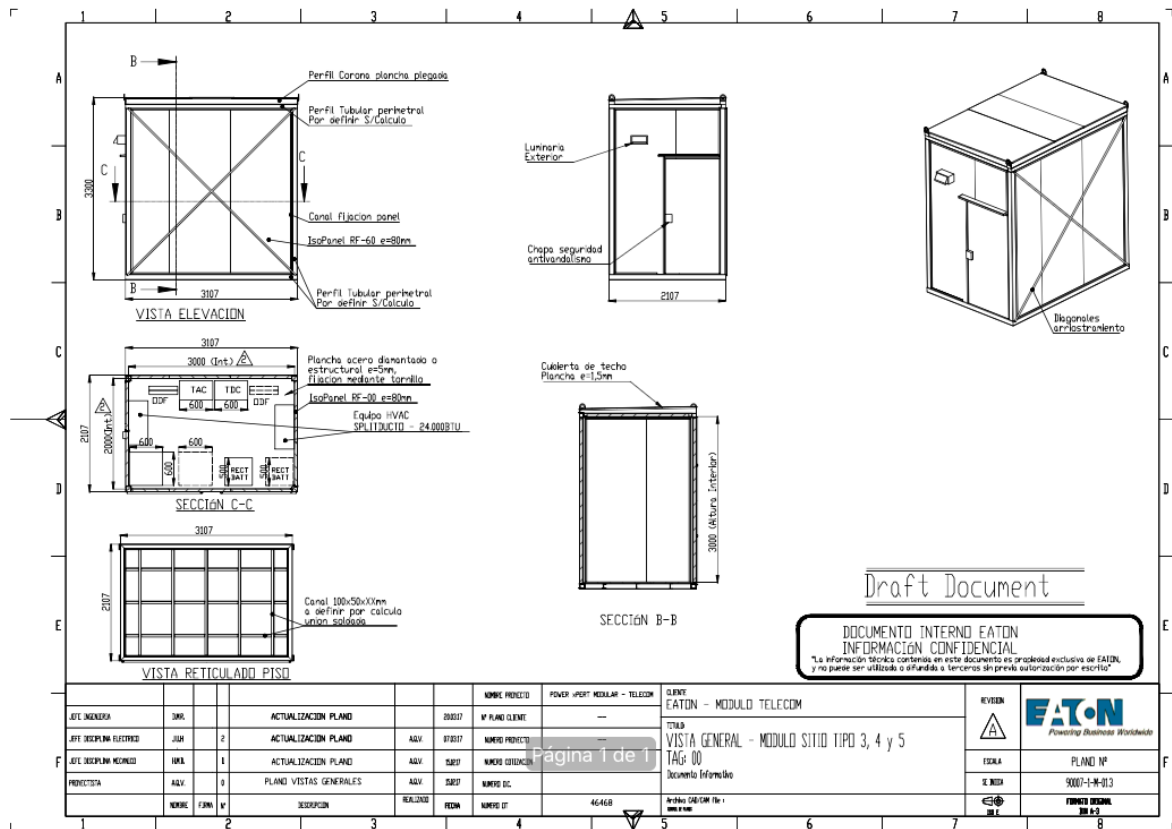
Se han considerado 36 de estos nodos para toda la red. Los elementos constitutivos de ellos, se resumen en la tabla Nº 12:

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
2,1	Sala Power Xpert Modular (PxM) Telecom para Nodos Troncales (Terrestre - Subterráneo), de medidas 3,1 x 2,1 x 3,3 mts (Ancho x Fondo x alto), la cual incluye; Estructura Esquema Pintura SS/AA - Enchufes Interiores SS/AA - Iluminación Emergencia SS/AA - Iluminación Exterior SS/AA - Iluminación Interior SS/AA - Tablero AC SS/AA - Tablero DC SS/AA - Escalera Superior (2 Niveles) Equipo HVAC Redundante de 12.000BTU, tipo Split Piso interior, se considera plancha lisa pintada. No removible Se considera en Cielo/Muros/Piso, panel RF60 de e=80mm Se considera Esquema tipo 4 (ZinClad/Epolon299/Macrop646/Urelux)	1 Global
2,2	Fuente DC Eaton modelo APS6-3G	2
2,3	Módulos rectificadores eaton, serie APR48-3G; Módulos independientes (12 por cada fuente rectificadora)	12
2,4	Banco de Baterías SBS190F (ENERSYS); considera 10 horas de autonomía cc para una carga de 6800W. La cantidad de bancos es determinada de las curvas que se indican en la tabla adjunta "Power Safe-SBS-Performance-Specs"	3
2,5	Rack 19" Open Type Eaton; para este caso se requiere 2 racks por cada sistema rectificador : Sistema 1: Rectificador 1 y 2 BB y un segundo rack para 2 (y hasta 4) bancos de baterías Sistema 2: Rectificador 2 y 2 BB y un segundo rack para 2 (y hasta 4) bancos de baterías	2
2,6	Cierre Perimetral con malla Acma Tecnocerco 2425 de 2,4Mts de alto, duplex verde + Brazo de extensión, concertina de 50cm de diámetro, porton de doble hoja de 4mts y Pilates de 75x75x2mm	50
2,7	Grupo Electrogenerador Estacionario de 30KVA marca FG Wilson, modelo P33-3, de 30 kVA – 24 kW, Trifásico en 380/220 VAC, Tanque de combustible en la base del equipo para 10 horas de autonomía. Solución considera; * Sistema de Transferencia Compacta / marca FG Wilson, modelo CTI63A. Este sistema integra un switch motorizado de cuatro polos controlado electrónicamente mediante su módulo de control que cuenta con un teclado numérico y, tiene una segunda opción de operación mediante conmutación manual a través de una palanca montada al costado de los interruptores. * Gabinete Insonoro; Modelo; Sound Attenuated, fabricado en planchas de acero, con soldadura resistente, tratamiento anticorrosivo y electrostático. Especial para trabajo pesado, con excelente acceso para el mantenimiento de su equipo, cerradura con llave. Silenciador residencial completamente aislado para seguridad del operador, botón de parada de emergencia en el exterior. * Gobernación Electrónica. * Mantenedor de Batería. * Tanque enterrado 2 m3 Tanque 2 m3, para montaje enterrado, certificación SEC según Protocolo PC-103, puesto en obra. Inscripción SEC Planos As- Built-Memoria descriptiva-Formulario TC4-Matriz de Riesgos-Especificaciones Técnicas - Inscripción en SEC, Región Metropolitana. Instalación eléctrica Tablero eléctrico de control y comando de bomba Canalización de fuerza y control Sensor de Nivel Bajo en Tanque, 2 posiciones (nivel 1/2 y nivel BAJO). Contacto seco en Tablero para C.C. Sensor de Nivel 3 posiciones en TK diario de Generador. Alimentación de combustible a Generador Cañería de alimentación y rebalse a generador, fitting roscados. Medidor de flujo mecánico, 3 dígitos y totalizador Bomba para petróleo 40 lpm, con motor eléctrico 220 V-0,5 HP. Flexibles de conexión a Generador.	1
2,8	Iluminación Exterior Tipo LED marca Eaton instalado en Poste de 7 mts de alto.	4
2,9	Cameras de Seguridad IP del tipo HD Infrarroja, para exterior patio y uso interior shelter	6
2,10	Servicio General de Obras en terreno, incluye; Malla Tierra, Radiales, obras civiles menores (radiales para Shelter y Grupo Electrogenerador) y materiales para interconexión eléctrica entre perifericos a suministrar (cables, camaras, soportes, canalizaciones, etc...). ESTE ÍTEM NO INCLUYE MANO DE OBRA.	1,00

Tabla 12 Detalle Elementos Incluidos en Sitios para Nodos Troncales Terrestres

c) Sala de Equipos para Nodos Subtruncles, de Acceso Directo e ILAs.

Finalmente, en la figura N° 33, se muestra la solución de sala de equipos para nodos de acceso directos y amplificadores en línea:



Estos tipos de nodos suman en total 361 en toda la TNIT, y sus elementos constituyentes se detallan en la tabla N° 13.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
3,1	Sala Power Xpert Modular (PxM) Telecom para Nodos Troncales (Terrestre - Subterráneo), de medidas 3,1 x 2,1 x 3,3 mts (Ancho x Fondo x alto), la cual incluye; Estructura Esquema Pintura SS/AA - Enchufes Interiores SS/AA - Iluminación Emergencia SS/AA - Iluminación Exterior SS/AA - Iluminación Interior SS/AA - Tablero AC SS/AA - Tablero DC SS/AA - Escalerilla Superior (2 Niveles) Equipo HVAC Redundante de 12.000BTU, tipo Split Piso interior, se considera plancha lisa pintada. No removible Se considera en Cielo/Muros/Piso, panel RF60 de e=80mm Se considera Esquema tipo 4 (ZinClad/Epolon299/Macrop646/Urelux)	1 Global
3,2	Fuente DC Eaton modelo APS3-3G	2
3,3	Módulos rectificadores Eaton, serie APR48-3G; Módulos independientes (12 por cada fuente rectificadora)	6
3,4	Banco de Baterías SBS190F (ENERSYS); considera 10 horas de autonomía cc para una carga de 6800W. La cantidad de bancos es determinada de las curvas que se indican en la tabla adjunta "Power Safe-SBS-Performance-Specs	2
3,5	Rack 19" Open Type Eaton; para este caso se requiere 2 racks por cada sistema rectificador : Sistema 1: Rectificador 1 y 2 BB y un segundo rack para 2 (y hasta 4) bancos de baterías Sistema 2: Rectificador 2 y 2 BB y un segundo rack para 2 (y hasta 4) bancos de baterías	2
3,6	Cierre Perimetral con malla Acma Tecnocerco 2425 de 2,4Mts de alto, duplex verde + Brazo de extensión, concertina de 50cm de diámetro, porton de doble hoja de 4mts y Pilates de 75x75x2mm	50
3,7	Grupo Electrogeno Estacionario de 13,5KVA marca FG Wilson, modelo P13-3, de 12kVA – 13,5kW, Trifásico en 380/220 VAC, Tanque de combustible en la base del equipo para 10 horas de autonomía. Solución considera; * Sistema de Transferencia Compacta / marca FG Wilson, modelo CTI63A. Este sistema integra un switch motorizado de cuatro polos controlado electrónicamente mediante su módulo de control que cuenta con un teclado numérico y, tiene una segunda opción de operación mediante conmutación manual a través de una palanca montada al costado de los interruptores. * Gabinete Insonoro; Modelo; Sound Attenuated, fabricado en planchas de acero, con soldadura resistente, tratamiento anticorrosivo y electrostático. Especial para trabajo pesado, con excelente acceso para el mantenimiento de su equipo, cerradura con llave. Silenciador residencial completamente aislado para seguridad del operador, botón de parada de emergencia en el exterior. * Gobernación Electrónica. * Mantenedor de Batería. * Tanque enterrado de 1m3, para montaje enterrado, certificación SEC según Protocolo PC-103, puesto en obra. Inscripción SEC Planos As- Built-Memoria descriptiva-Formulario TC4-Matriz de Riesgos-Especificaciones Técnicas - Inscripción en SEC, Región Metropolitana. Instalación eléctrica Tablero eléctrico de control y comando de bomba Canalización de fuerza y control Sensor de Nivel Bajo en Tanque, 2 posiciones (nivel 1/2 y nivel BAJO). Contacto seco en Tablero para C.C. Sensor de Nivel 3 posiciones en TK diario de Generador. Alimentación de combustible a Generador Cañería de alimentación y rebalse a generador, fitting roscados. Medidor de flujo mecánico, 3 dígitos y totalizador Bomba para petróleo 40 lpm, con motor eléctrico 220 V-0,5 HP. Flexibles de conexión a Generador.	1
3,8	Iluminación Exterior Tipo LED marca Eaton instalado en Poste de 7 mts de alto.	4
3,9	Cameras de Seguridad IP del tipo HD Infrarroja, para exterior patio y uso interior shelter	6
3,10	Servicio General de Obras en terreno, incluye; Malla Tierra, Radiales, obras civiles menores (radiales para Shelter y Grupo Electrogeno) y materiales para interconexión eléctrica entre periféricos a suministrar (cables, cámaras, soportes, canalizaciones, etc...). ESTE ÍTEM NO INCLUYE MANO DE OBRA.	1

Tabla 13 Elementos Constituyentes Salas de Equipos Subtroncales, de Acceso Directo e ILAs.

Algunos elementos y criterios adicionales a tener en consideración para los sitios son los siguiente:

UBICACIÓN	En el radio urbano de la ciudad o localidad, por sobre la línea de inundación Tsunami del SHOA.
TIPO DE CONSTRUCCIÓN	Contenedor para equipos de telecomunicaciones idénticos a los contemplados, con tratamientos adecuados para cada tipo de clima.
SEGURIDAD INCENDIO	Mediante gases inertes, por aspersores secos, para protección de personas y equipos. Se instalará incluso para descarga en el interior de los armarios.
ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA	220 VCA, 10 a 30 Kw
TIERRA DEL SISTEMA ELÉCTRICO	Malla de tierra de la Estación y cable de tierra a todo lo largo de escalerillas verticales y horizontales, bajando a cada uno de los armarios y bastidores de la Estación.

Se ha considerado la incorporación del sistema de monitoreo de variables electromecánicas y ambientales POWER II // SC200 de la firma Eaton Power, que permite las siguientes funciones:

- a) Recolección de Alarmas:
 - Seguridad.
 - Incendio.
 - Aire Acondicionado.
 - Grupo Generador.
- b) Monitoreo de Variables:
 - Temperatura y Humedad.
 - Corrientes de carga.
 - Grupo Generador
- c) Control Automático:
 - Gestión de clima por control de ventiladores y equipos de aire acondicionado.
 - Partida de grupos generadores.
 - Control de carga.

- d) Control Remoto:
 - Partida remota de grupo generador.
 - Monitoreo.
 - Cambio de unidades principales por las de respaldo en forma remota.
- e) Análisis:
 - Tendencias.
 - Optimización.

Para el control de acceso se ha considerado el sistema ZK FR1200 de la firma ZKTeco, que permite apertura remota de puerta desde el NOC y en terreno con control biométrico. Es resistente al agua y ofrece una muy alta durabilidad en todas las condiciones meteorológicas e intemperie.

Cada sitio dispondrá de hasta 6 cámaras IP de seguridad, del tipo HD infrarroja, para patio exterior e interior del shelter.

Estas facilidades de monitoreo y accionamiento remoto, permite una importante economía en la operación, ya que en un instante es posible conocer el estado completo de la infraestructura electromecánica de la red y tomar acciones, evitando, salvo en casos muy excepcionales, el envío de personal a terreno.

Como condiciones ambientales, los sitios deben cumplir con lo siguiente:

- Sistema de aire acondicionado; temperatura: 20 – 25° C.
- Presión positiva.
- Humedad relativa: entre 40% y 50%.
- Iluminación: 500 Lux.
- Iluminación de emergencia.
- Limpieza del aire: protección al ingreso de partículas de polvo y otros contaminantes.
- Muros color blanco invierno.
- Disipación del calor generado.
- Enchufes sobrepuestos hembra industriales en el muro para alimentar zapatillas eléctricas de cada bastidor u otro cableado eléctrico seguro para alimentar los bastidores y gabinetes.
- El sistema de protección contra incendios en ningún caso pondrá en peligro la vida de las personas. El sistema a emplear no estará basado en agua, líquidos u otro elemento que dañe aún más el

equipamiento activo de la sala. Se recomendará sistemas basados en gas NOVEC, que cumple estas características.

Como criterio general para la construcción de los POIIT-R, es necesario tener presente que, los casos de enlaces de microondas, se han restringido a la unión de islas en los que no se justifica un tendido bajo el mar.

Para tal efecto se tienen considerado enlaces de microondas en las bandas de 7 a 10 GHz, con infraestructura redundante y diversidad de espacio para prevenir efectos de interferencia por reflexión de ondas sobre el agua.

En cuanto a las características del sitio que albergará este equipamiento, es equivalente a los de fibra óptica, con la salvedad que dispone de una torre apropiada para el soporte de las antenas.

Para el diseño de los POIIT-R se considerarán entre otras las siguientes condiciones para su emplazamiento:

Torres autosoportadas metálicas, con todos sus componentes de aterramiento y balizaje exigido según DGAC, cuya altura dependerá del despeje del salto que sea requerido. Estas serán galvanizadas, al igual que todos sus componentes, del tipo mecano o por tramos de no más de 6 metros, con sus respectivas fundaciones según la normativa de construcciones y el SEC.

Todas las instalaciones deberán contar con las autorizaciones del SEC y la respectiva Dirección de Obras cuando aplique, como así mismo cumplir con lo que establezca a DGAC para las balizas y colores reglamentarios para el sistema soporte de antenas y la Ley de Torres. Los respectivos acuerdos de arriendo o comodato con los dueños de los sitios.

Se privilegiará la ubicación de sitios donde exista acceso al menos para vehículos de doble tracción, con energía eléctrica en el lugar, niveles de piso de ruido reducido a la frecuencia de operación.

5.3.2.3. Energía

Los equipos de transmisión de la TNIT tendrán un consumo eléctrico de entre 700W y 6.800 W. Con un criterio conservador de una PUE de 2 (Power Unit Efficiency) y una capacidad de 60% de crecimiento en consumo eléctrico, se recomienda la solicitud de empalmes de hasta 30 KW.

Se privilegiará que todos los equipos de la red de transmisión y monitoreo, funcionen en corriente continua de -48 VDC, con respaldo primario de banco de baterías y secundario de grupo generador.

Todos los sistemas de alimentación de los equipos son dobles, para alimentar las fuentes redundantes por plano A y plano B.

Para esto se ha previsto el uso de fuentes DC Eaton Power APS12-3G, APS6-3G y APS3-3G con módulos rectificadores APR48-3G, en cantidad variable de acuerdo del consumo de cada sitio.

Se han incorporado bancos de baterías SBS190F EnerSys, con 10 horas de autonomía para los todos los nodos de la red, como mínimo.

Para los nodos Troncales Terrestres y Submarinos, se han considerado grupos electrógenos estacionarios FG Wilson, modelo P56-1, trifásico en 380/220 VAC. Dicho grupo incluye un estanque de combustible propio para 10 horas de autonomía. Adicionalmente, se incluye un estanque exterior de combustible, de 2m³, para montaje enterrado, con certificación SEC según protocolo PC103. Estos grupos electrógenos incluyen sistema de transferencia automática FW Wilson CTI-100A y gabinete isonorizado.

Para los nodos Troncales Terrestres, se ha dispuesto el uso de grupos generadores FG Wilson modelo P33-3 de 30 KVA, trifásico en 380/220 VAC. El sistema de transferencia automática es también de FWG Wilson modelo CTI63A. El resto de las características son idénticas a las señaladas en el párrafo anterior.

Para el caso de los nodos Subtroncales, de acceso directo e ILA el grupo electrógeno es FG Wilson P13-3 de 13,5 KVA con el mismo tablero CTI63A. Para este caso el estanque de combustible exterior es de 1m³, manteniéndose el resto de las especificaciones.

Los equipos de clima para los nodos Troncales Terrestres y Submarinos, son HVAC, redundantes tipo SPLIT de 48.000 BTU. Para los nodos Troncales Terrestres, ILA y de accesos directo, es el mismo equipo redundante de 12.000 BTU.

Considerando la capacidad en banco de baterías, estanque de petróleo integrado del grupo generador y estanque de petróleo externo, cada sitio de la TNIT, a plena carga, tendrá una autonomía eléctrica mínima de 7 días.

Todos los nodos de la TNIT, contarán con sus respectivas mallas de tierra, de impedancia menor o igual a 3 ohms, conectadas mediante cables de cobre desnudos termofusionados.

La iluminación exterior es LED, marca Eaton, con 4 postes de 7 metros de alto.

Para todos los equipos descritos en los apartados de equipos de red, obras civiles y de energía, se incluyen en los anexos los catálogos correspondientes.

5.3.3. Tendidos FO, TRIOT

Los tendidos de fibra óptica terrestre, han sido definidos al alero de la red vial que dispone el país, de forma tal de poder aprovechar su trazado que une la gran mayoría de las localidades y permite en acceso expedito para labores de mantenimiento y transporte de material, herramientas y personal.

En tendidos terrestres, los trazados pueden ser soterrados o aéreos. En general la disponibilidad de los trazados aéreos es menor que la de los terrestres, pero, por otra parte, resultan más económicos.

Como se señaló precedentemente, los criterios para definir el tipo de trazado terrestre, son los siguientes:

- Soterrado para tendidos que están a menos de 30 Kilómetros de la costa, para minimizar el impacto de la corrosión.
- Soterrado en zonas de bosques, para lograr una mejor protección ante incendios forestales.
- Soterrado en áreas protegidas, tales como parques nacionales y reservas naturales, de manera de minimizar el impacto ambiental.
- Soterrado en tendidos urbanos de alta densidad poblacional a fin de evitar cortes por conceptos de accidentes automovilísticos.
- Aéreo, en las zonas que no cumplen con los criterios anteriores.

Bajo estos criterios, la cantidad total de tendido de fibra óptica terrestre, alcanza los 20.053 con la distribución por región que se muestra en la tabla N° 14.

REGIÓN	KMS	%
Región de Arica y Parinacota	1.690	3,4%
Región de Tarapacá	1.188	5,9%
Región de Antofagasta	2.940	14,7%
Región de Atacama	1.791	8,9%
Región de Coquimbo	1.616	8,1%
Región de Valparaíso	1.080	5,4%
Región Metropolitana de Santiago	1.650	3,2%
Región de Maule	1.030	5,1%
Región de Bío-Bío	1.717	8,6%
Región de La Araucanía	1.438	7,2%
Región de Libertador Bernardo O'Higgins	1.901	4,5%
Región de Los Lagos	1.707	8,5%
Región de Los Ríos	601	3,0%
Región de Aysén del Gral. Ibañez	1436	7,2%
Región de Magallanes y la Antártica Chile	1.268	6,3%
TOTAL	20.053	100,0%

Tabla 14 Distribución de Fibra Óptica Terrestre por Región

En el archivo “Trazados por Tipo y Provincia 99_15.xlsx”, se encuentra la información que describe los trazados por tipo, indicando para cada uno de ellos los nodos que une, la jerarquía de estos, la cantidad de filamentos utilizados, el tipo de trazado (aéreo o soterrado), la región y provincia en que se encuentra, como asimismo su longitud.

La TNIT cuenta con 742 tendidos de fibra óptica terrestre.

5.3.3.1. Filamentos de FO, cables y protecciones del cable

Los cables de fibra óptica a utilizar en los tendidos terrestres recomendados por los fabricantes, son bajo la norma G652D. Obedecen a una norma ampliamente utilizada en todo el mundo.

Debe emplearse el código estadounidense de colores, que es el más usado en el país. Esto es importante ya que permite conectarse con la mayoría de otras redes sin cometer errores que pueden ser muy relevantes a la hora de llevar a cabo el mantenimiento. Asimismo, la gran mayoría de los contratistas de planta externa se encuentran familiarizados con él.

Para el cable aéreo se propone uno de figura 8 con mensajero 7x1, de 96 filamentos, esto por las razones explicadas precedentemente. La razón del uso del cable figura 8, dice relación con su mayor facilidad para ser instalado, menor requerimiento de ferretería de anclaje, y mayor protección del mensajero ante la corrosión al encontrarse recubierto

por plástico. Este cable también debe contar con una protección metálica que cubre los mini tubos. Esto se utiliza para prevenir impactos, es especial de perdigones, de parte de cazadores que usualmente disparan a las aves que se posan sobre el cable.

En el caso del cable para ductos, también se recomienda un cable de 96 filamentos, y con protección anti roedores, que constituyen una de las principales causas de su deterioro.

5.3.3.2. Tipos de Tendidos Terrestres de FO

En la siguiente tabla se muestra el detalle de las longitudes por tipos de tendidos:

TIPO DE TRAZADO	KM
TRAZADO AEREO	7.342
SOTERRADO BOSQUES	2.784
SOTERRADO LIMITE 30K	8.791
SOTERRADO AREAS PROTEGIDAS	450
SOTERRADO CIUDADES	686
TOTAL	20.053

Tabla 15: Longitudes por tendidos TNIT

A los trazados medidos entre los distintos puntos a interconectar de la red terrestre, se debe adicionar un 5% como reserva técnica para reparaciones en caso de cortes. Esto se hace para evitar tener que reemplazar un segmento adicionando dos mufas, en vez de estirar el cable de reserva y fusionar en la misma mufa existente. Con ello se evita una doble fusión que aumenta la atención por empalmes.

5.3.3.2.1. Tendido Aéreo

El tendido aéreo, está considerado sobre postación propia para efectos de costeo, con cable figura 8, con capa protectora metálica y de 96 filamentos. Sin embargo, es común que este tendido pueda utilizar en gran parte postación existente de parte de terceros.

En los casos de existir tendidos de alta o media tensión, es posible utilizar cable ADSS, el que ha demostrado una alta confiabilidad, pero esto debe validarse en terreno, al efectuar los survey correspondientes para definir la mejor opción de tendido para cada tramo.

El cable OPGW, se descarta, por su alta complejidad de operación.

Como se indicó, los tendidos aéreos pueden realizarse en zonas de baja exposición a los daños, como zonas desérticas, poco transitadas, no afectas a los efectos de la corrosión, embates del clima e incendios.

Deben evitarse en zonas urbanas y en particular en cruces de avenidas importantes, por su alta exposición a corte producto de accidentes de tránsito o de vehículos que exceden la altura máxima permitida, sin perjuicio de la contaminación visual que provocan.

En aquellas zonas en que realiza este tendido, suele combinarse con tramos soterrados en áreas de riesgo, por ejemplo en los cruces de calles, o zonas de entradas y salidas de vehículos pesados y altos.

5.3.3.2.2. Tendido Soterrado

El tendido soterrado, es de 96 filamentos. Previamente se indicaron los criterios para definir las zonas en que los cables deben soterrarse.

Los tendidos de fibra soterrado consideran:

- Zanja de 1,50 m al ancho de pala 40 cms (retroexcavadora de pala chica o a mano).
- Capa de arena o tierra arneada 5 cm en el fondo.
- Cable sin ducto sobre la arena, donde se justifique o con triducto.
- Segunda capa de arena o tierra arneada de 10 cm
- Cobertura con piedras planas o cascajos de roca.
- Vaciado de concreto pobre de 5 cm espesor por el ancho 40 cm. (Esto sólo cuando resulta estrictamente necesario por razones de paso vehicular de carga).
- Extensión a todo el largo una cinta plástica color rojo con leyendas Peligro y los datos de contacto del NOC, para tomar las acciones pertinentes en caso de corte.

Para tendido a campo abierto, se pueden utilizar arados especiales, que en forma mecanizada permiten enterrar los triductos de manera bastante rápida y económica. En general, la distancia entre cámaras para los tendidos de una red se recomienda que no superen los 50 metros.

5.3.3.2.3. Tendido en Situaciones Especiales: Puentes, Edificaciones, etc.

Es preciso tener presente que la TNIT, se ha diseñado con un respaldo Submarino, de manera de prevenir que los eventos que puedan ocurrir en tierra firme, produzcan un doble o triple corte de fibra óptica que pueda afectar la continuidad del servicio.

No obstante ello, las crecidas de ríos, terremotos o lluvias intensas, pueden afectar los puentes de un mismo río o quebrada en más de un punto, dañando simultáneamente ambos trazados terrestres.

Para prevenir estos impactos, se recomienda en estos casos, que a lo menos uno de los trazados terrestres sobre un río, no utilice los puentes existentes y se busque una solución que minimice los riesgos de crecida, ya sea con una solución especial aérea o un

soterramiento especialmente reforzado. También se puede dejar una infraestructura de respaldo que facilite la reparación en caso de siniestro, como por ejemplo postes de altura con tendido de fibra que se pueda utilizar para un bypass en caso de caída de un puente o situación similar.

5.3.4. Criterios y condiciones de diseño técnico

Como criterios de diseño Técnico de la TNIT terrestre se han utilizado las siguientes consideraciones:

- a) Los equipos de la red troncal, tendrán una capacidad máxima de procesar un tráfico de 88 Lambdas de 100 Gbps por segundo cada una. Esto es una capacidad total de 8,8 Tbps.
- b) Se han formado anillos secundarios con equipos de menor capacidad, para no invertir innecesariamente en zonas en que los volúmenes de tráfico no requerirán equipos de tanta capacidad. En estos casos, la capacidad 88 lambdas de 10/100 Gbps.
- c) Para el caso de localidades de acceso directo a la red Troncal, se han considerado los mismos equipos del punto anterior.
- d) Dados los costos de la instalación de la fibra óptica versus el precio asociado a la cantidad de filamentos, se ha definido utilizar fibras de 96 filamentos. En la práctica se utilizarán como máximo 6 filamentos en la TNIT considerando que algunos tramos requerirán 4 filamentos para el funcionamiento, más 2 de respaldo y dos de maniobra. De esta forma, la red contará con 90 filamentos por tramo disponibles para comercialización de fibra oscura o crecimiento futuro que requiera de más infraestructura de fibra óptica.
- e) En esta fase no se ha considerado los servicios IP/MPLS. Sólo se han contemplado los servicios de transporte punto a punto con canales dedicados y la comercialización de fibra oscura. Esto dado que la oferta de estos dos servicios, puede tratarse de mejor forma como oferta de infraestructura. No obstante ello, la Capa IP/MPLS puede obtener una rendimiento mayor de esta red, dadas las eficiencias que introduce propias de este protocolo.
- f) Para los tendidos troncales, se ha evitado tramos de más de 150 kilómetros sin repetidores ópticos, a objeto de asegurar la calidad de la transmisión.
- g) Todas las fibras ópticas terrestres son norma G 652D. Para los trazados aéreos se emplea cable figura 8, con protección metálica y mensajero 7x1. Para los tendidos soterrados, se ha considerado fibra con protección especial anti roedores.
- h) Las distancias entre cámaras para los tendidos soterrados no deben superar los 50 mts.
- i) Todos los equipos de telecomunicaciones son alimentados con VDC de -48 Volts. Todos los equipos poseen fuente de poder redundante.
- j) Todos los sitios cuentan con equipos de clima redundantes de modo que ante la falla de uno de ellos puedan mantener el sistema climatizado, mientras se repara el equipo en falla.
- k) Se ha considerado una reserva técnica del cable, equivalente al 5% del tendido.
- l) Se ha considerado un stock de repuestos equivalente al 5% de los equipos en operación más un contrato de soporte con restitución hardware dañado dentro de las próximas 48 horas hábiles (RMA), de acuerdo a las recomendaciones sugeridas por los proveedores como práctica más usada de la industria.

- m) Todos los tendidos de fibra óptica terrestre se han considerado por la faja vía de los caminos urbanos y rurales.
- n) No se ha considerado sobresuscripción para el servicio de Internet.
- o) Se ha considerado una tasa de concentración del tráfico en la hora cargada del 7%, conforme a los estudios proporcionados por Subtel.
- p) Se ha considerado que el 100% de los hogares, tendrá dentro de 10 años un servicio de internet con una velocidad promedio de 43 Mbps.

5.3.4.1. Alcances del diseño

El alcance del diseño, busca evaluar la construcción de una red nacional de alta disponibilidad, que permita vender servicios de infraestructura para soportar las necesidades de tráfico de telecomunicaciones del país en su totalidad, con proyección a 5, 10 y 20 años

Este proyecto cubre la totalidad de las capitales regionales, comunales y localidades de más de 5.000 habitantes proyectadas a diez años, así como centros astronómicos, mineros, municipalidades, Pymes y organismos del estado.

5.3.4.1.1. Elaboración de Matriz de capacidades de infraestructura por localidad (POIIT)

La matriz de capacidades de infraestructura por POIIT, se encuentra contenida en la hoja de Capex del Archivo Topología 28.xlsx que se adjunta. Ahí se ha definido para cada uno de los 423 sitios que forman parte de la red, las inversiones necesarias en equipamiento de transmisión, terrenos, obras civiles, clima y fuerza.

5.3.4.1.2. Elaboración de Matriz de Capacidades de Transporte

En el mismo archivo indicado en el punto anterior, se encuentra calculadas las capacidades de add drop de cada uno de los puntos de la red, como también el tráfico pass through a través del nodo. Prácticamente se ha considerado que todo este tráfico tiene como destino la ciudad de Santiago, ya que ahí se concentran los PIT Nacionales e Internacionales más los principales peering.

5.3.4.1.3. Capacidad de crecimiento a 5, 10 y 20 años

La fibra óptica, será capaz de soportar todas las nuevas tecnologías que se desarrollen durante los próximos 25 años, por lo que la utilidad de la mayor parte de la inversión está garantizada por todo este período.

En cuanto a la electrónica, no es recomendable considerar que ella tendrá una vida útil superior a 10 años. A lo más podría llegar a 15 años. Sin embargo, antes de la vida útil de este proyecto, la electrónica deberá ser reemplazada por obsolescencia.

La electrónica propuesta, garantizará el soporte del crecimiento del tráfico a lo menos por 10 años. No vale la pena ahora sobredimensionar esta capacidad, por una parte porque los equipos de mayor capacidad no son aún comercialmente maduros, y por otra parte una buena proporción de esta inversión estaría ociosa durante los primeros 10 años. Más vale un upgrade tecnológico en ese periodo con equipos que probablemente mantendrán su actual precio, pero por una capacidad mucho mayor.

5.3.4.1.4. Criterios de Selección de tecnologías, sistemas y Equipos FO y Radiolétricos

Sólo se han considerado 2 enlaces de microondas, correspondientes a dos casos en que resulta imposible lograr conectividad por otros medios a costos razonables.

Se recomiendan enlaces en bajas frecuencias, en las bandas de entre 7 y 10 GHz, con capacidades no menores a 350 Mbps.

5.3.4.2. Respaldos, posibilidad 1+N por tramos

Se adjunta el archivo Excel, llamado Topologia_28.xlsx, en que se grafica la conectividad en todos los nodos de la TNIT. Ahí es posible apreciar para cada uno de ellos los grados de conectividad y el nivel de respaldo que posee. También se pueden identificar los nodos troncales, subtroncales y de acceso directo que se han definido.

Por otra parte en el apartado de obras civiles y eléctricas, se indican las redundancias de los sistemas de clima y fuerza.

5.3.5. Diseño Troncales Terrestres

5.3.5.1. Tipologías con características técnicas detalladas de POIT, TRIOT

Como ya se indicó, las redes de telecomunicaciones, se conforma de una red troncal, que es la encargada de cubrir las largas distancias, y de redes metropolitanas que son aquellas diseñadas para distribuir la señal dentro de las ciudades o zonas más pequeñas que finalmente alimentan al usuario final. Las redes troncales suelen cubrir de cientos a miles de kilómetros, en una topología de tipo Mesh, con matrices de tráfico dinámico.

Actualmente las redes troncales, manejan en forma separada la capa óptica de la capa de datos IP/MPLS. En el mediano plazo, las actuales redes DWDM separadas de las redes IP/MPLS deberán ser reemplazadas por redes definidas por software (SDN) con una base de transporte habilitada para múltiples trayectorias (ROADM) y operando en forma sinérgica e integrada con la capa IP.

Para el caso de la red terrestre, se ha considerado una solución basada en tecnología ROADM, ya que esta es la tecnología de transmisión más moderna que existe en este momento y que seguirá evolucionando a futuro, marcando la tendencia tecnológica de las nuevas redes de transmisión.

Esta tecnología, permite para cada nodo de la red, una capacidad de hasta 9 grados. Un grado, corresponde a las vías de interconexión que dicho nodo puede tener. De esta forma, un nodo con 9 grados, dispone de 9 rutas diferentes para ser conectado, pudiendo fallar hasta 8 de ellos y seguir manteniendo la conectividad.

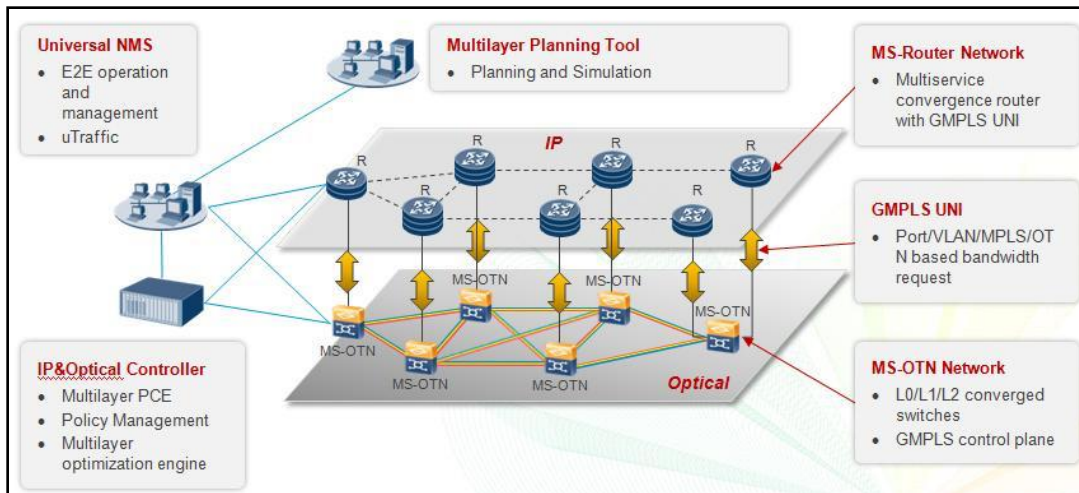
Esta capacidad se ve replicada en cada uno de los nodos de la red, modificando la arquitectura de las tradicionales redes DWDM que solo disponían de dos rutas (una principal y otra de respaldo), en una malla de interconexión en que ante múltiples cortes de fibra óptica obligan a esta red de manera dinámica y completamente transparente para el cliente, a crear nuevas rutas de conectividad. Ello permite aumentar la disponibilidad de la red de transmisión manera significativa.

En cada nodo de la red, es posible definir circuitos punto a punto con capacidades de lambdas desde 10 Gbps. Estos circuitos son completamente dedicados a esta conectividad. Si sobre esta capa de transmisión, se incorpora una red de tipo IP/MPLS, por el comportamiento estadístico del tráfico de datos, es posible obtener una red Full Mesh, haciendo un uso considerablemente más eficiente de su capacidad que a través de la figura de lambdas dedicados.

Por último, en la solución de la TNIT, está la posibilidad de ofrecer fibra oscura. Esta oferta es independiente de la electrónica a utilizar y simplemente se entrega en el ODF ("Optical Distribution Frame"), de los puntos en que se oferta el servicio y se acaba una vez vendidos los filamentos destinados para este propósito.

La capacidad de estos nuevos equipos, puede llegar desde 40 a 100 puertas de 400 Gbps en la troncal. Sin embargo, para este diseño se han contemplado equipos de hasta 88 lambdas de 100 Gbps, por tener una mayor madurez tecnológica y mayor alcance en distancia. En la ilustración siguiente se muestra la arquitectura de red IP-Óptica integrada como la descrita.

Ilustración 34: Arquitectura de red IP-Óptica para una Red Troncal Nacional.



La jerarquía de los nodos, considera los tres niveles señalados precedentemente. Así los más importantes son aquellos de la Red Troncal que conecta localidades y que en su mayoría cumple con concentrar la mayor población del país. En segundo lugar se encuentra la Red Subtroncal a través de la cual se encuentran conectadas 241 localidades (que incluyen 40 repetidores ópticos) y se logra también una alta disponibilidad y resiliencia ante cortes de fibra óptica, debido al uso de anillos de pocas localidades. En tercer nivel jerárquico, se encuentran los Puntos de Acceso Directo a la Troncal, que en total suman 106. Se trata de localidades más aisladas y de menor demanda, que por su ubicación geográfica, no es posible conectarlas en forma anillada. En estos casos se ha realizado una topología en configuración tipo estrella. Adicionalmente 14 nodos cumplen la función exclusiva de repetidores ópticos.

5.3.5.2. Matriz de capacidades de infraestructura por localidad (POIIT)

La matriz de capacidades de infraestructura por localidad (POIIT) está descrita en el punto 5.3.2 del informe.

5.3.5.3. Topologías con diagramas de esquemáticos

Las configuraciones de los TRIOT ("Trazados de Fibra Óptica para Telecomunicaciones"), han sido estudiados a partir de una consideración inicial, que contempla la necesidad de conectar con fibra óptica a los POITT/R, definidos previamente.

Como se señaló, las concesionarias de servicios de telecomunicaciones, poseen redes troncales de fibra óptica que cubren apropiadamente las zonas de alta concentración de población. Esto que puede parecer un criterio de eficiencia económica, pero en definitiva no se hace cargo del potencial desarrollo de las zonas más aisladas. Por lo tanto el rol que el Estado puede jugar en este contexto es importante.

Cuando el problema se analiza en mayor profundidad, paradójicamente no resulta tan inalcanzable acometer con un proyecto que dé conectividad en fibra óptica, de alta velocidad y confiabilidad a todos estos POIT/R, que permitirían acercar una troncal nacional a casi el 99% de la población.

Esto ocurre, porque en los últimos años ha habido un gran desarrollo vial en el país y en particular de rutas alternativas o interiores a la ruta 5. Esto permite que los trazados de fibra óptica al alero de los caminos existentes, permitan cubrir prácticamente todas las ciudades y localidades mencionadas, en una topología de anillo de fibra óptica de alta disponibilidad.

Como fue descrito, si bien existen trazados de fibra óptica nacionales de distintas concesionarias, en este informe se hará un análisis independiente de ello, para poder evaluar las extensiones y costos de construir una red de alta disponibilidad y disponibilidad para el país, como un proyecto de reposición.

Sin embargo, se ha tenido en consideración tratar de evitar en la medida de lo razonable, la repetición de los tendidos existentes, de manera de contar con un diseño, que aparte de cubrir las necesidades definidas por el gobierno, pueda ser complementario al de las actuales redes.

Una vez concluido este análisis, es posible evaluar las distintas posibilidades de aportes público y privados que podrían llevar a segmentar los alcances a implementar y por lo tanto racionalizar los aportes estatales sin transar la cobertura y calidad de esta red.

Los criterios que se han establecido para el diseño de los tendidos de fibra óptica, TRIOT, han sido los siguientes:

- I. Considerar un proyecto de reposición.
- II. Utilizar al máximo la infraestructura caminera disponible en el país.
- III. Configurar anillos que permitan asegurar la redundancia de los tramos.
- IV. Asegurar que la separación entre los distintos tramos de los anillos no tenga zonas cercanas, que puedan verse afectadas por dobles cortes de fibra óptica.
- V. Minimizar las longitudes entre POIT, en cuanto sea posible, para no alcanzar distancias superiores a los 150 Kms de modo de no comprometer a futuro los presupuestos de potencia óptica.
- VI. Utilizar tendidos de fibra óptica submarina nacional para asegurar una redundancia estable para las telecomunicaciones del país.

Se ha considerado el proyecto de Fibra Óptica Austral (FOA), como un proyecto que se llevará a cabo en forma complementaria a la TNIT, proporcionando entre ambos la redundancia que el extremo sur del país necesita. También es posible, si el proyecto FOA se retrasa, que una vez construida la TNIT, cuyo alcance va de Visviri a Puerto Williams, pueda gestionarse respaldo por Argentina a través de las redes de Claro y Movistar, fluyendo el tráfico por ese país solo frente a una contingencia en la TNIT, por el tiempo que tarde en ser reparada y hasta que el proyecto FOA entre en operación.

Se ha privilegiado el tendido de fibra óptica por sobre las redes de microondas. En primer lugar, ya que en general la primera requiere de alimentación eléctrica sólo en sus extremos y su capacidad proyectada a futuro es prácticamente ilimitada. Por su parte los tendidos de microondas son más limitados en capacidad y distancia cubierta, requiriendo más repetidores con alimentación eléctrica, expuestos a interferencias y el hecho de encontrarse en zonas de difícil acceso los hace bastante onerosos en obras civiles y suministro eléctrico, por lo que su ventaja en costos de inversión no siempre es tal.

La Topología completa de la Troncal Terrestre FO/Radioeléctrica se encuentra disponible en archivo adjunto a este informe: Topología_28 TNIT.xlsx

5.3.5.4. Mapas con metadatos

El mapa con metadatos contiene:

- a. Nombre Nodo.
- b. Comuna en que se emplaza.
- c. Coordenadas de ubicación.
- d. Capacidad y demanda de tráfico que el nodo debe soportar.
- e. Nombre y distancia nodos a los que está directamente enlazado.

5.3.5.5. O&M

Una de las áreas prioritarias para la operación de una TNIT, es contar con un NOC o Centro de Operación de Redes.

Esta área se transforma en el centro de toda la operación y constituye el área de mayor criticidad para asegurar la correcta implementación de los planes de mantenimiento preventivo, así como la aplicación de los protocolos ante la ocurrencia de fallas.

El NOC se ha previsto implementar en la ciudad de Santiago y debe contar con todas las facilidades de los sistemas de supervisión de la TNIT, que le permitan identificar de manera inmediata, cualquier falla en la red, para, de acuerdo a los procedimientos establecidos, determinar el curso de acción a seguir.

La razón de ubicarlo en Santiago, está relacionado a la cantidad de población de esta ciudad, al hecho que los principales usuarios de la red se encuentran en este lugar, el apoyo de los principales proveedores de tecnología se encuentra ahí y a la vez es el lugar

donde se encuentran las principales salidas internacionales a Internet y los peering con Google, Youtube y Akamai. También es el lugar en el que se cuenta con mayor cantidad de profesionales capacitados para esta operación.

Todos los equipos de la TNIT, ya sea que posean electrónica o no, deben estar monitoreados y sus variables vitales remotizadas al NOC. Para tal efecto, los sistemas de supervisión de los equipos de red suelen entregar una gran cantidad de información de su estado y permiten, en la mayoría de los casos, efectuar labores de mantenimiento remota. También declaran fallas de hardware o cortes de fibra y la localización exacta de estas.

También se manejan sensores de variables ambientales, que miden entre otras: Detección de intrusión (apertura de puerta y movimiento), presencia o ausencia del suministro de red eléctrica, grupo electrógeno funcionando, temperatura, humedad, detección de incendio, nivel de combustible en los estanques de petróleo, nivel de carga de las baterías, cámaras de visión remota, etc.

Dependiendo del tipo de falla y de la criticidad que esta presenta para la operación, es que se hace uso de personal de campo distribuido a nivel nacional, para concurrir como manos remotas especializadas a efectuar labores de mantenimiento asistido o autónomo.

El personal de mayor capacidad técnica suele estar en el NOC y en caso de fallas complejas, puede viajar a campo a soportar una falla que así lo amerite.

El personal de campo en general es de un nivel técnico menor, por lo que requiere de información de procesos muy precisa y del conocimiento de la red en su zona de responsabilidad, bastante acabado. En este sentido, las herramientas de georreferenciación han sido de gran utilidad en los últimos años.

Es muy importante contar con contratos de soporte 7x24 por parte de los proveedores de tecnología, de modo de poder tener el acceso a las actualizaciones de la red y al soporte remoto de los expertos en caso de una falla mayor.

El NOC debe tener un régimen de operación de 7x24. Por ello la determinación de su personal, dependerá de las leyes laborales a cumplir para poder cubrir la estructura de turnos requerida, como asimismo los distintos grados de especialización tecnológica que se requieren. Así en una TNIT, por ejemplo, se requerirá personal con experiencia en redes de transporte.

Dentro de los procedimientos del NOC, está establecido también como uno de los más importantes, la implementación de trabajos programados. Una parte no despreciable de las fallas que ocurren, tienen que ver con intervenciones en la red. Por ello se necesita una planificación adecuada, y establecer niveles jerárquicos en la autorización de estos trabajos, basado en el riesgo y la posible cantidad de clientes o zonas que se pueden ver afectadas.

También dentro de los procedimientos, es necesario establecer una Plan de Continuidad Operacional. Esto requiere normar todas las acciones a seguir en caso de una catástrofe, para asegurar la continuidad o recuperación del servicio. Se norma desde

la estructura de turnos y datos de ubicación de todo el personal clave, hasta los planes de comunicación pública para la gestión de crisis. Debe existir un líder a cargo de la situación y evitar cualquier improvisación. Estos planes suelen estar completamente documentados y se hacen simulacros de los mismos a lo menos dos veces al año. En la actualidad esta condición es requisito formal para poder ser proveedor de servicio a variadas compañías y entidades gubernamentales. Se recomienda también la disponibilidad de teléfonos satelitales para la comunicación de las personas más importantes involucradas en las coordinaciones y recuperación de los servicios ante casos de catástrofe.

En cuanto a la operación de campo, esta debe distribuirse de acuerdo a una repartición geográfica y carga de trabajo. Una TNIT de 423 nodos y 24.479 kilómetros de fibra óptica, es una red de un tamaño importante. Normalmente sobre la base de la siniestralidad de la red, se suele definir presencia en las ciudades más importantes, calculando los tiempos de desplazamiento a los nodos críticos (incluidas holguras por imprevistos o situaciones de causa mayor) a fin de que estos puedan ser atendidos dentro de plazos inferiores a las autonomías de los sistemas críticos, para evitar su caída. Eventualmente, en casos muy extremos, puede ser necesario disponer de contratos de arriendo para helicópteros, de modo de poder flanquear obstáculos y acceder al sitio siniestrado.

Las actividades como la reparación de cortes de fibra óptica, sistemas electromecánicos y de obras civiles, suelen manejarse a través de contratos con empresas terceras, especializadas en la materia. No se usa personal propio, ya que muchas veces el volumen de trabajo es bajo. Incluso para los contratistas no alcanza económicamente para más de uno por ciudad, el que compone su demanda de trabajo entre varias compañías a las que atiende. Es importante asegurar una buena relación con estos contratistas y a la vez establecer contratos que aseguren la integridad física de su personal, por tratarse de trabajos de alto riesgo en determinados casos, como también el establecimiento de SLA o niveles de servicios.

El uso de grupos generadores transportables, es de gran ayuda ante crisis, ya que el 50% de las fallas en una red de telecomunicaciones están relacionadas a factores eléctricos. Todos sitios de la TNIT, contemplan una toma eléctrica inerte para la conexión de un frupo electrógeno externo.

La estructura de Operación y Mantenimiento de la red, esta basada sobre una TNIT, que cuenta con los respaldos de los trazados de fibra óptica, electrónica redundante de transmisión y también de Clima y Fuerza. En estas condiciones, las fallas que se producen no logran generar indisponibilidad, a menos que se trate de un múltiple corte de fibra óptica en una zona específica, o bien debido a fallas de software, que eventualmente por algún bug o defecto de diseño, pueden producir comportamientos inesperados. Esta, aparte de los cortes de fibra óptica y fallas eléctricas, son de las más recurrentes.

La estructura básica de Operación y Mantenimiento que debe tener la TNIT es la Siguiente:

NOC: El Centro de Operación de redes, es el tablero de mando de la red. Se recomienda tener un NOC Principal y uno de Respaldo.

Su función es la de observar en un régimen 7x24, todas las variables de la red. Resolver aquellas fallas dentro de su ámbito de competencia o bien escalar a las áreas de especialidad de Operación, Mantenimiento o Campo, aquellos problemas que escapen a su grado e conocimiento o competencia.

Es el área encargada de definir y hacer cumplir los procedimientos y operaciones, como por ejemplo la recepción al área de ingeniería de toda la nueva infraestructura que entra en funcionamiento, efectuar las pruebas de aceptación de la misma, definir los procesos operacionales, autorizar los trabajos programados, llevar las estadísticas de gestión de la red, de fallas, etc. Mantiene la comunicación permanente con la autoridad y el resto de los operadores nacionales e internacionales.

El NOC Principal, suele estar ubicado en la ciudad de Santiago, debido a la mayor facilidad para encontrar personal especializado no solo de esta unidad, sino de las áreas de especialidad y de los proveedores que lo soportan. El NOC de respaldo, suele ser más simple y está diseñado para asegurar que se puedan tomar las funciones más críticas de la operación y mantenimiento de la red, ya sea ante una falla catastrófica del NOC principal o ante situaciones de fuerza mayor como puede ser una huelga. Ambos NOC se encuentran en lugares físicamente apartados, pudiendo ser en una misma ciudad o distintas. Sólo el NOC principal suele tener personal permanente, y el de contingencia no. Solo se habita en caso de ser necesario. La dotación total del NOC, se estima en 59 personas.

	Cargo	Permanente	Función	Estructural	de Turno	Personal
MBS	2		Monitoreo de Variables Ambientales y Climáticas	7x24		10
Transmisión	3		Monitoreo de Red de Transporte	7x24		15
Fibra Óptica	1		Monitoreo de Eventos y Estado de la Red y Seguimiento de Operaciones	7x24		5
Procesos y Documentación	2		Definición y Supervisión de Procesos y Documentación de la Red.	5x8		2
Redes de Datos	2		Monitoreo de Redes de Datos Internas de Servicios	7x24		10
Seguimiento de Trabajos Programados	1		Seguimiento de Protocolos de Trabajos Programados	7x24		5
Recepción de Nueva Infraestructura	2		Ejecución de Pruebas de Aceptación de Nueva Infraestructura	5x8		2
Información de Gestión	2		Reportaría, Análisis de Desempeño de la Red y Control de Gestión	5x8		2
Desarrollo de Aplicaciones de IT	2		Incorporación de Herramientas de Automatización	5x8		2
Comunicaciones	1		Encargado de Comunicaciones Internas y Externas del NOC y Escalamientos	7x24		5
Jefatura	1		Responsable del Área.	5x8		1
				TOTAL PERSONAL		59

Tabla 16 Estructura del NOC.

A continuación, se presentan las recomendaciones preliminares respecto de la distribución del personal de campo o de terreno de la TNIT

Campo: El personal de campo, corresponde a personal propio de la compañía, el cual es responsable de asegurar la conservación del estado óptimo de la red en toda aquella área geográfica asignada a su responsabilidad.

También tiene la responsabilidad de dar el soporte técnico ante una falla, coordinar con los contratistas la ejecución de las tareas que por razones de eficiencia está externalizadas, manejar el stock de repuestos locales, supervisar los trabajos

programados en la zona, recibir la nueva infraestructura de la red, revisar el estado de los equipos, bienes inmuebles, los trazados de fibra óptica y microondas en forma permanente para detectar eventuales riesgos y ejecutar o solicitar mantenimiento preventivo. También actúa como vocero técnico de la compañía en su zona.

La dotación está calculada para que cualquier punto de la red pueda ser accedido en un lapso máximo de 2 horas en vehículo.

La dotación del personal de campo, está considerado en 79 personas además de las 41 encargadas de la operación y mantenimiento de la red Submarina. Se considera que cada especialista debe contar con una camioneta doble cabina 4x4, de modo de poder atender las necesidades que requieran traslados a terreno. Del mismo modo, se debe disponer instrumental como termómetros laser, OTDR, lápiz óptico, set de herramientas para mantención de fibra óptica y electromecánica, implementos de seguridad, y el stock de repuestos definidos para cada zona. También es importante que cada región cuente con grupo generador transportable con carro de arrastre para poder disponer de él ante la eventualidad que un equipo estacionario no parta ante un corte del suministro de energía eléctrica.

Otras áreas importantes desde el punto de vista de la operación, corresponden al Datacenter, cuyas funciones se verán en el capítulo destinado a las CDN, personal de backoffice, delivery de servicios, ingeniería, en adición al personal administrativo, de finanzas, ventas, legal y productos.

En la tabla N° 17 y en la figura N° 35 se describe en detalle la organización completa propuesta para la gestión integral de toda la TNIT:

Cargo	Cantidad	Costo Empresa (US\$/año)	Costo Total (US\$/Año)
Director General	1	276.923	276.923
Asistente de Dirección	1	22.154	22.154
Director de Tecnología	1	184.615	184.615
Jefe de Departamento de NOC	1	92.308	92.308
Jefe de Departamento de Operaciones de Campo	1	92.308	92.308
Jefe de Departamento de Mantenimiento Back Office	1	92.308	92.308
Jefe de Departamento de Ingeniería	1	92.308	92.308
Jefe de Departamento de Delivery	1	55.385	55.385
Jefe de Departamento de Datacenter	1	92.308	92.308
Personal de Datacenter de Infraestructura y TI	2	55.385	110.769
Personal de Datacenter	57	35.911	2.046.923
Personal de NOC	59	33.231	1.960.615
Personal de Campo Submarino y Terrestre	119	33.231	3.954.462
Personal de Backoffice	4	55.385	221.538
Personal de Ingeniería	4	55.385	221.538
Personal de Delivery	5	33.231	166.154
Control de Gestión Técnico	1	46.154	46.154
Director de Ventas y Mercadotecnia	1	92.308	92.308
Jefe de Departamento de Ventas	1	55.385	55.385
Personal de Ventas	15	46.154	692.308
Personal de Marketing	2	33.231	66.462
Personal de Productos	2	33.231	66.462
Director de Atención al Cliente	1	55.385	55.385
Personal de Portal de Autoatención	2	33.231	66.462
Personal de Relacionamento con Operadores	2	33.231	66.462
Evaluación de Satisfacción	1	33.231	33.231
Control de Calidad	1	33.231	33.231
Director de Adm. y Finanzas	1	92.308	92.308
Jefe de Contabilidad	1	55.385	55.385
Personal de Contabilidad	2	27.692	55.385
Personal de Tesorería	2	27.692	55.385
Jefe de Adquisiciones	1	55.385	55.385
Personal de Adquisiciones	6	33.231	199.385
Jefe de Facturación y Cobranza	1	33.231	33.231
Personal de Facturación y Cobranza	5	33.231	166.154
Administración	3	27.692	83.077
Jefe de Departamento de IT	1	92.308	92.308
Personal de IT	9	55.385	498.462
Director de Recursos Humanos	1	92.308	92.308
Personal de Recursos Humanos	5	33.231	166.154
Director Legal	1	92.308	92.308
Personal Legal	3	55.385	166.154
Contralor	1	92.308	92.308
Personal de Contraloría	1	33.231	33.231
Total	332		12.985.385

Tabla 17 Dotación Completa de la TNIT

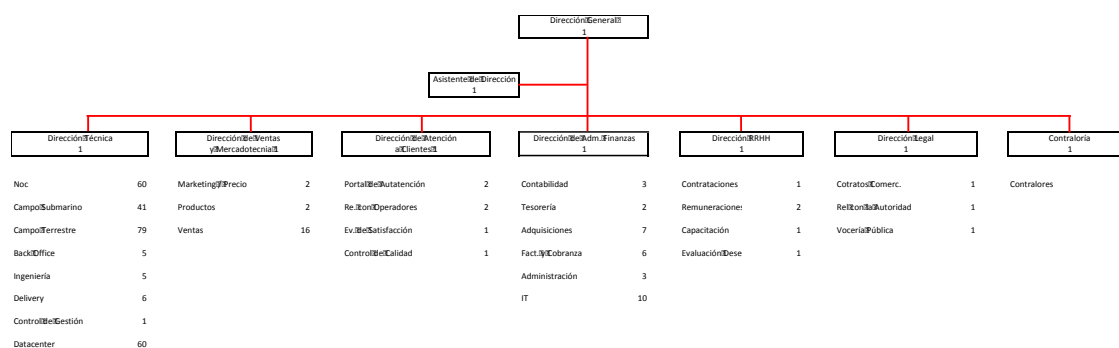


Ilustración 35 Organigrama Completo de la TNIT

Contratos de Mantenimiento:

Contrato de Mantenimiento de Cable de Fibra Óptica Terrestre: Estos contratos deben establecerse en cada una de las zonas de operación de campo. Se recomienda externalizar esta función, ya que es más eficiente hacerlo de este modo respecto a contar con personal propio. Ello se deriva que la cantidad de eventos no es tan alta como para justificar a un solo contratista. Al revés estos suelen trabajar con varias compañías para hacerse de una base de demanda más atractiva. Se deben establecer acuerdos de SLA.

Los tiempos típicos de reparación de los cortes de fibra óptica desde registrada la apertura del ticket hasta su cierre, son de 8 horas.

Contrato de Mantenimiento de Cable de Fibra Óptica Submarina: En este caso se está analizando el contrato APMA, en el cual se paga una cuota de ingreso junto a otros dueños de cable Submarino y luego se cobra una tarifa definida por evento. Se estima que los tiempos de reparación pueden ir de 720 a 1.500 horas.

Finalmente están los contratos de mantenimiento con los proveedores de la tecnología. Si bien es cierto, las redes se diseñan con redundancia en todos sus componentes, para que cuando ocurran, el servicio siga funcionando y se pueda reparar la avería sin afectación de servicio, muchas veces los equipos presentan comportamientos fuera de lo esperado. Esto ocurre normalmente por defectos en el diseño del software, que se le suele denominar Bug.

En tales casos es imprescindible contar con el soporte directo del fabricante.

Lo mismo ocurre cuando hay fallas de hardware. Las compañías mantienen un stock de repuestos distribuidos en el país, equivalentes aproximadamente al 5% del tamaño de la red. Cuando un componente falla, es reemplazado por el repuesto para superar la crisis y en ese momento se aplica el procedimiento con el fabricante, que se denomina RMA. Este proceso asegura que enviado el repuesto a fábrica, en 48 horas hábiles se dispondrá de una componente totalmente operativa.

Fallas de este tipo, no pueden afectar a la red, y deben quedar regularizadas normalmente dentro de 24 horas, ya que aún cuando puedan resolverse de manera inmediata, a veces se pondera el riesgo de intervenir durante horas de alto tráfico versus la probabilidad de ocurrencia de una nueva falla por ese lapso de espera. Si la situación lo amerita, se actúa de inmediato, bajo decisión del NOC en base a los criterios de riesgo v/s impacto.

Stock de repuestos para la TNIT

Como práctica de industria y sugerencia de los fabricantes, se utiliza un stock de repuesto del 5% de la red instalada, distribuido geográficamente de modo de minimizar el tiempo de traslado a sitio.

Esto bajo la premisa que la red cuenta con un 100% de sus elementos respaldados, a excepción de las tarjetas tributarias de los equipos y los grupos electrógenos en nodos que no sean los de más alta jerarquía en la red (para los cuales se utiliza un grupo electrógeno transportable de emergencia, disponible en cada zona de operación, traccionado por una camioneta).

Adicionalmente se contemplan los acuerdos de mantenimiento con el proveedor, con el servicio de RMA ("Return Merchandise Authorization"), en el cual se establece un nivel de servicio a SLA, de 48 horas hábiles para tener en el país el mismo equipamiento fallado, contado desde el momento de ser éste enviado al proveedor. Para que los fabricantes puedan cumplir con estos niveles de servicio, normalmente cuentan con stock de repuesto en el país.

5.3.5.6. CAPEX/OPEX

Las inversiones para la TNIT (sin los CDN) alcanzan un total de US\$ 932 millones, distribuidos de acuerdo al resumen que se presenta en la tabla N° 18.

Item	Cantidad	Unidad	Unitario US\$	Valor Total US\$
Terrenos	423	Sitios	16.029	6.780.449
Obras Civiles, Climatiz. y Fuerza	423	Sitios	119.091	50.375.460
Equipos de Red Troncal	62	Nodos	885.110	54.876.800
Equipos de Red Subtroncal	241	Nodos	59.783	14.407.800
Equipos de Acceso Directo	106	Nodos	32.452	3.439.950
Amplificadores Ópticos ILA	54	Nodos	15.000	810.000
Instalación Equipos de Red y Puesta en Marcha	463	Nodos	23.758	11.000.000
Fibra Óptica Terrestre Soterrada	12.513	Kms	28.350	360.356.850
Fibra Óptica Terrestre Aérea	7.407	Kms	22.050	161.891.100
Modernización de la Red	463	Nodos	182.580	84.534.550
Fibra Óptica Submarina Arica - Carelmapu	3.461	Kms	31.286	108.280.846
Fibra Óptica Submarina Puerto Montt - Puerto Williams	966	Kms	34.463	33.291.224
Sitios de Microondas	4	Sitios	300.000	1.200.000
Repuestos	463	Nodos	5% Equipos y Cable	18.967.478
Instrumental	15	Regiones	250.000	3.750.000
Imprevistos	na	na	2% Proyecto	18.279.250
			TOTAL	932.241.757

Tabla 18 Detalle de Inversiones de la TNIT

El detalle de las inversiones se puede observar para cada uno de los 423 nodos de la red y para los trazados terrestres y submarinos, en el archivo adjunto llamado Topología_28.xlsx

Las vidas útiles consideradas para los ítems de acuerdo a la agrupación anterior, son los siguientes:

Item	Años
Terrenos	Perpetuo
Obras Civiles, Climatiz. y Fuerza	20
Equipos de Red Troncal	10
Equipos de Red Subtroncal	10
Equipos de Acceso Directo	10
Amplificadores Ópticos ILA	10
Instalación Equipos de Red y Puesta en Marcha	10
Fibra Óptica Terrestre Soterrada	20
Fibra Óptica Terrestre Aérea	20
Modernización de la Red	10
Fibra Óptica Submarina Arica - Carelmapu	25
Fibra Óptica Submarina Puerto Montt - Puerto Williams	25
Sitios de Microondas	15
Repuestos	10

Tabla 19 Detalle Vidas Útiles

En cuanto al Opex de TNIT, sin los CDN, este alcanza los US\$ 29,2 millones anuales, de acuerdo a los principales Items que se muestran en la tabla N° 20

Item	Concepto	US\$/Año
1	Costo Recursos Humanos	10.827.692
2	Costo Mantenimiento Obras Civiles y Fuerza	2.857.795
3	Costo Mantenimiento Fibra Óptica Troncal	5.265.639
4	Costo Mantenimiento Electrónica de Transmisión	4.226.728
5	Costo de Energía Eléctrica	2.716.111
6	Arriendo Oficinas, Camionetas y Combustible	687.018
8	Otros	2.658.098
	TOTAL	29.239.082

Tabla 20 Detalle Opex TNIT

El detalle de cada una de las partidas del Opex para la TNIT, se puede ver en el Archivo Topología_28.xlsx.

5.4. CDN

5.4.1. Características Técnicas

Los centros de datos asociados a la troncal nacional de comunicaciones se constituyen como un área crítica, con una operación continua las 24 horas del día, los 365 días del año. El criterio general para su diseño, considera la habilitación de una infraestructura física y funcional del más alto estándar técnico y confort para las personas, de manera tal que permita una operación óptima de los sistemas que albergue.

La infraestructura y los sistemas de apoyo a la operación contempla la construcción de 3 centros de datos de 500 M2 de salas de blanca, (Sala de tecnologías de la informática y las comunicaciones), lo que, sumado a todas las áreas técnicas necesarias para dar la continuidad operativa necesaria, y espacios de oficinas para personal operativo y clientes, además de áreas para el personal administrativo y de mantención, constituye una superficie construida total de cerca de 2.000 Mts2, por data center.

5.4.1.1. TIER

El recinto contempla su diseño en conformidad con lo requerido por la normativa TIER IV del Uptime Institute, lo que implica que todos sistemas que mantienen la continuidad operativa del Datacenter deben ser concurrentemente mantenibles y tolerantes a falla, esto es:

- I. Posee un sistema de capacidad redundante y aislada físicamente (compartimentalización)
- II. Componentes de capacidad redundantes
- III. Rutas de distribución activas independientes y redundantes
- IV. Continuous Cooling para sistemas de TI y UPS críticos
- V. Respuesta autónoma
- VI. Consideraciones sobre operaciones y mantenimiento

Todos y cada uno de los componentes de capacidad y de los elementos de la ruta de distribución puede sufrir un fallo, un error o un evento previsto o imprevisto sin que esto afecte al entorno crítico o los procesos de TI.

5.4.1.2. Capacidades

La capacidad del Datacenter será de 500 m2 en el espacio de Sala Blanca, lo que permitirá la instalación de 150 racks convencionales de 600 x 800 x 42U.

Se ha elegido esta cantidad en consideración a dos elementos: Lo primero, la información entregada por la SUBTEL referente a que el Estado cuenta con +/- 25.000 servidores

repartidos en sus diferentes unidades. Y en segundo lugar, la centralización de la capacidad de procesamiento del Estado debe ir acompañada de un avance tecnológico, lo cual implica consolidar y virtualizar tanto la capacidad de procesamiento como de almacenamiento de datos. En general, este avance, unido a la disminución en tamaño de los nuevos equipos de TI permitirá la reducción de equipamiento en un rango de 1/20 hasta 1/50. Con esto, el espacio que ocuparían los 25.000 servidores podría llegar a +/- 100 racks.

Este proceso de consolidación y virtualización debe ser hecho dentro del Datacenter mismo, para permitir la migración a las nuevas tecnologías. Dado esto, se requerirá un espacio mayor para permitir el proceso de migración, la que deberá ser planificada para cada servicio u organismo del Estado. Este proceso se definirá más detalladamente en el punto 5.4.3.6.

En relación a la capacidad del Datacenter mismo, se define lo siguiente:

Dentro de la infraestructura y sistemas de apoyo contemplados se encuentran los siguientes:

- I. Sistema de iluminación
- II. Paisajismo
- III. Sistema de tratamientos de basura
- IV. Sistemas eléctricos
- V. Sistemas de comunicaciones
- VI. Sistemas de clima
- VII. Sistemas de seguridad
- VIII. Sistemas de control centralizado
- IX. Sistemas de control acústico
- X. Sistema detección y extinción de incendio

Las áreas que componen el centro de datos, en términos funcionales son dos. Las áreas de Oficinas y Control de Acceso y de Operaciones y Servicios. En términos de espacios las áreas se reparten en:

- I. Oficinas
- II. Control Acceso
- III. Sala Blanca
- IV. Distribución Eléctrica
- V. Servicios

5.4.1.3. Obras Civiles: Oficinas y Salas

El área de Operaciones y Servicios se emplaza hacia el interior más protegido, en cambio el área de Oficinas y Control de Acceso se ubica hacia el exterior del sitio a definir.

En el área de control de acceso y oficinas, a fin de aumentar su seguridad y facilitar el control de ingreso del personal interno, externo y visitas, se debe establecer una relación directa de la zona de oficinas y los programas más públicos con el camino de acceso, alejando la zona de operaciones hacia el interior del terreno.

En el área de operación y servicios, los criterios de distribución de los edificios de operaciones dentro del terreno se debe considerar una equilibrada ocupación de la constructibilidad del terreno, las distancias de seguridad hacia los vecinos; los trazados de empalmes y coordinación entre las distintas redes de servicios; y conectividad, espacios de mantención y espacios de seguridad para los equipos.

A partir de estos criterios se debe diseñar un sistema de zonas que abarque todo el terreno, y que a partir de obras civiles exteriores ordene la disposición del edificio dentro del paño. Dentro de las zonas están la Franja de Protección Perimetral y de Circulación Perimetral de Servicios.

El centro de datos se ordenará a partir de un anillo perimetral regular, trazado a una distancia mínima de 12 metros desde los medianeros que limitarán el edificio. Este anillo conforma la Franja de Protección hacia los deslindes existentes, y debe ser delimitada por un Cierre Perimetral. Esta Franja de Protección contiene además el avance de acometidas de agua, sistemas de extinción de incendios, alimentación de CCTV, alimentación de alumbrado exterior, y demás servicios que requiere el centro de datos.

Al interior de la Franja de Protección se contempla una circulación perimetral de servicio, destinada al tráfico de camiones y vehículos de mantención. El diseño de esta Circulación contemplará el ancho libre y radio de giro necesario para el tráfico de camiones del largo estimado para la instalación y mantención de equipos de gran envergadura.

Los principales recintos, esto es, oficinas, sala blanca, distribución eléctrica, servicios y control de acceso, contienen preliminarmente las siguientes definiciones y especificaciones:

Oficinas:

Se define un área de oficinas de aproximadamente 350 m², ubicado en el frente y centro del edificio. Con el objetivo de priorizar la flexibilidad de los espacios de trabajo y permitir distintas configuraciones interiores a lo largo del tiempo, el edificio se resuelve en una planta libre, con marcos rígidos. La altura de piso a cielo normalmente es de 3,5

metros, permiten el ingreso de luz solar a toda la planta, con el consiguiente ahorro en iluminación y mejor calidad de los espacios.

Teniendo la flexibilidad como prioridad, se ubica los núcleos de servicio en un costado del edificio, lo que permite proyectar cualquier layout sin elementos especiales que entorpezcan la continuidad espacial.

En el nivel de cubierta se ubican las unidades exteriores de Aire Acondicionado, que a través de cañerías de refrigeración bajan por los Shafts ubicados en los núcleos de servicio. La continuidad de la planta debe permitir una distribución eficiente de las unidades de climatización interior.

Según los requerimientos estimados, se considera una carga de ocupación de 20 personas en 14 puestos de trabajo, las que se debieran distribuir según el siguiente esquema organizacional.

Jefe	1
Administrativo/Secretaria	1
Operadores/Explotación	4
Telecom/Noc	2
Ing Electromecánico	2
Guardia	2
Servicios Generales	2

Ilustración 36: Esquema organizacional

Se considera además espacio para personal del área de Control de Acceso, con una estimación de 2 puestos de trabajo.

De acuerdo a lo precedente, los recintos por área debieran ser.

Sala Seguridad: Sala de Seguridad para el Control Peatonal al Área de Oficinas, contempla 1 puestos de trabajo para personal de seguridad y área de espera

Recepción: A continuación del área de Control de Acceso se ubica el espacio de recepción del edificio de oficinas. Este espacio debe incluir el mueble de recepción para 2 posiciones, y sillones de espera para los visitantes. Para mejorar la condición espacial de esta área.

Sala de reuniones / Showroom. Se consulta una Sala de reuniones / Showroom para la exposición de material audiovisual. Se incluyen espacios para los expositores y oyentes, con capacidad para 10 personas.

Baños: Se consideran dos núcleos de baños, ubicados al costado oriente en el extremo de la planta libre. Se contemplan baños separados para hombres y mujeres. La cantidad de artefactos ha sido calculada de acuerdo a la carga de ocupación máxima de la Planta de Oficinas.

Kitchenette y Área Descanso: Se considera una Kitchenette. En este recinto se habilitarán vanitorios con lavaplatos, muebles superiores para menaje e insumos, espacio para máquinas de vending, y un área de descanso.

Es importante señalar que se considera el área de oficinas como una unidad funcional completamente independiente y autónoma respecto al área operativa, por lo que no debe cumplir con los requerimientos de resistencia al fuego exigidos por el estándar TIER IV. Solo deberá cumplir con lo exigido por la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción.

Normalmente se considera que toda la estructura de hormigón armado, tanto muros y demás elementos tendrán terminación en obra gruesa a la vista.

Normalmente se contemplan tabiques vidriados exteriores tipo “muro cortina” con cristales termopanel para mejorar la eficiencia energética del Edificio. En la fachada normalmente se considera además un sistema de protección solar.

Los elementos divisorios interiores opacos normalmente están considerados en estructura liviana con terminación pintura para las zonas de oficina, y Revestimientos adecuados para zonas húmedas en los espacios de servicio. También habitualmente se considera guardapolvo para todos los recintos.

En el caso de los tabiques divisorios interiores transparentes, normalmente se contempla tabiquería de cristal y aluminio.

Se debe considerar cielos falsos registrables, salvo en áreas de servicios donde se diseñan cielos de volcanita no registrables. Las salas técnicas consideran losa de hormigón a la vista con sello matapolvo.

La iluminación y los artefactos sanitarios debe ser de bajo consumo.

A fin de asegurar una excelente durabilidad y facilitar la mantención de los pisos, se define baldosa microvibrada u otro pavimento rígido para la terminación de pavimentos interiores y exteriores.

Se considera sistema de aislación térmica en la cubierta del área de oficinas, y se sistemas de impermeabilización de doble capa sobre la losa.

Operaciones:

El área de operaciones normalmente se estructura a partir de muros, pilares y losas de hormigón armado, en una configuración de bunker que prioriza la seguridad interior. Se

calcula que debiera tener una altura total de aproximadamente 7 mts, considerando una altura de piso de cerca de 6,5 metros entre losa y losa.

Se deben distribuir los niveles del edificio a partir de los requerimientos en base a la estimación de demanda, de acuerdo a lo siguiente.

Un patio de alojamiento y acometida: Aloja subestación eléctrica con switchgear de empalme y transformadores, chillers y generadores. Sala de infraestructura y soporte.

Salas de distribución general A y B: Estas salas estarán ubicadas en la parte posterior del frente del edificio, siguiendo la secuencia de alimentación eléctrica desde el área de generación. En ellas se ubicarán los tableros de distribución general del edificio lado A y B. Se deben cumplir todas las distancias de seguridad y mantención requeridas por los equipos.

Salas de distribución y UPS's mecánicas A y B: Se deben contemplar dos salas de tableros y UPS's mecánicas ubicada a continuación de las salas de distribución general. En este recinto se ubican los tableros generales mecánicos, de fuerza, alumbrado, clima y seguridad y UPS's que aseguren la operación de bombas y ventiladores para el continuous cooling.

Sala de distribución y UPS's TI A y B: A continuación de las salas de distribución y UPS's mecánicas se ubicarán las salas de distribución y UPS's TI A y B. En este recinto se deben instalar las UPS requeridas para el respaldo de la Sala Blanca así como los PDU y STS que se alimentarán eléctricamente la sala blanca.

Pasillo de Servicio: Conformando una circulación longitudinal que conecta todos los cuerpos del edificio, y permite el acceso a todas las salas del área de operaciones, se contemplan pasillos de servicio. Estos pasillos deben tener un ancho mínimo que permita el montaje y reemplazo de los equipos de mayores dimensiones.

A través de estos Pasillo se accede a las salidas de emergencia, ubicadas a una distancia no mayor a 40 metros desde el punto más alejado.

Patios Clima: En el exterior del edificio se contemplan patios de chillers, con su respectivo sistema de piping y válvulas. Los chillers se ubicarán sobre bases aisladas de hormigón. Este patio debe estar limitado hacia la circulación perimetral por cierros que contemplarán en su diseño el requerimiento de aislación acústica definido por la normativa.

En todas las salas antes descritas se deberán cumplir todas las distancias de seguridad y mantención requeridas por los equipos y tableros, así como prever espacios para el montaje y reemplazo de equipos.

Todos los equipos se montan sobre una base de protección, o debe existir una demarcación de seguridad en el piso.

5.4.1.4. Energía y Sistemas de Apoyo

Sistema eléctrico

La fuente de energía suministrada a cada Sala Blanca considera la energía proveniente de la red pública respaldada con grupos generadores electrógenos. El área de oficina del centro de datos debe ser alimentado también de ambas fuentes.

Cada Sala Blanca debe poseer energía acondicionada por medio de UPS para todo el equipamiento TI situados sobre el piso técnico elevado (Sala Servidores, Salas de Comunicaciones y Salas NOC y sistema de continuous cooling) y energía normal con respaldo de grupos generadores. Grupos electrógenos para el equipamiento mecánico (climatización), iluminación y misceláneo situados en los espacios de apoyo de las Sala Blancas. La distribución de servicio se dispone como un nivel TIER IV.

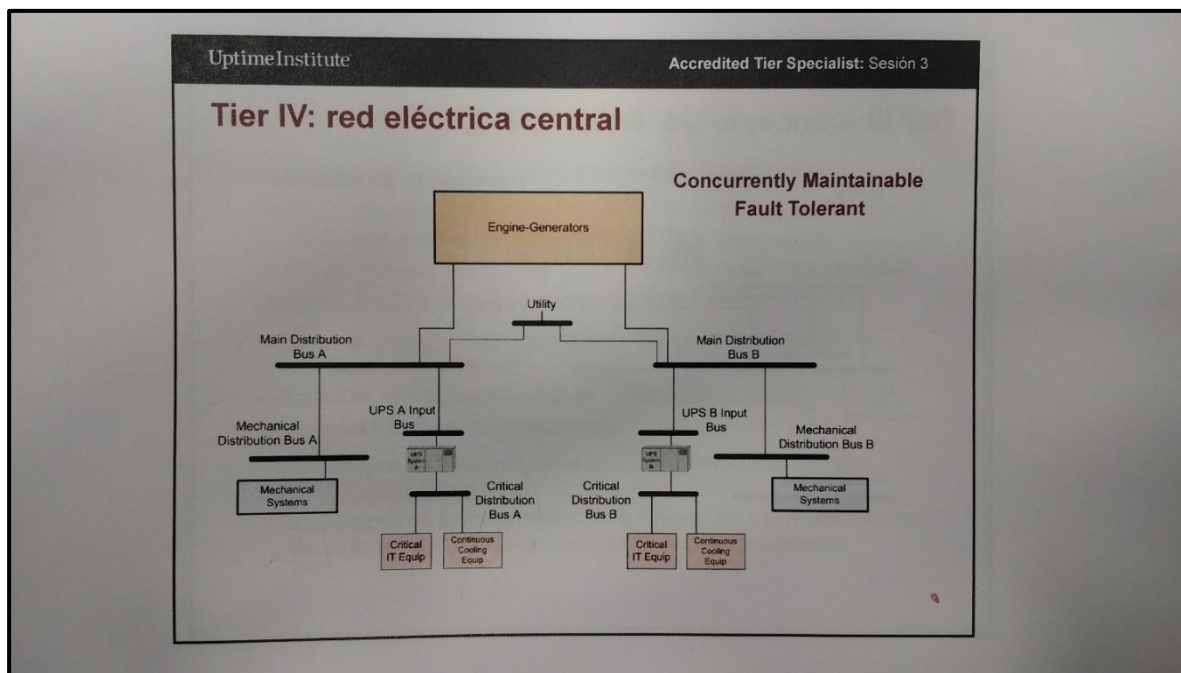


Ilustración 37: Diagrama de Red Eléctrica Central de la CDN

Las oficinas generales y los espacios comunes se energizarán a través de energía normal respaldada por Grupos Generadores Electrógenos, salvo cuando la condición de operación requiera de energía proveniente de UPS.

Se debe considerar un factor de potencia de un 90% de uso para todo el equipamiento en función de dar la seguridad necesaria y asegurar la continuidad operativa del CPD.

Esta carga debe estar energizada desde un alimentador exclusivo, el cual llegará en media tensión a una subestación con transformadores reductores. Este se acoplará en paralelo con un arreglo de grupos generadores electrógenos que duplicarán la capacidad de suministro de la compañía más el correspondiente arreglo de respaldo de mantención (en configuración N+1). Se consideran estanques de combustible para dar una autonomía de a lo menos 12 horas a los equipos. Desde los tableros de transferencia automática y sincronización eléctrica, se derivará a los tableros generales y la alimentación eléctrica será distribuida a través de UPS's (en configuración N+1).

Cabe reiterar que se presupuesta la habilitación por etapas de acuerdo a la implementación de racks, considerando 30 durante el primer año y 144 totales durante los próximos siete años.

Para la distribución de energía, cada Sala Blanca y las salas de Comunicaciones y NOC debe ser alimentadas desde dos sub-alimentadores interiores "A" y "B".

Interiormente ya con una distribución en Baja Tensión (380V) en cada Sala de Tableros Eléctricos se ubicarán los switchgears de distribución y control para las cargas críticas, mecánicas y misceláneas pasando cuando es requerido por respaldo de UPS.

La distribución se considera compartimentada manteniendo una separación física para la distribución de las fuentes A y B.

Se considera el uso de STS (Static Switch Transfer) para aquellas cargas que no consideran en su estructura de funcionamiento el uso de doble fuente de alimentación (Alarmas de incendio, seguridad, etc.)

El sistema de distribución eléctrica considera los tableros de distribución para alimentación de los racks y las PDUs de cada rack, alimentadas por dos circuitos A y B

Para el sistema de puesta a tierra, se considera la instalación de un sistema de baja impedancia para la zona de Media Tensión. Se debe considerar así mismo, el aterrizaje todo el equipamiento incluido además de la estructura del propio edificio.

Se debe evaluar la utilización de un sistema de pararrayos Franklin que sea capaz de cubrir la superficie total del edificio técnico, edificios de oficinas y áreas circundantes con equipamiento exterior.

Para el sistema de iluminación, se debe considerar el uso de luminarias adecuadas para el grado visual necesario por área tomando como base las recomendaciones de la normativa nacional (Nch Elec 4/2003). Por tanto se debe mantener un nivel de iluminación mínimo de 500Lux en el plano horizontal y 200Lux en el plano vertical (medidos a 1 metro del NPT). La alimentación provendrá desde paneles de distribución que se derivan desde los switchgears mecánicos para cargas misceláneas.

Un diseño detallado deberá incluir el control de alumbrado de las áreas de trabajo y circundantes mediante el uso de sensores de presencia, foto celdas, timers, etc. La iluminación de emergencia normalmente es considerada para las vías de escape o

recintos de congregación o circulación de personas, estas poseerán kit de emergencia con autonomía suficiente para la eventualidad de un siniestro.

El sistema de monitoreo de variables eléctricas, contempla la incorporación de un sistema de monitoreo de estas variables en cada punto de distribución en el caso de las Salas Eléctricas que alimentan las Salas Blancas. El Sistema de monitoreo se debe acoplar a un sistema general de supervisión.

Sistema de clima

Para el sistema de climatización, se debe proyectar desde el centro de datos y en redundancia apuntando a una clasificación TIER IV, según el siguiente esquema:

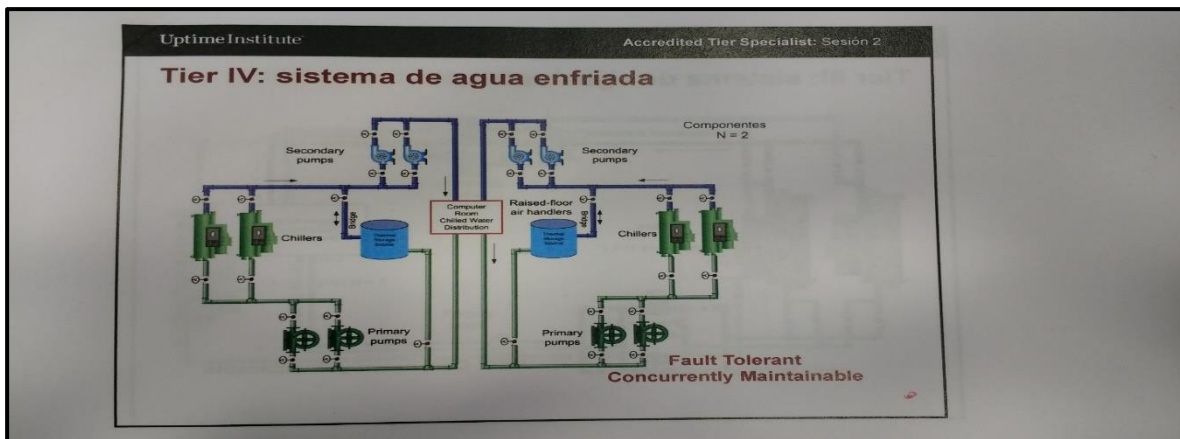


Ilustración 38 Sistema de Agua Enfriada de la CDN

El sistema debe contemplar la producción de agua fría que será provista por un conjunto de chiller enfriados por aire. La filosofía de trabajo será de 2N.

Para las salas de comunicación, de enlaces externos y UPS se debe proyectar climatizadores del tipo precisión, con control de temperatura y humedad, cada uno cuenta con control electrónico de todas sus funciones. Además de incluir un serpentín de agua fría. La filosofía de trabajo es de 2 N.

En las salas blancas, se ha previsto equipos In-Rack, el cual se alimentará con agua fría.

Para las salas de monitoreo operadores y recepción cliente se debe desarrollar una climatización de confort, compuesto por equipos split de condensación por aire.

El diseño de la red debe responder a un estándar de alta redundancia y asegura la continuidad de operaciones del sistema en caso de una eventual falla de la red o posible reparación.

El circuito de refrigeración debe estar compuesto por cañerías de cobre debidamente aislado.

Free cooling indirecto, o enfriamiento gratuito:

Para efectos de dar mayor eficiencia al sistema se debe considerar que la climatización incorpore el free cooling, el cual integra una estrategia de ahorro de energía, aprovechando las bajas temperaturas exteriores, que permiten pre-enfriar o enfriar el agua fría que alimenta los equipos Manejadores de Aire reduciendo el uso de los compresores. Los enfriadores que se propongan deben incorporar de fábrica su circuito, componentes y controles del free-cooling. El diseño adoptado para free-cooling, presenta típicamente periodos de amortización de la sobre-inversión en menos de dos años.

Para control y monitoreo, todos los climatizadores estarán interconectados entre sí a través de un bus de comunicación formando una red de control. En paralelo se debe instalar un bus de monitoreo entre los controladores electrónicos de los climatizadores, el cual se debe conectar a una interfaz electrónica, la que mediante el uso de la red Ethernet con protocolo SNMP entre los controladores electrónicos de los climatizadores y la estación de control hará posible para el operador controlar funciones a distancia para cada uno de los climatizadores, obteniendo una imagen virtual de cada uno. Los controladores de los climatizadores, son explorados por el sistema, almacenando sus datos de temperatura y humedad relativa para uso del operador. Las eventuales alarmas, que despliegue los controladores de los climatizadores, son reportadas por el sistema y pueden también ser emitidas a una casilla de correo electrónico o mediante un mensaje SMS.

Sistema de comunicaciones

Para los sistemas de comunicaciones, la distribución de estas comunicaciones dentro de los centros de datos será proyectadas para abastecer de servicios de conectividad tanto salas críticas como oficinas; para esto, se deben proyectar canalizaciones que transportarán, de manera independiente, fibra óptica y cableado en cobre.

La entrega primaria de señal a las instalaciones se administra a través de dos salas denominadas "Sala de Acometidas". Desde estas salas se canaliza la fibra óptica a las Salas de Comunicaciones A y B que alimentan de señal a la Sala Blanca. La dualidad de salas se basa en lograr un óptimo nivel de redundancia en la entrega de señal que cumpla con el TIER IV.

Las oficinas para el personal administrativo y técnico, deben comprender zonas de mayor concentración de usuarios. Estas áreas contarán con un IDF independiente para cada una, desde éstas se les entregará la señal a los distintos equipos.

Para la habilitación de señal a las distintas instalaciones se debe prever, una doble acometida de proveedores externos, los cuales accederán a la sala de acometida, desde las cuales se debe realizar el tendido de fibra óptica a través de un sistema de canalizaciones y ductos que conecten las salas de acometidas con las salas de comunicación para su distribución interna.

Las salas de comunicaciones, deben considerar dos ODF/MDF en las salas de comunicaciones, A y B. La comunicación interior entre los rack integrantes de estas salas se debe realizar mediante fibra óptica canalizada a través de bandeja de fibra aérea adosada a cielo.

Con el objetivo de generar redundancia en las comunicaciones de datos, ambas salas deben interconectarse entre sí mediante fibra óptica de enlace canalizada en bandeja de fibra aérea ubicada en el cielo del mismo piso. La señal para estas salas será proporcionada por fibra óptica proveniente desde las salas de acometida.

Las salas de comunicaciones conforman, de manera conjunta, el núcleo central de la red local de datos para las distintas salas blancas. Desde cada una de estas salas de comunicaciones se proyectan canalizaciones exclusivas en bandejas de fibra óptica hacia cada Sala Blanca, esto con la finalidad de facilitar intervenciones posteriores y agilizar las labores de tendidos y ordenamiento.

Cada sala blanca debe contar en su interior con canalizaciones aéreas exclusivas para tendido de fibra óptica y cable de cobre. El tendido de fibra interior se debe realizar a través de bandejas plásticas para fibra mientras que el tendido de cableado en cobre debe ser a través de canastillos metálicos porta conductores. Ambas canalizaciones serán instaladas en Tándem mediante trapecios bajo cielo falso.

La distribución de bandejas debe ser planeada para que cada rack cuente con canalizaciones que faciliten la llegada del cableado de datos.

Las instalaciones deben contar con oficinas administrativas. La señal de datos para estas instalaciones debe ser entregada por medio de fibra óptica canalizada a través de canastillo porta conductores hasta el punto de concentración del cableado horizontal ubicado en sector de oficinas. Esta sala concentrará el tendido en cobre para los distintos usuarios del edificio.

Sistemas de seguridad

Los sistemas de protección contra incendios, contemplan un perímetro físico F120 como mínimo (120 minutos de resistencia al fuego), sistemas detección temprana y automática de incendios y extintores manuales, sistema automático de extinción de incendios.

Todos los edificios deben tener un sistema de detección de incendios centralizado en una sala de control, donde se registrarán, evaluarán y se establecerán las rutinas de seguridad a seguir para los diferentes eventos que se registren en cada uno de los sub sectores componentes del complejo. La central de incendios tendrá una tecnología direccionable para identificar uno a uno cada componente del sistema de detección, tendrá una configuración modular que permita expandir sus capacidades para atender ampliaciones de recintos sin necesidad de remplazar el sistema instalado. Todo el conjunto de detección de incendios tendrá como opción un sistema gráfico que facilite el

manejo y control del sistema global, sin necesidad de acceder al panel que está atendiendo un evento de alarma.

La normativa base de este desarrollo es la contenida en NFPA 72: National Fire Alarm and Signaling Code, 2010 Edition.

Cada subsector debe tener un sistema de extinción automático y manual contra incendios de los cuales destacan:

- Distribución de extintores basados en las recomendaciones del Decreto Supremo 594 del Ministerio de Salud de Chile, Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los lugares de Trabajo y Decreto Supremo 369 Reglamento y Normas sobre extintores portátiles.
- Sistemas de extinción basados en agente limpio NOVEC 1230 de 3M, en recintos seleccionados por su complejidad no sea factible la implementación de sistemas húmedos u otro agente. Todos los diseños serán desarrollados y basados en NFPA 2001: Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems, 2008 Edition.
- Sistemas de extinción en base a aplicación local y automática de PQS, en todas las aplicaciones donde no sea posible aplicar agente NOVEC 1230, tal como el caso de las unidades de generadores. Todos los diseños serán desarrollados de acuerdo a las recomendaciones NFPA 17 Standard for Dry Chemical Extinguishing Systems

Con relación con el acceso al área, se considerará como aspecto importante el ingreso de los equipos y suministros. En ese sentido, se debe contemplar la implementación de un montacargas para el ingreso general de equipos y el desarrollo de rampas que permitan la fluida circulación de equipamiento y las personas.

Estas vías deberán estar despejadas, es decir, deben permitir el libre tránsito tanto de los operadores como el ingreso de los equipos y de los suministros que se requieren para la operación y mantenimiento de los equipos.

El sistema de control de accesos debe permitir mantener la vigilancia sobre todas las puertas y áreas controladas que existan en el complejo computacional. Debe permitir determinar quién y a qué hora fue operada por un funcionario autorizado, si una puerta queda abierta o es forzada también será motivo de alerta del sistema. Los diferentes controles serán mediante tarjetas de proximidad o combinadas con huella dactilar o código de confirmación según sea el requerimiento. Todo se debe reportar a un PC terminal que desplegara alarma y el sitio de ocurrencia. El sistema de control de acceso eventualmente debiera actuar combinadamente con el sistema de CCTV, entregando alarma de puerta abierta o puerta forzada para alertar al controlador de CCTV del evento.

Se debe implementar un sistema de circuito cerrado de televisión, la solución propuesta está basada en el uso de Videos Grabadores Digitales. Será una solución integrada y con respaldo de una marca, por lo cual, cada componente desde elementos de campo hasta los elementos interconexiónados deben ser de acuerdo a lo

recomendado por el fabricante de la solución. El sistema proyectado contempla capacidad de crecimiento. Los DVR podrán ser visualizados a distancia mediante una conexión IP.

5.4.2. Normativa y Recomendaciones Internacionales

En particular, en materia de Datacenter, haciendo un poco de historia, se recuerda que previo al año 2005, era normal que la mayoría de las grandes empresas y organismos del Estado contarán con su Datacenter o Sala de Computación. Esta situación se repetía también en algunas empresa y reparticiones estatales de tamaño mediano, las que necesitaban un buen control de procesos, ya sea productivos o de administración.

Las características de estos datacenters (llamados en ese entonces Salas de Computación) no correspondían a una instalación de carácter crítico, sino más bien era el fruto de las recomendaciones que los propios fabricantes de equipos entregaban a sus clientes, o derechamente producto de la experiencia (mala, la mayor parte de las veces) que tenía la persona responsable.

Existían algunas pocas instalaciones construidas con un mejor estándar, y que ofrecían servicios para terceros, Estos servicios estaban basados fundamentalmente en Collocation (arriendo de metros cuadrados para instalación de equipamiento del cliente), y a lo más se les agregaba el servicio de operación tipo “manos remotas”.

En general estos Datacenters eran de propiedad de las empresas de Telecomunicaciones (Entel, Telefónica), proveedores de tecnología (IBM), y otras relacionadas con transmisión de datos (IMPSAT).

En su gran mayoría estaban ubicado en la Región Metropolitana, especialmente dentro de Santiago. En regiones, solo existían en sectores industriales muy específicos (minería, celulosa, puertos), y a nivel del Estado solo en ciudades con mayor población, o con importancia estratégica.

Dadas las características de falta de normas de diseño, estas instalaciones normalmente sufrían pérdidas de servicio cada cierto tiempo. Además, eran de una gran ineficiencia. Esto es, gastaban una gran cantidad de energía para alimentar y climatizar sus equipos de TI, y no contaban con servicios de respaldo que permitieran seguir operando en caso de una falla. Y si lo tenían, lo más probable era que el personal técnico tuviera que trabajar “en caliente” (con energía eléctrica presente), lo que muchas veces significó accidentes graves para el personal de mantenimiento,

A partir del año 2005 cuando se conoce en Chile el estándar ANSI/EIA/TIA 942, el que a su vez estaba basado en el documento Tier Standards Topology del Uptime Institute, y que establece diferentes categorías de Datacenter, basados en sus características para el mantenimiento de la continuidad de Operación.

En efecto, esta normativa estableció los 4 tipos de Datacenters (llamados Tiers) indicados previamente, los que a su vez se agrupan en dos categorías; Datacenters no críticos (Tiers I y II), y Datacenters Críticos (Tiers III y IV). Las definiciones de cada una de estas categorías es la siguiente:

Tier I: Datacenter Básico, no cuenta con ningún tipo de instalación que le permita seguir operando en caso de una falla o mantenimiento. No cuenta con niveles de redundancia. Este tipo de Datacenter es apto solo para empresas o instituciones que no verán afectado su negocio por la falta de operación.

Tier II: Redundancia de equipos críticos, este Datacenter cuenta con redundancia a nivel de equipamiento crítico (generadores, UPS's, sistemas de climatización), lo cual le permite contar con una cierta capacidad para respaldar la operación en caso de una falla de un equipo crítico. Eso sí, esta capacidad se pierde cuando debe realizarse un mantenimiento preventivo o correctivo, ya que no cuenta con una doble línea de alimentación eléctrica (o de piping, en el caso de climatización por agua).

Tier III: Mantenimiento concurrente, en este caso, la instalación cuenta con dualidad en todo el equipamiento crítico, lo que le permite no solo seguir operando en caso de una falla, sino que también puede realizarse cualquier labor de mantenimiento, ya sea preventivo o correctivo, sin afectar la continuidad del servicio, y sin riesgo para los operadores de mantenimiento. Las transferencias para la operación a través del ramal alternativa podrían ser manual.

Tier IV: Tolerante a Fallas, finalmente, en este caso existe total redundancia de los sistemas. En caso de falla o mantenimiento se asegura continuidad en el servicio. Asimismo, la redundancia de ramales es automática y no se requiere ninguna maniobra manual. Otra de las claves de esta categoría es la compartimentación, tanto a nivel del equipamiento crítico, como para el tendido eléctrico y el piping de climatización.

Por otra parte, para efectos de asegurar la condición de Tier buscada por los diferentes Datacenters, Uptime Institute¹¹ cuenta con tres (3) procesos de certificación. Estos procesos son:

Certificación de Diseño

Certificación de Construcción

Certificación de Operaciones

En la actualidad, el crecimiento de Datacenters en Chile en los últimos 10 años ha sido vertiginoso. Aunque no se disponen de datos exactos, podemos estimar que la cantidad de metros de Datacenters existentes a esa fecha se ha duplicado en ese

¹¹ En este estudio se han considerado los estándares definidos por Uptime Institute. Existen otros organismos que también cuentan con definiciones de categorías de Datacenters basados en su condición de diseño y/o construcción. Este es el caso de ICREA, BICSI y otros. Sin embargo, en la práctica Uptime Institute se ha convertido en un estándar de facto, aceptado por la totalidad de la industria, incluyendo a los diferentes fabricantes de equipamiento para Datacenters.

período. Y estamos hablando de aproximadamente 35.000 Mts2 de Salas de equipos (Salas Blancas).

Según datos entregados por IDC este crecimiento continuará (aunque a tasas levemente menores), y se sustenta en gran medida por los siguientes factores:

Confiabilidad en la continuidad operativa de los Datacenters. Esto aumentará la migración de pequeñas y medianas empresas que hoy cuentan con su propio centro de Datos a cualquiera de los ya existentes que ofrecen servicios a terceros;

Aumento del comercio digital. Cada día es mayor la cantidad de personas que compran a través de la red. Esto impactará significativamente en la necesidad de nuevo equipamiento y más espacio para manejar este mayor requerimiento.

También este punto implicará la necesidad de nuevos sistemas de seguridad informática, más sofisticados, y más rápidos.

El comercio digital es clave en este punto, así como las nuevas políticas de seguridad que deberán implantar los bancos y el sistema financiero en general.

Digitalización de los servicios públicos:

Este último punto es un tema ineludible, ya que es un factor esencial para el desarrollo de nuevas políticas públicas, y para la integración del país desde su extremo Norte hasta Punta Arenas.

Certificación de Datacenters:

En la actualidad, Chile es uno de los países líderes en materia de Certificación de Datacenters en Latinoamérica. Según información entregada por Uptime Institute Chile, junto a Brasil y México son los tres países que cuentan con mayor cantidad de Datacenters certificados. Y no solo eso, junto a esos mismos países, cuenta con la mayor cantidad de profesionales certificados tanto en diseño de Datacenters (ATD) como de Operación de Datacenters (ATS).

Los Datacenter que cuentan con certificación Tier III para Diseño son los siguientes:

- | | |
|---------------------|------------------------------|
| 1. Entel: | Ciudad de los Valles Fase 1 |
| 2. Entel: | Ciudad de los Valles Fase 2 |
| 3. Entel: | Ciudad de los Valles III |
| 4. Intesis: | Datacenter E. Yáñez |
| 5. Sonda: | Datacenter Quilicura |
| 6. S&A Consultores: | Datacenter Pedro de Valdivia |
| 7. GTD: | Datacenter Lidice II |
| 8. Claro Chile: | Datacenter Liray |
| 9. ADESSA | Datacenter Quilicura |

Los Datacenter que cuentan con certificación Tier III de construcción son

- | | |
|-----------------|-----------------------------|
| 1. Entel: | Ciudad de los Valles Fase 1 |
| 2. Entel: | Ciudad de los Valles Fase 2 |
| 3. Entel: | Ciudad de los Valles III |
| 4. Intesis: | Datacenter E. Yañez |
| 5. Sonda: | Datacenter Quilicura |
| 6. GTD: | Datacenter Lidice II |
| 7. Claro Chile: | Datacenter Liray |

Existen otros dos (2) Datacenters de calidad que no están certificados por Uptime Institute, porque pertenecen a empresas que cuentan con sus propios conceptos de certificación. Estos son IBM en San Bernardo, y HP Paine (hoy Telefónica).

Finalmente, respecto de la certificación de Operaciones, los Datacenters que cuentan con esta certificación son Sonda y Entel, Fases 1 y 2.

Como se puede apreciar en este listado, no existen Datacenters con certificación Tier IV en el país. Si bien, esto es una situación que puede variar más adelante, las razones para esta condición son su alto costo, y también que la mayor parte de estos Datacenters forman parte de una red tecnológica que incluye varias otras instalaciones que se respaldan entre sí.

Una confirmación de lo anterior es revisar lo que Uptime Institute nos indica referente a las certificaciones Tier IV. Al respecto, su página web señala que las instalaciones que cuentan con certificación Tier IV a nivel mundial son solamente treinta y cuatro (34). De estas, solo seis (6) se encuentran en América Latina; Dos (2) en México, dos (2) en Brasil, una (1) en Colombia y una (1) en Curazao (ex territorio en América del Sur del reino de los Países Bajos). También se advierte en esta página que la mayor parte de los datacenters que cuentan con la certificación de Tier IV son bancos y empresas de telecomunicaciones. La única instalación relacionada con organismo público es la Provincia de Ontario.

Esta información debe ser relevante a la hora de definir el tipo de Datacenters que se deberán construir para el proyecto TNIT.

Al revisar el listado de datacenters certificados, en Diseño y Construcción en Chile, se observa que la totalidad de ellos se encuentran en la Región Metropolitana, y en la Provincia de Santiago. Esto no quiere decir que no existan Datacenter fuera de Santiago, pero sí entrega una información importante respecto de la distribución de Datacenters existentes en el país. Sin duda que la mayor parte se encuentra en Santiago. Si bien no existen estadísticas al respecto, nuestra apreciación inicial es que Santiago debe contar con un 90% o más de la capacidad de Datacenters del país.

También de la revisión de los Datacenters con certificación de Uptime Institute es que todos ellos pertenecen a empresas que dan servicios a terceros. Estas pueden ser empresas de tecnología (IBM, Sonda), o bien empresas dedicadas a telecomunicaciones (Entel, Claro, Telefónica y GTD). Todas estas empresas forman parte de distintas redes de datacenters, lo que les permite poder entregar un servicio de alta confiabilidad, con

altos niveles de respaldo de la información y de los procesos, sin necesidad de asumir mayores costos, como los de construir una instalación del tipo Tier IV.

5.4.3. Emplazamiento CDN

La Troncal Nacional de Infraestructura de Telecomunicaciones está diseñada de tal manera que permita una sinergia con cada uno de los CDN propuestos; para ello, y a partir del análisis de los mejores lugares para el emplazamiento, se sugiere la instalación de los datacenter en las ciudades de Antofagasta, Santiago y Osorno.

Antofagasta

La primera recomendación es instalar el datacenter en el kilómetro 7 de la ruta 26, carretera que une el centro de Antofagasta con la ruta 5 y que sirve como conexión alternativa al tradicional que pasa por el complejo industrial La Negra.

Coordenadas: 23° 37' 46,19'' S 70° 19' 09,61'' O



Ilustración 39 Ubicación CDN Antofagasta. Fuente: Elaboración propia.

Se sugiere no instalar el centro de datos en la zona norte de Antofagasta, en los sectores de la Chimba y La Portada, puesto que unos tramos se encuentran en zonas inundables por tsunamis, aparte de la presencia de zonas industriales que están autorizados para almacenar sustancias explosivas.

Otra alternativa plausible es la zona sur de Antofagasta, no obstante es una zona de intensa actividad minera e industrial, con una conexión que tiende a ser más congestionada que la ruta 26.

Santiago

Habiendo una serie de lugares idóneos para la instalación del centro de datos, entre ellos Huechuraba, San Bernardo, Colina o Calera de Tango, los cuales reúnen las principales condiciones geográficas y de acceso (de acuerdo a lo estipulado en TIER IV), se recomienda que la instalación del Centro de Datos sea instalado en la comuna de Lampa, en lo particular en las cercanías del camino Juan Ortega Beiza, esto por encontrarse a 15 kilómetros del aeropuerto internacional Arturo Merino Benítez y a más de 1 kilómetro del kilómetro 27 de la Panamericana Norte (Ruta 5).

Coordenadas: 33° 13' 47,51''S 70° 46' 24,22''O

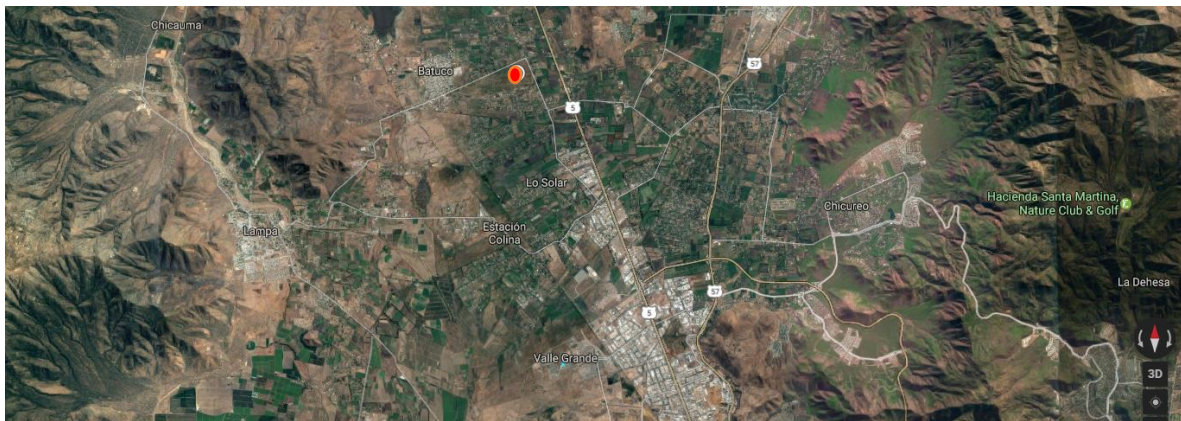


Ilustración 40 Ubicación CDN Santiago Fuente: Elaboración propia

Osorno

Se recomienda la instalación del datacenter en ruta 215, en las cercanías de la universidad de los lagos, principalmente por encontrarse en una zona de bajo tráfico, sin evidencia de industria de explosivos, además no existe evidencia de inundaciones y se encuentra a casi 800 metros del río Damas.

Coordenadas: 40° 35′ 04,53″ S 73° 05′ 19,84″ O

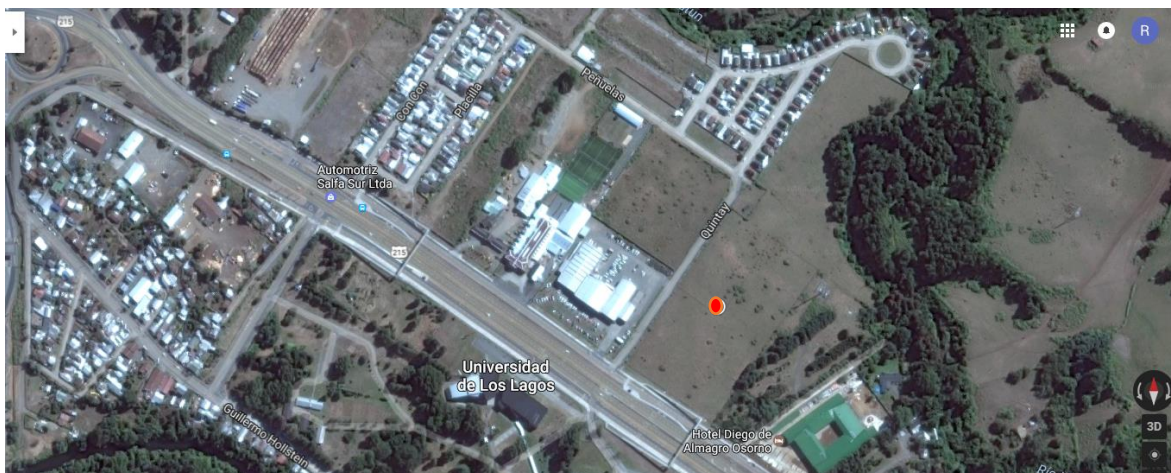


Ilustración 41 Ubicación CDN Osorno. Fuente: Elaboración propia

5.4.3.1. Arquitectura CDN

Para cada una de las ubicaciones descritas anteriormente, se plantea una arquitectura estándar (con un potenciamiento de las operaciones de mitigación según el impacto climático propio de la zona en donde se encuentra ubicado cada CDN) con una superficie total de la instalación de 2.000 metros cuadrados, con 500 m2 destinados a sala blanca. La arquitectura estará basada en la TIER IV con todas las particularidades que fueron explicadas en el punto 5.4.1 Características Técnicas.

A continuación, en rojo, se presenta el tamaño del CDN, en comparación al terreno (en blanco) en donde se sugiere la instalación:



Ilustración 42 Ubicación CDN Antofagasta. Elaboración propia

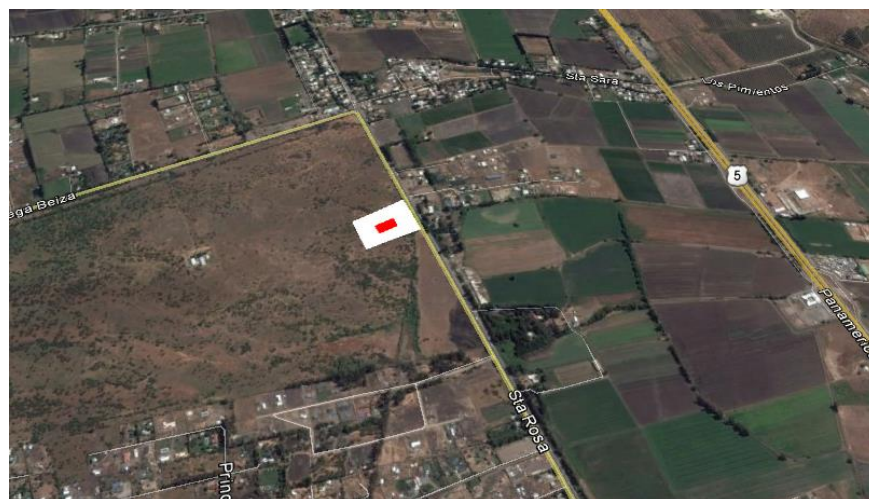


Ilustración 43 Ubicación CDN en la comuna de Lampa. Elaboración propia.



Ilustración 44 Ubicación CDN en la comuna de Osorno. Elaboración propia.

La arquitectura está pensada para un terreno aproximado de 6.000 metros cuadrados, siendo la parte correspondiente al CDN el 33% de dicho terreno; las dimensiones estimadas son de 30 por 67 metros, esto a fin de estandarizar los CDN de acuerdo a la disponibilidad de terrenos encontrada, no obstante esto es referencial puesto que el desarrollo final del diseño de las instalaciones dependerán de las características del terreno a identificar en estudios posteriores, lo que puede hacer que la configuración del CDN pueda ser diferente.

5.4.3.2. TIER

Tal como se mencionó anteriormente, y tomando como referencia las bases técnicas de postulación, en el punto 6 del capítulo V, ubicación, infraestructura y características de los CDN propuesta obedece a una configuración de carácter TIER IV con las capacidades, diseño, obras civiles, energía y sistemas de apoyo recomendadas en el punto 5.4.1 del presente informe.

5.4.3.3. Características de Diseño

La ifraestructura de los CDN, está diseñada bajo el estándar TIER IV, del Uptime Institute. En el punto iguiente, se muestran las características principales del diseño para este tipo de instalación.

5.4.3.4. Topologías de Respaldo con diagramas de esquemáticos

Sistema eléctrico: Cada Sala Blanca debe poseer energía acondicionada por medio de UPS para todo el equipamiento TI situados sobre el piso técnico elevado (Sala Servidores, Salas de Comunicaciones y Salas NOC y sistema de continuous cooling) y energía normal con respaldo de grupos generadores. Grupos electrógenos para el equipamiento mecánico (climatización), iluminación y misceláneo situados en los espacios de apoyo de las Sala Blancas. La distribución de servicio se dispone como un nivel TIER IV.

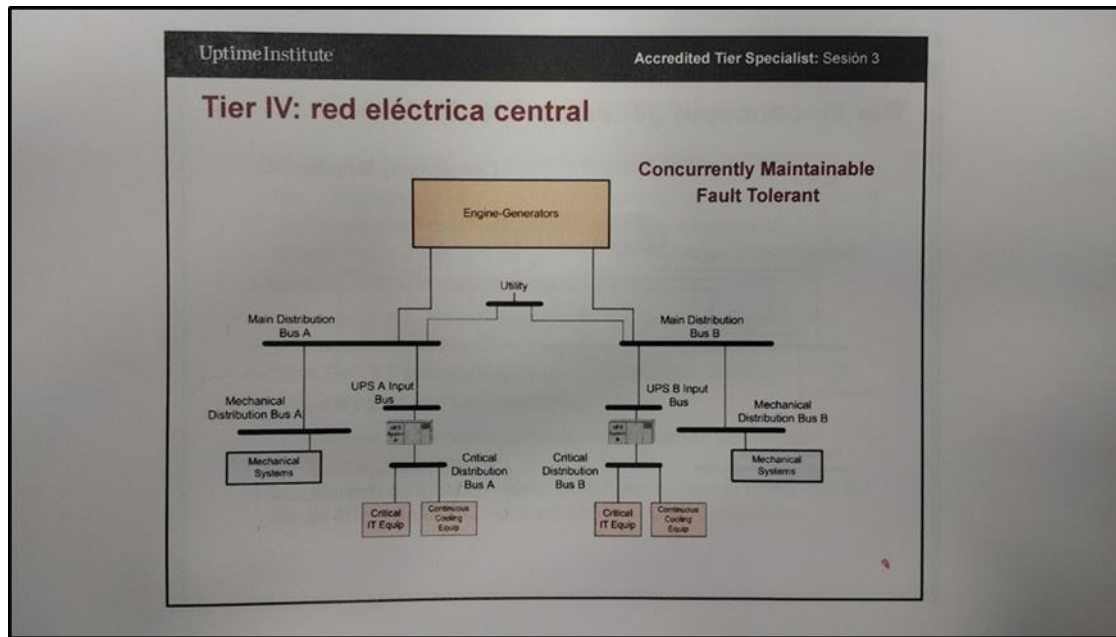


Ilustración 45 Diagrama de Red Eléctrica Central de la CDN

Sistema de clima: Para el sistema de climatización, se debe proyectar desde el centro de datos y en redundancia apuntando a una clasificación TIER IV, según el siguiente esquema:

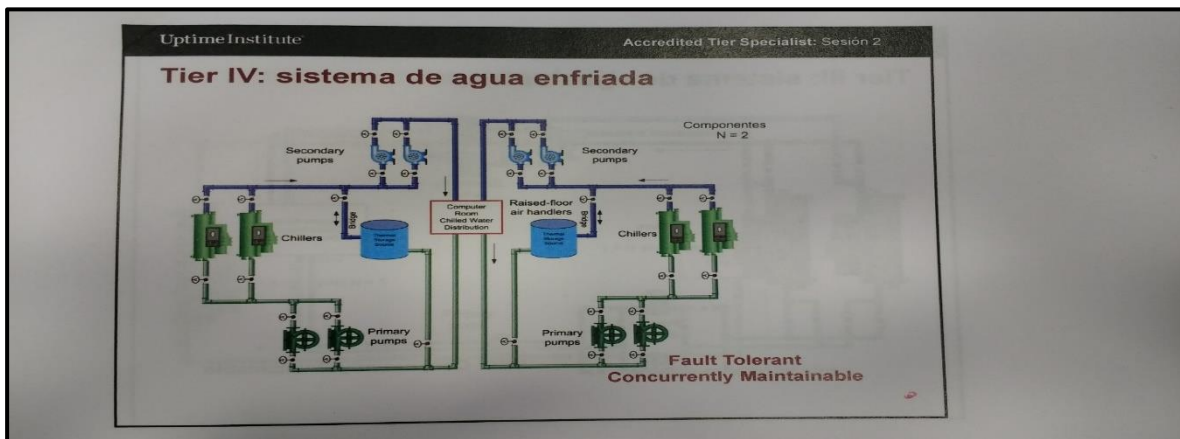


Ilustración 46 Sistema de Agua Enfriada de la CDN

5.4.3.5. Mapas con metadatos

El mapa con los metadatos contendrá: Nombre de CDN, Tipo de CDN, Ubicación Geográfica y dimensiones de la infraestructura.

Así, a modo de ejemplo para Santiago se tendría:

Nombre de CDN: Datacenter Santiago

Tipo de CDN: TIER IV

Ubicación Geográfica: 33° 13' 47,51'' S 70° 46' 24,22'' O

Dimensiones de la infraestructura: Estructura de 2.000 metros cuadrados con 500 metros de sala blanca

5.4.3.6. “Principios de administración y gestión de cada uno de los Centros de Datos Nacionales propuestos”

El concepto básico de Operación de estos Datacenter es el trabajo en la Nube. Asimismo, la idea de contar con 3 Datacenters responde a la necesidad de contar con una red que entregue el nivel de respaldo ante contingencias de acuerdo con las más altas exigencias.

El concepto de respaldo estará presente tanto para la capacidad de procesamiento, como para el almacenamiento de la Data. De esta forma, en caso de caídas de cualquier sistema o datacenter general, la redundancia estará dada por los otros sistemas e instalaciones.

En este concepto de redundancia es fundamental contar con la conectividad que permita la esta redundancia. Esto es, que ante cualquier corte de un enlace, existan rutas alternativas para mantener la conectividad. Esto ya está abordado en el proyecto TNIT.

Por otra parte, la Operación misma de los Datacenters deberá considerar 2 etapas. La primera, durante el proceso de migración de los diferentes servicios y organismos del Estado al nuevo Datacenter, y la etapa de operación regular.

Durante la primera etapa, la operación tendrá un fuerte componente de planificación para el ingreso de los equipos y sistemas de los diferentes organismos del Estado, y de su proceso de migración. Como se explicó precedentemente, este proceso de migración tomará un tiempo, y requerirá de contar con las plataformas nuevas y antiguas de cada institución de manera de poder realizar en forma efectiva este proceso. El proceso mismo de migración, y los tiempos involucrados, dependerá de los sistemas y tecnología que tenga cada institución. En principio se estima que para un proceso de migración de 25.000 servidores, el tiempo estimado será de +/- 5 años.

Una vez que se trasladen los primeros servicios críticos a la nueva instalación, se deberán generar los procedimientos operativos, para lo cual se usará como referencia el documento de Operaciones Críticas de Uptime Institute. Opcionalmente, se plantea cumplir con un proceso de certificación en Operación Sustentable, lo que garantizaría que los procedimientos definidos de Operación están acordes con la definición de criticidad asignada.

5.4.3.7. CAPEX/OPEX

Para la realización de una estimación de los costos de inversión se ha procedido a dividir el total de trabajos en Obras Civiles y Equipamiento.

Según lo indicado en las especificaciones técnicas preliminares, para una Sala Blanca de 500 m² (necesarios para albergar los 150 racks definidos previamente), se requiere de una edificación de +/- 2.000 m².

De acuerdo a la experiencia anterior, una obra civil de estas dimensiones, y las características técnicas requeridas tendrá un costo estimado de US\$ 10.000.000.

Asimismo, y también de acuerdo a experiencias previas y valores de mercado, el valor por la provisión, montaje e instalación de todo el equipamiento necesario para la operación de este Datacenter será de +/-US\$ 15.000.000.

Respecto de los gastos de Operación y explotación, estos podemos dividirlos en 3 ítems, con el fin de lograr una estimación más cercana a la realidad.

En primer lugar, debemos considerar el costo de la energía. Este valor es dependiente de la ubicación de los datacenters, y deberá ser parte del análisis inicial para el emplazamiento de cada uno de estos edificios.

En segundo lugar, está todo el resto del gasto operativo. Esto es, contratos de mantenimiento del equipamiento crítico (generadores, UPS's, clima, seguridad), contratos de mantenimiento de las instalaciones mismas, iluminación, paisajismo, limpieza y aseo, guardias de seguridad, etcétera.

En el caso de los Datacenters contemplados en este estudio, la estimación de costos por consumo energético es de +/- US\$ 1.300.000 al año, lo que podría variar dependiendo de la ubicación de los mismos.

El gasto operativo por los otros gastos operativos (excluyendo remuneraciones) debería estar alrededor de US\$ 1.000.000 anual

Finalmente, respecto del gasto por remuneraciones, se considera que en cada sitio debería trabajar aproximadamente 20 personas, entre técnicos ingenieros, gerentes y supervisores. La estimación de gastos en este rubro será de US\$ 750.000 en forma anual por cada Datacenter.

En resumen, el gasto operativo anual de cada Datacenter será entonces de US\$ 3.050.000.

Finalmente cabe señalar que las variaciones introducidas por los últimos estudios de demanda entregados por Subtel, no modifican las condiciones de diseño, inversiones y costos de operación explicados en este apartado de CDN.

Por otra parte, las principales referencias tenidas en consideración para este capítulo son las siguientes:

Uptime Institute: Tier Standards for Datacenters

ANSI/EIA/TIA 942: Telecommunication Infrastructure Standards for Datacenters, 2005

ANSI/NECA/BICSI-002 Datacenters Design and Infrastructure Best Practices

NFPA Fire Protection Handbook

NFPA 75: Standards for the Fire Protection of Information Technology Equipment

NFPA 76: Standards for the Fire Protection Telecommunication Facilities

FM: Global Property Loss Preventive Data Sheet 5-32 Datacenters and Related Facilities

Normativa Chilena de la Construcción

Normativa Chilena de Electricidad : NCh Elect 4/2003

N SEG 5 En 71

Lo anterior, sin perjuicio de los más de 35 años de experiencia del consultor en esta materia específica.

6. Diseño de la TNIT en su conjunto

6.1. Interconexión y respaldos

La TNIT ha sido diseñada para soportar la demanda de tráfico requerida por el país en un horizonte de 10 años, basado en la información proporcionada por Subtel para tal efecto, alcanzado una penetración del 100% de los hogares, con un consumo promedio de 43 Mbps cada uno y sin sobresuscripción.

Está constituida en un festón de fibra óptica submarina entre Arica y Carelmapu con una derivación a Ancud. Todo este trayecto se encuentra respaldado a través de una ruta costera y otra interior, ambas terrestres, que le permiten conformar una multiplicidad de anillos a través de los cuales obtener el respaldo adecuado.

Entre la ciudad de Puerto Montt y Puerto Williams, se ha diseñado una trayectoria híbrida, terrestre y submarina, no respaldada, que se desplaza a lo largo de la carretera austral y los canales australes, para llegar a Puerto Natales y luego continuar al sur. Este trayecto puede ser respaldado a futuro por el FOA, o en el corto plazo a través acuerdos comerciales con Claro o Movistar que disponen de infraestructura redundante de fibra óptica a través de territorio Argentino.

Se ha constituido una red con equipamiento ROADM, FOADM y OTN con entre 2 y 5 grados de redundancia, albergados en salas de equipos debidamente adecuadas para este fin y con respaldo de clima y fuerza para asegurar una operación completamente autónoma de todos los sitios durante 7 días. La red permite ofrecer servicios de transmisión punto a punto dedicados desde 100 Mbps a 100 Gbps y también fibra oscura. La incorporación de una capa IPMPLS, que puede hacerse sobre los mismos equipos, puede ofrecer una mayor eficiencia en el uso de esta infraestructura.

El flujo de los tráficos se ha considerado simétrico y con destino a Santiago, ya que es donde se encuentran los puntos de interconexión de tráfico nacional, los principales peering y también los proveedores de capacidad internacional.

El trazado submarino se ha diseñado con topología de festón de 19 bucles más una derivación a Ancud. Está diseñado con un cable de 8 pares de filamentos de los cuales 5 quedan disponibles para ampliaciones futuras. Esta red submarina es completamente pasiva en la planta húmeda y eventualmente, con electrónica terrestre, puede a futuro habilitarse como una troncal internacional complementaria a su funcionalidad en la TNIT.

Los trayectos de fibra terrestre en un 37% son aéreos y en un 63% soterrados, dependiendo del tipo de zona. Se ha definido utilizar fibra de 96 filamentos, dada la poca incidencia de su capacidad en el costo total del proyecto y la oportunidad que ello abre al mercado de la fibra oscura.

La red posee un total de 423 nodos, divididos en 62 Troncales, 241 Subtroncales que incluyen 40 repetidores, 106 nodos de acceso directo a la troncal y 14 nodos de repetición exclusivos. Todos los nodos troncales y Subtroncales están respaldados por anillos de

fibra óptica. No así los nodos de acceso directo a la troncal, que tienen una topología de estrella. Sin embargo, en estos casos se utilizan 4 filamentos de fibra para su conexión de modo de asegurar a lo menos la redundancia a nivel de la electrónica. La TNIT alcanza los 20 mil kilómetros de fibra óptica terrestre y 4,4 mil kilómetros de fibra óptica Submarina.

Están cubiertas todas las capitales regionales, comunales, localidades de más de 5 mil habitantes, pasos fronterizos, centros astronómicos, mineros, municipalidades y Pymes proyectados al año 2027. Se exceptúa la ciudad de Santiago, en que en vez de establecerse un nodo en cada comuna, se han considerado 5 nodos de alta capacidad.

Los anillos de la Red Troncal y Subtroncal, prácticamente pueden observarse en todas las regiones, aún cuando no necesariamente coinciden los límites geográficos de cada una de ellas. Esto ocurre porque los tendidos de la fibra óptica se han diseñado teniendo en consideración la disponibilidad de caminos y las distancias necesarias para los repetidores o nodos de regeneración de la red, sobre la base de las restricciones de alcance propias de los equipos considerados.

Todos los nodos se encuentran diseñados con sus elementos respaldados, ya sea en electrónica, clima, fuerza y conectividad de fibra óptica, sin embargo no se han considerado con duplicidad geográfica. A modo de ejemplo si la TNIT tiene un nodo en Antofagasta, este es único en dicha ciudad, no obstante estar completamente respaldado en todos sus elementos.

6.2. Mapa TNIT

Con el fin de tener un sistema de información que recopile y administre datos, que trabaje con mapas georreferenciados avanzados realizando análisis espaciales con un contenido que se adapte a las necesidades de este proyecto, es que se ha optado por trabajar con el software especializado ArcGIS, el cual es capaz de manejar una gran cantidad de información y que además cumple con los requerimientos establecidos por Subtel.

Sistema de georreferenciación de POIIT/R según dimensiones

Para definir los puntos de operación e interconexión de la infraestructura a diseñar, se le ha dado importancia, en una primera instancia, a las zonas y puntos de interés definidos por la Subsecretaría de Telecomunicaciones, estos son, capitales comunales, pasos fronterizos y localidades por sobre 5.000 habitantes.

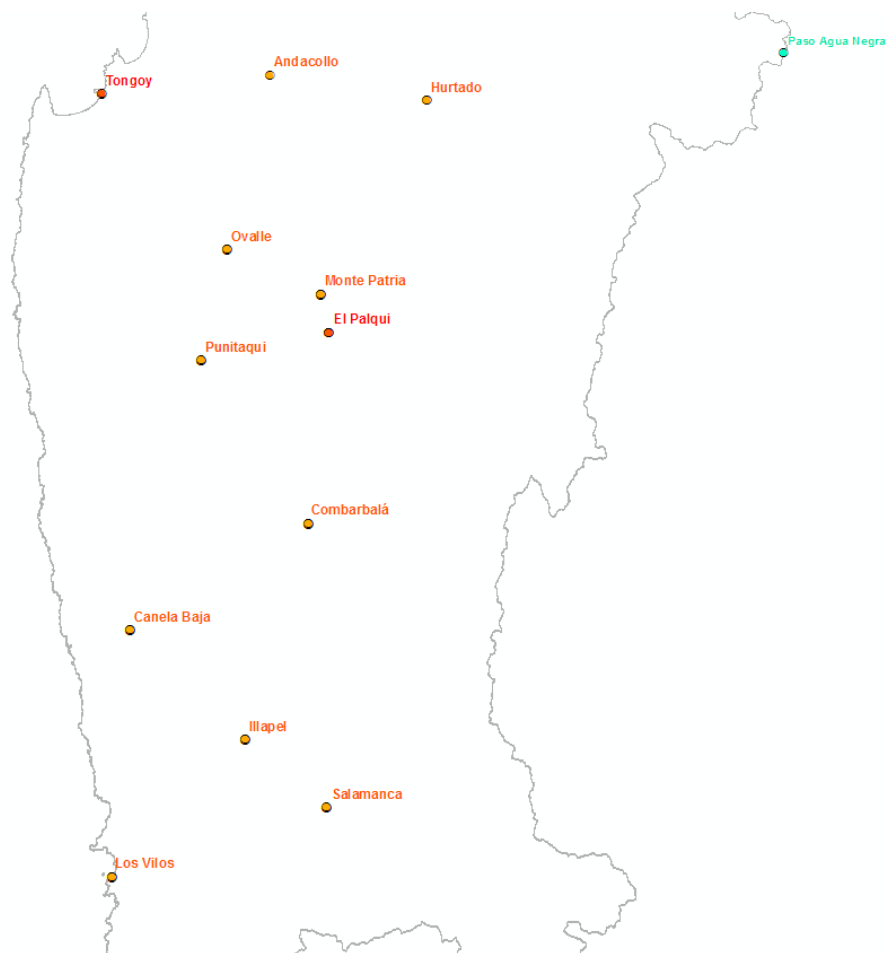


Ilustración 47: ejemplo de las capitales comunales y localidades por sobre los 5.000 habitantes, desplegados en ArcGIS.

Sistema de georreferenciación de TRIOT

Para el diseño del trazado se ha considerado el diseñar una red troncal anillada, con el fin de conseguir el mayor grado de confiabilidad posible y que esta se mantenga en funcionamiento en la eventualidad de alguna catástrofe natural. Para ello es que se han definido 3 tipos de trazado.

Trazado Terrestre

Con el fin de establecer el mejor trazado terrestre posible mediante el cual interconectar las localidades anteriormente mencionadas, se ha utilizado la información de la red vial existente en el país, priorizando los sectores donde existen caminos pavimentados o de ripio.

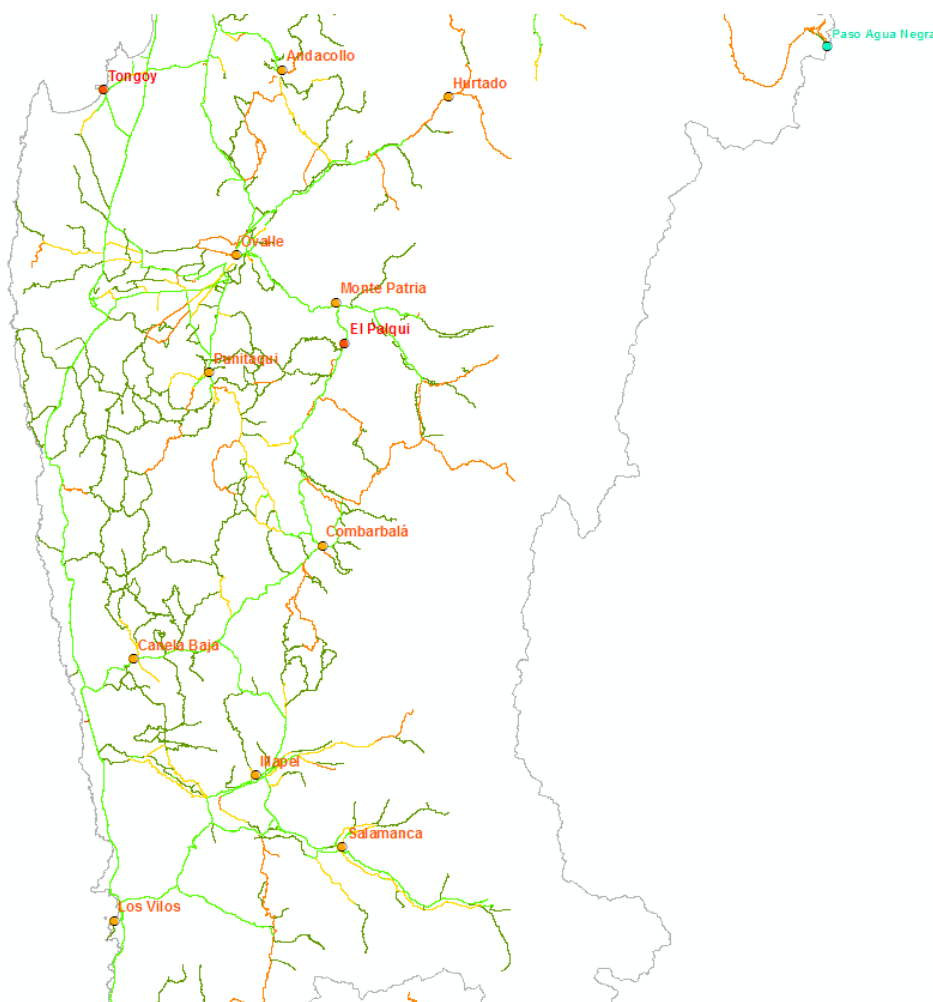


Ilustración 48: Red vial sector de Ovalle desplegada en ArcGIS.

Sobre esta información georreferenciada, se ha realizado el trazado entre las distintas localidades, teniendo en cuenta las consideraciones anteriores. A continuación se muestran ilustraciones del trazado de la TNIT.

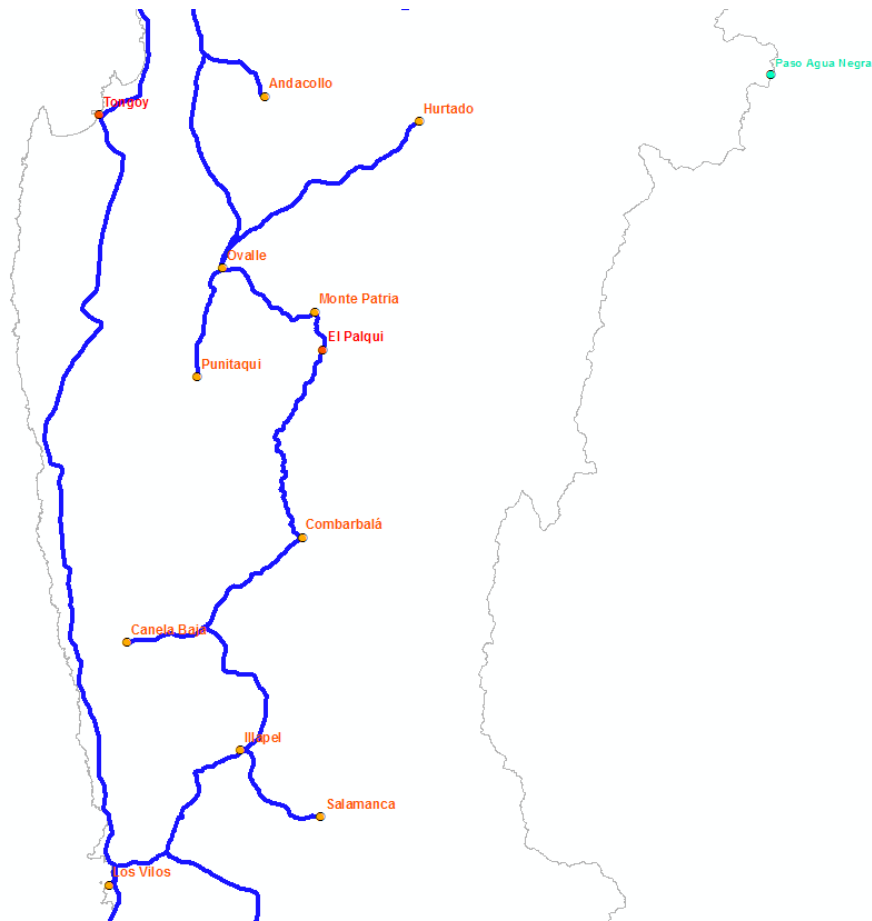


Ilustración 49: Ejemplo (en azul) de los trazados de fibra óptica optimizados, desplegados en ArcGIS

Adicionalmente, y con el fin de enriquecer la información referente a los trazados, se han incorporado capas complementarias de información geográfica referente al uso de suelo, es decir: zonas de terrenos agrícolas, matorrales, bosques, glaciares, cuerpos de agua, zonas protegidas, parques nacionales, etc. Esto nos permite generar metadatos referentes a las características técnicas que debe poseer tramo: tipo de tendido (soterrado, postación, submarino), tipo de fibra, número de pelos, etc.

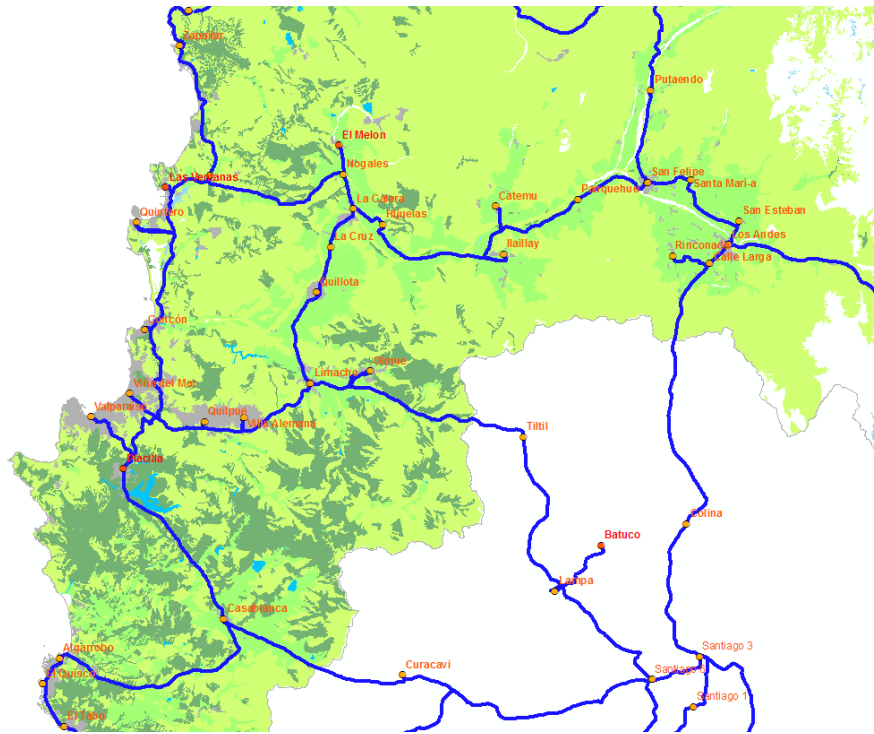


Ilustración 50: un ejemplo de los diferentes usos de suelo, desplegados en ArcGIS

Trazado Submarino:

El trazado submarino tiene como fin el elevar el grado de confiabilidad de la red troncal, así como también el de interconectar la zona austral del país.

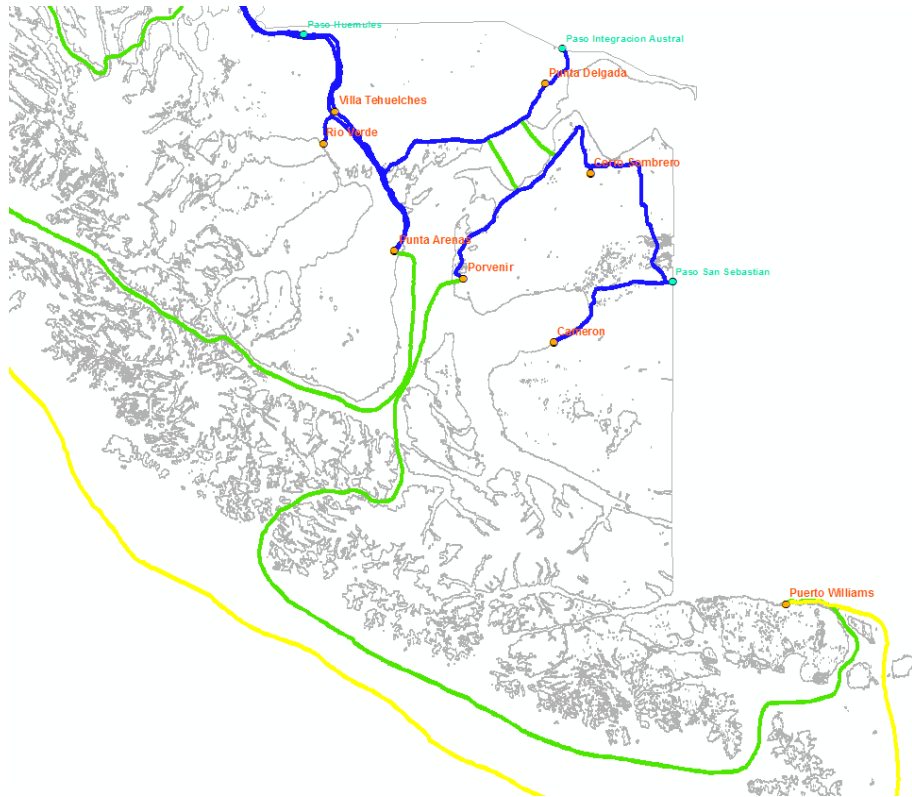


Ilustración 51: Presentación en verde y amarillo del tendido de fibra submarino a considerar.

Microondas

En las zonas en que la densidad poblacional es baja y en que no existe opción de llegar a través de caminos, se ha optado por la utilización de enlaces microondas.

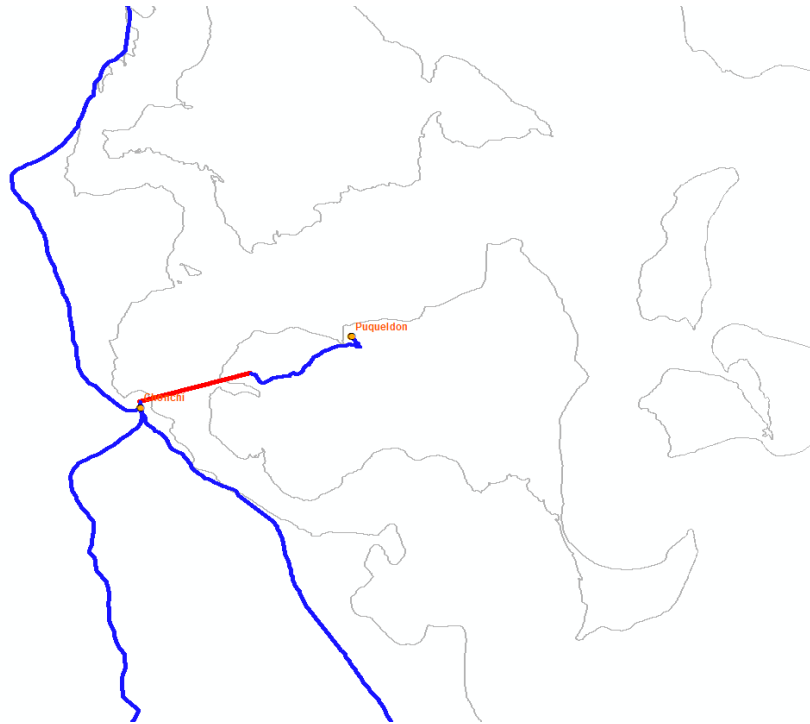


Ilustración 52: Presentación en color rojo de los enlaces microondas a considerar.

Dado lo anterior, se adjuntan los archivos correspondientes de POIT/R, CDN y TRIOT, en formato ArcGis, nativo (no exportado), teniendo sus archivos extensión .dbf, .sbn, .sbx, .shx, prj y .shp.

Sin perjuicio de lo señalado en el párrafo anterior, para formarse una idea más general de la topología de la red, se presentan a continuación las siguientes figuras que muestran el trazado completo de la TNIT a nivel nacional:

Tramo Arica – Tal Tal.



Ilustración 53: Tramo TNIT Arica - Tal Tal

Tramo Tal Tal – Con Con

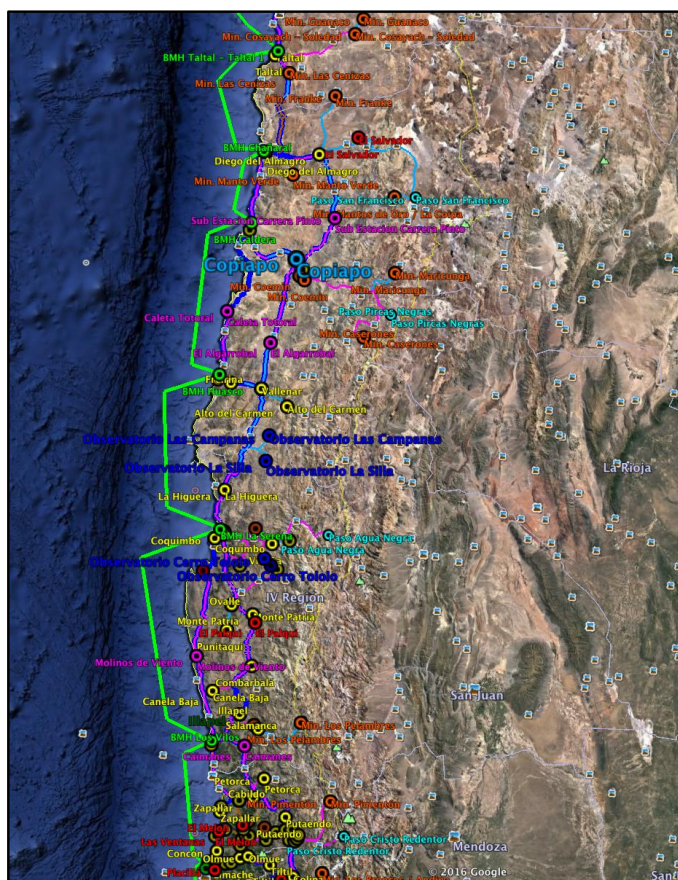


Ilustración 54: Tramo TNIT Tal Tal - Con Con

210

Tramo La Junta – Puerto Williams:

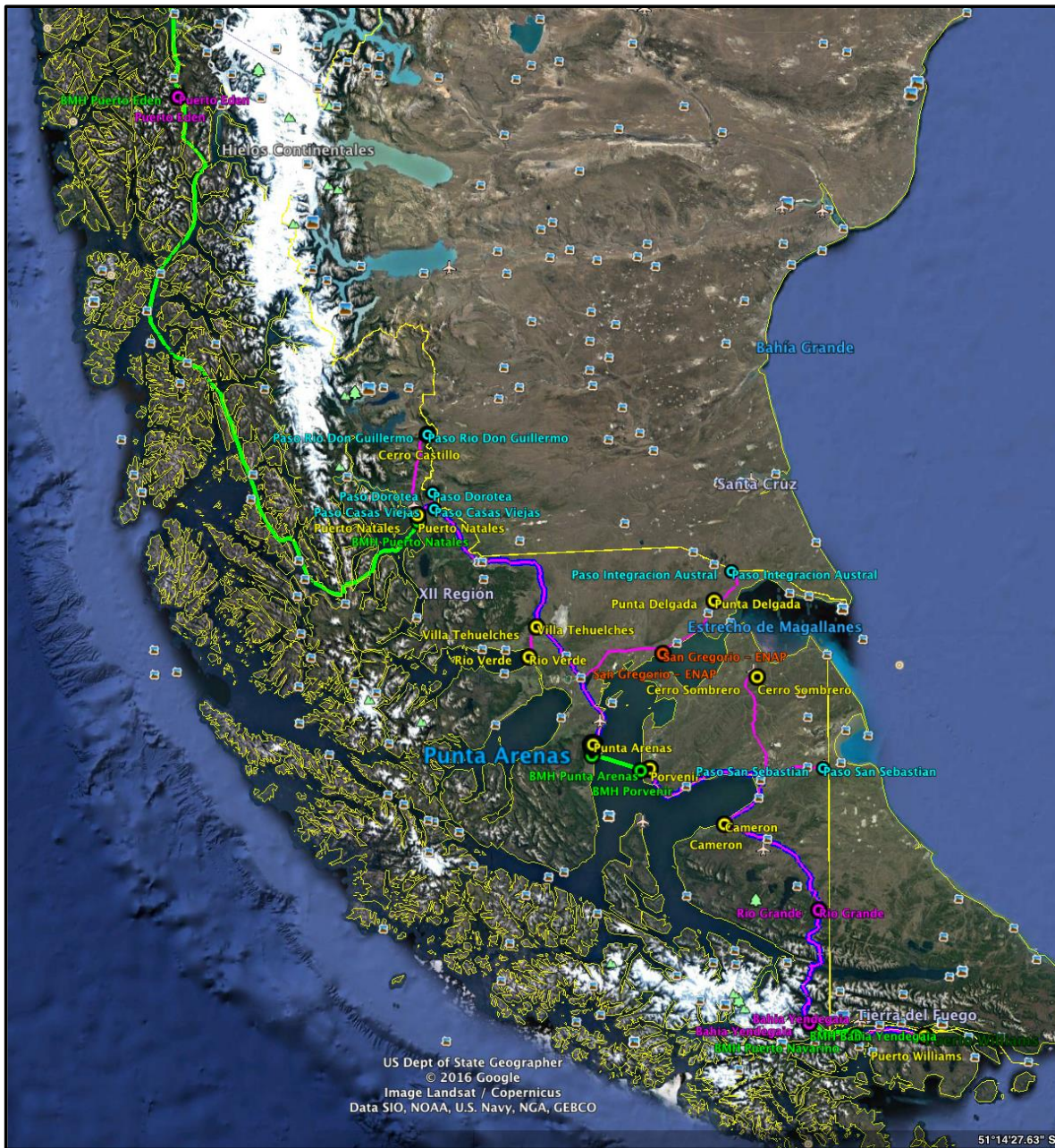


Ilustración 56: Tramo TNIT La Junta - Puerto Williams

6.3. CAPEX/OPEX consolidado

A continuación se presenta los resultados de agregar los costos de inversión: de los tendidos submarinos, terrestre costero y terrestre interior, nodos y obras asociadas a la red troncal; de los tendidos asociados a los anillos sub troncales, equipos y obras civiles asociadas; de los tendidos, equipos y obras asociadas a los nodos que tributan en los nodos troncales y sub troncales; y de los data centers definidos.

Item	Cantidad	Unidad	Unitario US\$	Valor Total US\$
Terrenos	423	Sitios	16.029	6.780.449
Obras Civiles, Climatización y Fuerza	423	Sitios	119.091	50.375.460
Equipos de Red Troncal	62	Nodos	885.110	54.876.800
Equipos de Red Subtroncal	241	Nodos	59.783	14.407.800
Equipos de Acceso Directo	106	Nodos	32.452	3.439.950
Amplificadores Ópticos LA	54	Nodos	15.000	810.000
Instalación Equipos de Red y Puesta en Marcha	463	Nodos	23.758	11.000.000
Fibra Óptica Terrestre Soterrada	12.711	Kms	28.350	360.356.850
Fibra Óptica Terrestre Aérea	7.342	Kms	22.050	161.891.100
Modernización de la Red	463	Nodos	182.580	84.534.550
Fibra Óptica Submarina Arica a Caremapu	3.461	Kms	31.286	108.280.846
Fibra Óptica Submarina Puerto Montt a Puerto Williams	966	Kms	34.463	33.291.224
Sitios de Microondas	4	Sitios	300.000	1.200.000
Datacenter	1.500	m2	50.000	75.000.000
Repuestos	463	Nodos	5% Equipos y Cable	19.174.409
Instrumental	15	Regiones	250.000	3.750.000
Imprevistos	na	na	2% Proyecto	19.624.788
			TOTAL	1.008.794.226

Tabla 20 Capex consolidado

6.4. O&M consolidado

Por el lado de los gastos, abajo se presenta los resultados de agregar los costos de operación y mantención: de los tendidos submarinos, terrestre costero y terrestre interior, de los nodos y de mantener obras asociadas a la red troncal; de los tendidos asociados a los anillos sub troncales, de los equipos y de mantener las obras civiles asociadas; de los tendidos, de los equipos y de mantener obras asociadas a los nodos que tributan en los nodos troncales y sub troncales; y de los data centers definidos.

Item	Concepto	US\$/Año
1	Costo Recursos Humanos	12.985.385
2	Costo Mantenimiento Obras Civiles Climatización y Fuerza	2.857.795
3	Costo Mantenimiento Fibra Óptica Troncal	2.265.639
4	Costo de Mantenimiento Electrónica de Transmisión	4.226.728
5	Costo de Energía Eléctrica	2.716.111
6	Arriendo Oficinas, Camionetas y Combustible	687.018
7	Energía de Operación Datacenter	6.900.000
8	Otros	3.563.868
TOTAL		39.202.543

Tabla 21 OpeX consolidado

7. Conclusiones y recomendaciones

7.1. Relativas al diseño de la TNIT

Se advierte de los análisis realizados, que la construcción de la TNIT, es necesaria y se justifica plenamente dado que las actuales redes comerciales, se encuentran concentradas en el 23% de las ciudades que agrupan el 80% de la población y por lo tanto de la demanda.

De esta forma queda sobre un 75% de las localidades a ser atendidas. Resulta poco factible esperar que dicha población sea servida por proyectos únicamente privados.

Esta red, adicionalmente, proveería cobertura de servicios de alta calidad 409 localidades, eliminando una barrera de entrada (que es la capacidad de transporte nacional), para ofrecer servicio en estas localidades no cubiertas y, asimismo, abrir la competencia en el acceso al 80% de la población cubierta tradicionalmente por las redes comerciales. Ahí se debería esperar un efecto de baja en los precios por mayor competencia, lo que estimularía una mayor penetración de la banda ancha fija.

A la fecha del estudio, se advierte que el proyecto de la TNIT, es factible de ser implementado técnicamente ya que existe la tecnología y puede conseguirse a costos razonables, dada la positiva evolución que el país ha tenido en materia vial.

Dado el estado de las actuales redes, en términos de su antigüedad y vulnerabilidad, este proyecto es una iniciativa de importancia estratégica para el país, ya que no solo abre la competencia en la capa de transporte, sino que permite una red de telecomunicaciones más apropiada a las características de su naturaleza, marcada por desastres naturales.

Dada la baja en los costos que ha presentado la fibra óptica y la existencia de caminos, resulta económica y técnicamente atractivo, conectar la mayor cantidad de localidades con esta tecnología. La fibra óptica es pasiva y solo requiere energía en sus extremos para la electrónica que la ilumina. Esto es competitivo con soluciones de microondas que son caras en términos de la obra civil, tendido eléctricos y provee una capacidad, distancia y calidad inferior.

La virtualización de redes y el cloud computing, han pasado a convertirse en una solución altamente atractiva, ya que permiten gran densidad de capacidad de cómputo y almacenamiento, lo que puede representar una enorme eficiencia para el estado y también una solución para la incorporación al mundo digital de zonas aisladas que habitualmente presentan problemas en sus equipos terminales y cuyos usuarios carecen del conocimiento apropiado para su corrección.

Los beneficios de estas inversiones, ya sean pública, privadas o mixtas, se reflejan en el mediano plazo en una mayor productividad de las personas y de la industria nacional. Asimismo, llevar las telecomunicaciones a zonas habitualmente aisladas y territorialmente extensas, que puede contar con un mejor apalancamiento para su plusvalía y desarrollo.

También es importante recalcar, que esta iniciativa, propuesta adecuadamente a los principales operadores actuales, puede contar con su colaboración dada la necesidad que ellos tienen de modernizar sus redes. Una adecuada colaboración público privada, en esta materia, implicaría que resulte factible la implementación de la TNIT, con desembolsos del estado inferiores a los del valor del proyecto.

Por su parte el tráfico de datos, es fundamentalmente tráfico de acceso a Internet, el cual mayoritariamente es internacional, y teniendo presente que Santiago en la región metropolitana es donde se conecta a los cables internacionales, en general el tráfico de regiones fluye de norte a Santiago y del sur a Santiago. Este hecho hace que Santiago además de concentrar su tráfico propio, concentre el resto del tráfico nacional.

La red propuesta puede alcanzar la demanda proyectada a 10 años, al cabo de los cuales su electrónica deberá ser modernizada o ampliada para poder cubrir la demanda a 20 años. Se ha utilizado la tecnología más moderna disponible y con un grado de madurez razonable. Asimismo, las capacidades con que se ha equipado, están en línea con los estudios de demanda llevados a cabo por Subtel. La demanda a cubrir a 10 años es de 20 Tbps en la hora cargada, prácticamente aumentando por 10 la velocidad actual de conexión de los usuarios y cubriendo el 99% de los hogares del país.

La red ha quedado formada por tres rutas de fibra óptica: Una Submarina, tipo festón, otra terrestre por rutas costeras y una tercera más al interior, principalmente en las cercanías de la ruta 5. Esto permite conformar múltiples anillos, lo que sumado a la tecnología de transporte ROADM, puede dar un mucho mejor nivel de seguridad a las comunicaciones del país.

La red cubre de Visviri a Puerto Williams, y propone una solución para conectar Punta arenas de forma híbrida desde Puerto Montt. Este trazado es complementario al FOA y podría desarrollarse en paralelo, utilizando las rutas a través del territorio Argentino tan solo como respaldo por el tiempo que dure una eventual incidencia (las que puede extenderse de unas 8 horas para fallas en el tendido terrestre hasta 4 semanas para fallas en el tendido submarino).

La construcción de la red puede efectuarse llamando a una licitación nacional e internacional. Se recomienda que la construcción de la fibra óptica submarina y la electrónica tanto para iluminar la fibra submarina como la terrestre, sea asignada a un proveedor de cada especialidad. Esto por razones de costos y de interoperatividad. Sin embargo, los tendidos terrestres, las obras civiles de los POIIT y POIIT-R y toda la electrónica de clima y fuerza, pueden ser licitadas por sectores. En este caso se recomienda hacerlo por anillos troncales, subtroncales y zonas de acceso directo a la troncal, desde Santiago a los extremos del país en forma geográficamente continua.

En caso de que por razones estratégica se decidiera segmentar la red en diferentes operadores, se recomienda que la red sea dividida en tes: Arica - Santiago, Santiago – Valparaíso, Puerto Williams – Santiago.

Si bien los equipos de la TNIT, pueden llegar a procesar hasta 8,8 Tbps, la división de los tráficos provenientes del norte, sur y Santiago, es factible que estos equipos puedan cubrir apropiadamente la demanda. Si bien en algunos casos la demanda a 10 años supera levemente la capacidad de algunos de estos equipos, no se recomienda partir con ellos duplicados, por el tiempo que esta infraestructura quedará ociosa, en particular teniendo en consideración que la red ha sido diseñada para el 99% de penetración en los hogares y con una velocidad media de 43 Mbps para cada uno de ellos, simétrica y sin sobresuscripción.

Es necesario no perder de vista, que este diseño se ha conformado considerando un proyecto de reposición de toda la infraestructura. Siendo la realidad que los operadores existentes hoy cuentan con redes operativas, puede ser una buena oportunidad de establecer un acuerdo público privado que beneficie a todas las partes y a los usuarios finales.

Por último cabe hacer presente, que esta red soluciona solo el problema de la conectividad troncal del país. Siguen habiendo otros dos desafíos: La conectividad internacional y el acceso. Respecto de la conectividad internacional, no parece ser un escopo ni tecnológico ni de precio dada la actual oferta y la que se proyecta. La situación del acceso es diferente y amerita estudiarla en mayor detención, ya que este proyecto de nada serviría si no se fomenta una adecuada inversión y competencia en el acceso a los clientes finales.

Ahora bien, en cuanto a la TNIT Submarina, las Bases de la licitación del presente estudio establecen dos aspectos esenciales que impactan el diseño de cada una de las troncales de la TNIT.

En efecto, los requisitos que determinan por Bases troncales independientes entre sí y subdivididas en troncales zonales de infraestructura, condicionan directamente el desarrollo de los proyectos; siendo el primero de ellos de gran importancia técnica y práctica, mientras el segundo entrega el enfoque social y de país que tiene cada proyecto.

En ambos aspectos el diseño en festón de la TNIT Submarina propuesto cumple rigurosamente con lo requerido por SUBTEL; ello por cuanto puede ejecutarse de manera independiente y porque sus puntos de amarre se ubican en cada una de las regiones del país entre Arica y Puerto Montt, exceptuando como es obvio la Región Metropolitana.

No obstante, no sólo la arquitectura en festón de un sistema de cable submarino puede cumplir el requisito de generar troncales zonales de infraestructura óptica, la configuración "Trunk & Branch" también puede hacerlo. Sin embargo, esta última quedará limitada durante toda su vida útil a la capacidad inicial de su planta húmeda; por lo cual su diseño deberá contemplar desde el año cero una electrónica sumergida con capacidad de al menos 20 Tbps, encareciendo el valor del proyecto.

Con todo, resulta razonable que la licitación de la TNIT Submarina deje abierta la posibilidad que sea el oferente quien decida cual configuración escogerá como concesionario, entre festón y Trunk & Branch, para prestar servicios intermedios que

únicamente provean infraestructura física para telecomunicaciones. Lo anterior, por cuanto los precios bajos en el mercado de los sistemas submarinos están fuertemente vinculados a períodos de sobre stock de equipamiento, unidos a una baja demanda por la fabricación de cables y operaciones marítimas de instalación.

Otro aspecto en el cual se debe ser taxativo para el sistema festón es aquel que dice relación con las cualidades de la fibra óptica que se ofrezca para el proyecto. Si bien es cierto que para algunos bucles del festón de corto alcance sería perfectamente apropiada la fibra estándar G.652D, no es menos cierto que esta fibra es una limitante futura para la ampliación de capacidad de los bucles de longitud mayor. En efecto, en una industria que está migrando desde sistemas ultra densos de DWDM, subiendo de lambdas de 100 Gbps a lambdas de 400 Gbps, 500 Gbps y hasta incluso 1 Tbps, la fibra estándar G.652, por su bajo campo modal, será un obstáculo para una ampliación de capacidad por la vía del reemplazo de equipos terminales en el POITT.

Tal como se explicó en capítulos anteriores, el alcance que se puede obtener en la fibra es inversamente proporcional a la capacidad del enlace en número de λ 's de la DWDM y de la capacidad en cada una de las λ .

También es crítico para el alcance de un enlace la ganancia que otorga la amplificación; en especial la amplificación distribuida Raman, para la cual a mayor potencia en la longitud de onda de bombeo mayor la ganancia. Ahora bien, las fibras de mayor campo modal como la G.654 D aceptan mayor potencia que la fibra estándar y por lo tanto son las elegidas para los enlaces largos sin repetidores y de alta capacidad. Es por esto que la fibra G.654 D ha sido la escogida para la TNIT Sub con arquitectura de festón.

Otra materia que debe tenerse muy en cuenta dice relación con la conectividad internacional de la TNIT Sub, materia a la cual el estudio se refirió en extenso. No obstante conviene tener presente que los operadores de algún sistema internacional de cable submarino que llegue a Chile se moverán según su propio modelo de negocios, el cual es imposible de anticipar y para el cual tampoco resulta recomendable efectuar inversiones que luego no sean utilizadas. Este es el caso del hipotético cable de Chile a Nueva Zelandia, para el cual el operador de ese cable Transpacífico puede elegir para acceder a los nodos internacionales en Valparaíso y/o Santiago directamente la TNIT existente o contratar y equipar pares de fibra oscura en la TNIT Sub.

Sin embargo, también puede elegir llegar directamente a Valparaíso si esto se acomoda a su propio modelo de negocios, razón por la cual no resulta prudente diseñar sistemas en el país contemplando una hipótesis que los actores de la industria ni siquiera mencionan en los últimos años.

Se recomienda además aprovechar la presencia del buque cablero, ejecutando la instalación de la TNIT Sub entre Arica y Puerto Montt, para obtener los cruces cortos de la TNIT Terrestre; es decir, el cruce del Estuario de Reloncaví, el enlace de Hornopirén con Caleta Leptepu, el Cruce hacia Caleta Gonzalo y el cruce Punta Arenas a Porvenir. Los

tres primeros impulsarán la conectividad en fibra y la competencia desde la X Región a la Región de Aysén y el último instalará un nuevo “puente óptico” con la Tierra del Fuego.

Por último, resulta altamente recomendable que sea la SUBTEL quien tramite y obtenga todos los permisos, autorizaciones y destinaciones marítimas que permitan la concreción del proyecto de la TNIT Sub; incluyendo en estas las playas de amarre del cable y para facilitar las que se requieran para la operación del buque cablero en las aguas territoriales.

7.2. Relativas a modelos de negocio y regulación

En materia de modelos de negocio los escenarios esquina son: a) que el estado a través de la regulación continúe estimulando inversiones y siga velando por una sana y efectiva competencia, mantenga los precios bajo la ley de la oferta y demanda, en las zonas y segmentos rentables, y a través del ejercicio del rol subsidiario del estado se siga subsidiando el despliegue de redes de fibra óptica a través de programas del Fondo de Desarrollo de las Telecomunicaciones; y b) que el estado decida establecer el modelo de la banca en el sector de las telecomunicaciones, esto es, decida invertir y operar la TNIT e incorporarse como un actor más en el mercado de las telecomunicaciones con foco en el servicio mayoristas y atención mayorista y final de los sectores aislados, rurales y/o de menores ingresos

Teniendo presente que los niveles de inversión por habitante en el país no están muy alejados de los países de la OCDE, se podría descartar si existe algún tipo de distorsión de mercado y/o falta algún tipo de regulación que esté inhibiendo el despliegue de una TNIT como la buscada por la autoridad. En este sentido, es posible que la distorsión que provoca el subsidio a los terminales -del orden de USD 500 millones por año- sea un elemento que está inhibiendo la inversión en el servicio fijo de las operadoras integradas. Por ejemplo, si se elimina este tipo de distorsiones u otra de otro tipo, dado la historia del sector, junto con la necesidad de renovación de las redes, podría ser recomendable privilegiar plantear a la industria la necesidad de desplegar esta red y ver qué parte de la misma la industria podría hacerse cargo.

En este escenario, podría pronosticarse que en función de los niveles de inversión de las troncales submarina y terrestres y sobre la base de una regulación que otorgue acceso a operadores menores, podría interesarles a las operadoras relevantes del sector realizar la inversión y operación conjunta -por la eficiencia económica que produce- de la red troncal de la TNIT, y de las sub troncales que pasen por ciudades de población intermedia. Esto basado en la necesidad que actualmente tienen en renovar sus redes y mejorar el acceso en materia de conectividad en banda ancha en las ciudades que concentran la población nacional.

Es menos probable que los operadores relevantes se interesen -aunque sea a través de inversión conjunta- en el despliegue de las redes sub troncales que incluyen ciudades y/o localidades donde el balance disposición a pagar de la demanda versus los costos de inversión y operación resulten con rentabilidades negativas o menores al costo de

oportunidad que tiene. En estas redes sub troncales de nulo o bajo interés para los operadores interesados en operación conjunta, el estado podría destinar recursos fiscales para su despliegue a través del instrumento que históricamente ha utilizado, esto es, el FDT.

En este escenario, es posible que la parte submarina de la troncal sea un elemento de discordia, y que finalmente la deba terminar financiando el estado, pues debiera ser la parte de la red troncal menos atractiva para los operadores locales, puesto que a diferencia de las troncales terrestres no pasa por centros de demanda de ciudades intermedia cómo si lo hace las troncales terrestres. En este sentido, es posible que al estado le convenga establecer como condición de borde el despliegue de esta troncal y una troncal terrestre, y desarrollar la tercera troncal terrestre, por ejemplo, sobre la base de subsidios vía FDT. No obstante esto, sin duda el primer mejor es que la autorización de inversión conjunta aborde la red troncal en todas sus partes, esto es, la troncal submarina y las dos troncales terrestres.

Las eficiencias que agrega la autorización de inversión conjunta, se pueden estimular aún más con la actuación activa del estado en materia de eliminación del subsidio a los terminales móviles, pues como se señaló se elimina una distorsión que muy probablemente está afectando la inversión en red en el sector.

En el caso que el estado vea como un elemento prioritario y urgente disponer cuanto antes de la TNIT operativa, ya sea por el aumento en el crecimiento que estudios asocian con mayores grados de digitalización, por la ventaja competitiva como país que esta infraestructura provoque o cualquier otro elemento que justifique una inversión estatal por sobre la requerida por los sectores no rentables, es posible seguir dos opciones. La primera en que el estado por ejemplo establezca una o más zonas económicas y adjudique los fondos para el despliegue de la TNIT a través de concursos públicos, y la segunda opción en que derechamente el estado decida incorporarse como un actor al mercado de las telecomunicaciones de banda ancha fija en el país.

El diseño de la cantidad y extensión de las zonas económicas a concesionar, está muy relacionado con el tipo de empresas que el estado quiere se desarrollen, a modo de ejemplo, si el estado decide licitar la TNIT a una única empresa, sin duda simplificará el proceso de licitación, pero como contrapartida tendrá que fiscalizar una concesionaria de significancia sectorial. En el otro extremo, si por ejemplo se definen zonas económicas, cada una con sus correspondientes contraprestaciones, donde una empresa no pueda adjudicarse más de una zona económica, se podrá construir la TNIT. Este escenario importa una mayor complejidad en materia de adjudicar y administrar concesionarios, pero como contrapartida se crea concesionarias zonales con menor poder de negociación que concesionarias nacionales. Este modelo permite que los concesionarios puedan desplegar la parte de la red troncal y de las subredes troncales íntegramente, esto es, la parte submarina, terrestre y las sub troncales rentables y no rentables, obteniendo ingresos de los centros de demanda rentables e ingresos fiscales correspondiente a los subsidios que complementen los ingresos de las zonas no rentables.

La imposibilidad de incorporar a los privados, por el desinterés y/o las bajas rentabilidades que adviertan o cualquier otro motivo, y la prioridad e importancia estratégica de digitalizar el país que vea el estado, sin duda justifica el ingreso de éste a la industria de banda ancha fija. En este escenario, es importante tener en cuenta que el estado competirá con las actuales operadoras, luego su pronóstico de market share debe restringirse. En este escenario, puede resultar relevante el auto suministro de servicios de banda ancha fija a las reparticiones del estado, municipios, etc. De manera que estos servicios ayuden a financiar la operación de este actor estatal.

En materia regulatoria, los escenarios de modelos de negocio esquina, equivalen por una parte a: establecer las condiciones que deben cumplir los operadores relevantes que decidan invertir en el despliegue de parte de las redes troncales de la TNIT en forma conjunta y las condiciones en materia de acceso y precios mayoristas que deben cumplir, también es necesario definir las regulaciones, proceso concursal y programa de licitaciones de redes de fibra óptica provinciales, comunales y otras para desplegar las partes de desinterés de los operadores relevantes de desarrollar sobre la base de inversiones conjuntas. Para el otro escenario esquina, probablemente una modificación legal legitime la incorporación del estado como un nuevo actor del sector, aunque si hay empresas del estado que estén habilitadas -como podría ser TVN- también es un camino que podría ayudar a avanzar en esta línea de trabajo.

Los escenarios de negocios intermedios, en principio no requieren mucha innovación legal o regulatoria, pues se realizarían sobre la base del actual FDT, si exigen innovación en materia de especificación de las obligaciones que se impondrán en las bases, pues es necesario que las concesionarias se interconecten entre sí, tengan obligaciones mayoristas preestablecidas, tengan las correspondientes contraprestaciones que permitan desplegar la parte submarina de la red troncal, así como también las sub redes troncales no rentables, el establecimiento de SLA's, y de obligación de información que facilite la fiscalización preventiva y correctiva del concesionario adjudicatario, entre otros.

8. Anexos

En principio los anexos relativos al diseño, tanto de la troncal submarina como de la troncal terrestre, CDN y TNIT, contendrán la información de detalle que se recopile y se produzca relativo a demanda que soportará, condiciones geográficas que condicionan su diseño, cálculo de radioenlaces que fuesen necesarios realizar, información de equipos e infraestructura y memorias de cálculo que requieran la determinación de actividades de operación, mantenimiento y determinación de los costos de inversión y operación, así como el detalle de los resultados del diseño, contenidos que además se complementan con los archivos que se adjuntan a este informe, en medio de almacenamiento magnético, y que son parte integrante de esta consultoría.

8.1. Anexo- Archivo Topología_28.xlsx

En el archivo de la referencia, se incluye la siguiente información de detalle:

- a) Demanda de Hogares.
- b) Demanda de Municipalidades.
- c) Topología Completa de la TNIT.
- d) Topología de la Red Troncal.
- e) Tráfico por Nodos.
- f) Resumen Necesidad de Equipos Red Subtroncal y Acceso Directo.
- g) Resumen Necesidad de Equipos Red Troncal.
- h) Estandarización de Equipos Necesitados Red Troncal.
- i) Estandarización de Equipos Necesitados Red Subtroncal y Acceso Directo.
- j) Resumen Requerimiento de Equipos.
- k) Capex: Iversiones detalladas de la TNIT
- l) Opex: Detalle del Opex y de Recursos Humanos Necesarios.
- m) Carta Gantt de Implementación del Proyecto.
- n) Resumen de Vidas Útiles de Principales Activos de la TNIT.



Topologia_28.xlsx

8.2. Anexo – Equipamiento de Transmisión Nokia Considerado en el Diseño.

Se incluyen los catálogos de los equipos de transmisión Nokia, considerados en el diseño, en los siguientes archivos:

a) 1830PSS-4-8-16-32_datasheet.pdf



b) 1830PSS-36-64_datasheet.pdf



8.3. Anexo – Obras Civiles, Clima y Fuerza

En los archivos que se describen a continuación, se incluye la información de detalle del diseño de las obras civiles, clima y fuerza, contemplados en el diseño de la TNIT:

a) 08 Luminaria Eaton.pdf: Luminarias utilizadas en los nodos de la TNIT



b) 30-220 kVA CAL CALG Enclosure(GB)(0414).pdf: Catálogo sistema de isonorización



de grupos electrógenos de 30 KVA.

c) 90007-1-M-01.1.pdf: Plano shelter para red nodo troncal submarina y terrestre.



d) 90007-1-M-01.2.pdf: Plano shelter para red nodo troncal terrestre.



e) 90007-1-M-01.3.pdf: Plano shelter para red subtronal, de acceso directo y repetidores.



90007-1-M-01.3.pdf

f) CRAS Consulting Group-Layout1.pdf: Incluye los planos del emplazamiento de un nodo



CRAS Consulting
Group-Layout1.pdf

de la TNIT.

g) CSM010-2017 Propuesta Comercial CRS Consulting Group rev00 27-03- 2017.pdf: Incluye propuesta comercial de Eaton Power por obras civiles, clima y fuerza.



CSM010-2017
Propuesta Comercia

h) DIS_NON_STRUCTRUAL_12_FEB.pdf: Incluye catálogo de aisladores sísmicos para



DIS_NON_STRUCTR
UAL_12_FEB.pdf

nodos de la TNIT.

i) fr1200.pdf: Contiene catálogo de lectro biométrico para apertura de puestas de nodos



fr1200.pdf

de la TNIT.

j) Fuentes DC CatEMEADec2016_A1.994.pdf: Catálogos de fuentes de poder de -48



Fuentes DC
CatEMEADec2016_A1

VDC.

k) GESTION EATON POWERMANAGER II_Avifo.pdf: Catálogo y aplicaciones sistema



GESTION EATON
POWERMANAGER II

de gestión remota de nodos.

l) Hoja de Datos Shelter TELECOM Rev B_27-03-17.pdf: Hoja de datos de Shelter para



Hoja de Datos
Shelter TELECOM Re

equipos de la TNIT.

m) P33-3-P33-3(4PP)GB(0813) - P33-3(4PP)GB(0813).pdf: Catálogo grupo electrógeno



P33-3-P33-3(4PP)GB(0813) - P33-3(4PP)GB

30 KVA.

n) P56-1.pdf: Catálogo grupo electrógeno 50 KVA.



P56-1.pdf

o) Power Xpert Modular - Telecom (27-03-2017).pdf: Catálogo shelters.



Power Xpert
Modular - Telecom (

p) PowerSafe-SBS-Performance-Specs pdf.pdf: Catálogo bancos de baterías.



PowerSafe-SBS-Perf
ormance-Specs pdf. |

q) SAP56-1.pdf: Catálogo sistema de isonorización de grupos electrógenos de 50 KVA.



SAP56-1.pdf

r) Two_Post_Rack_BR159003EN_0814_LR.925.pdf: Catálogos de Racks.



Two_Post_Rack_BR1
59003EN_0814_LR.92

s) ZK INBIO 460.pdf: Catálogo de sistema de control de acceso remoto a nodos de la



ZK INBIO 460.pdf

TNIT.

8.4. Anexo – Tendidos Fibra Óptica Terrestre y Submarina:

- a) TNIT v99.kmz: Contiene todos los trazados de cada uno de los tendidos de fibra óptica de la TNIT, los que se pueden visualizar en Google Earth.



TNIT v99.kmz

- b) Trazados por Tipo y Provincia 99_15.xlsx: Contiene la información de detalle de cada uno de los 720 trazados de fibra óptica que contiene la TNIT.

Trazados por Tipo y
Provincia 99_15.xlsx

8.5. Anexo – Nodos de la TNIT:

- a) Nodos por Comuna 99_10.xlsx: Contiene la información de detalle de cada uno de los nodos de la TNIT.

Nodos por Comuna
99_10.xlsx

8.6. Anexo – Archivos Shape:

- b) Data Center
- c) Enlaces MMOO
- d) Fibra Submarina
- e) Fibra Terrestre

8.7. Anexo - Usos y disponibilidad local de frecuencias

8.7.1. Frecuencias internacionalmente utilizadas para implementar y operar POITT-R

El espectro radioeléctrico es un bien limitado en términos de recursos disponibles y por tanto, las bandas de frecuencias a nivel mundial se han mantenido iguales desde hace ya varios años y sólo ha ido incorporándose el espectro en banda milimétrica por sobre los 30 GHz, pero que por condiciones de propagación se utilizan solo en saltos de muy poca distancia (bajo los 5 kms), pero que han permitido mejorar las condiciones de conectividad en zonas urbanas densas y menos densas, las que mayoritariamente sirven

para sistemas de despliegue celular en aplicaciones móviles. No obstante lo anterior, son buenas alternativas tecnológicas para saltos cortos (menores a 5 kilómetros) donde se requiere alta capacidad y condiciones de anchos de banda radioeléctricos especiales.

El organismo rector a nivel mundial sigue siendo la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones), quienes continuamente generan recomendaciones para las diferentes regiones del mundo, la que establece criterios técnicos de emisiones, bandas, canales, etc., que permiten ordenar el uso de las mismas y generan a su vez la competencia de los diferentes vendedores por entregar alternativas tecnológicas que se adecúen a la demanda actual.

Nuestro país, ha adoptado generalmente las recomendaciones de la UIT por lo que es posible de esta manera poder establecer un criterio regulatorio y normativo estable y permanente en el tiempo, donde las políticas en el sector se pueden proyectar en el tiempo como es el caso de este estudio, pudiendo actualizarse sin riesgos mayores al diseño de las políticas públicas.

Para el caso de los saltos de POITT-R, la UIT determinó las características generales de las diferentes bandas de frecuencias para el uso del servicio fijo, las que se reflejan en la recomendación R-REC-F746 y que es la adoptada en nuestro país para las autorizaciones de los actuales enlaces de radio.

La tabla a continuación es un resumen de las bandas antes mencionadas y que permiten diseñar la solución de POITT-R, de acuerdo a los objetivos del trabajo encomendado, esto es determinar la mejor opción para la transmisión de altas transferencias de datos, por lo que la factibilidad del uso de Fibra óptica es preferente dentro del diseño y en casos específicos, donde esta tecnología no sea posible de emplear, ya sea por condiciones físicas, densidad de tráfico o de costos, se utilizarán radioenlaces de la capacidad adecuada a la demanda proyectada,

Tabla 22: Recomendación ITU de Bandas de Frecuencias

Banda (GHz)	Rango de Frecuencia (GHz)	Recomendación ITU-R Serie F	Separaciones de Canal (MHz)
18	17.7-19.7	595	220; 110; 55; 27.5
	17.7-21.2	595, Anexo 1	160
	17.7-19.7	595, Anexo 2	220; 80; 40; 20; 10; 6
	17.7-19.7	595, Anexo 3	3.5
	17.7-19.7	595, Anexo 4	27.5; 13.75; 7.5; 5; 2.5; 1.25
	17.7-19.7	595, Anexo 5	7; 3.5; 1.75
23	21.2-23.6	637	3.5; 2.5 (patterns)
	21.2-23.6	637, Anexo 1	112 to 3.5

	21.2-23.6	637, Anexo 2	28; 3.5
	21.2-23.6	637, Anexo 3	112 to 3.5
	21.2-23.6	637, Anexo 4	50
	21.2-23.6	637, Anexo 5	112 to 3.5
	22.0-23.6	637, Anexo 1	112 to 3.5
27	24.25-25.25	748	3.5; 2.5 (patterns)
	24.25-25.25	748, Anexo 3	40(1)
	25.25-27.5	748	3.5; 2.5 (patterns)
	25.27-26.98	748, Anexo 3	60(1)
	24.5-26.5	748, Anexo 1	112 to 3.5
	27.5-29.5	748	3.5; 2.5 (patterns)
	27.5-29.5	748, Anexo 2	112 to 3.5
31	31.0-31.3	746, Anexo 7	25; 50
32	31.8-33.4	1520, Anexo 1	3.5; 7; 14; 28; 56
38	36.0-40.5	749	3.5; 2.5 (patterns)
	36.0-37.0	749, Anexo 2	112 to 3.5
	37.0-39.5	749, Anexo 1	140; 56; 28; 14; 7; 3.5
	38.6-39.48	749, Anexo 2	60(1)
	38.6-40.0	749, Anexo 2	50(1)
	39.5-40.5	749, Anexo 3	112 to 3.5
52	51.4-52.6	1496, Anexo 1	56; 28; 14
57	55.78-57.0	1497, Anexo 1	56; 28; 14
	57.0-59.0	1497, Anexo 2	100; 50

(1) ancho del Bloque de Frecuencias (fuente Rec-F746 UIT)

La tabla 16 muestra los rangos sobre 18 GHz ya que se estima que serán estas bandas para enlaces cortos y medios las que se utilizarán en el estudio, no obstante de la posibilidad de emplear enlaces de mayor distancia (menores frecuencias) una alternativa en casos específicos.

La ilustración 66 muestra para una zona con una atenuación por lluvia de 70 mm/h, la ganancia del sistema y la distancia máxima a lograr en el enlace, a diferentes frecuencias.

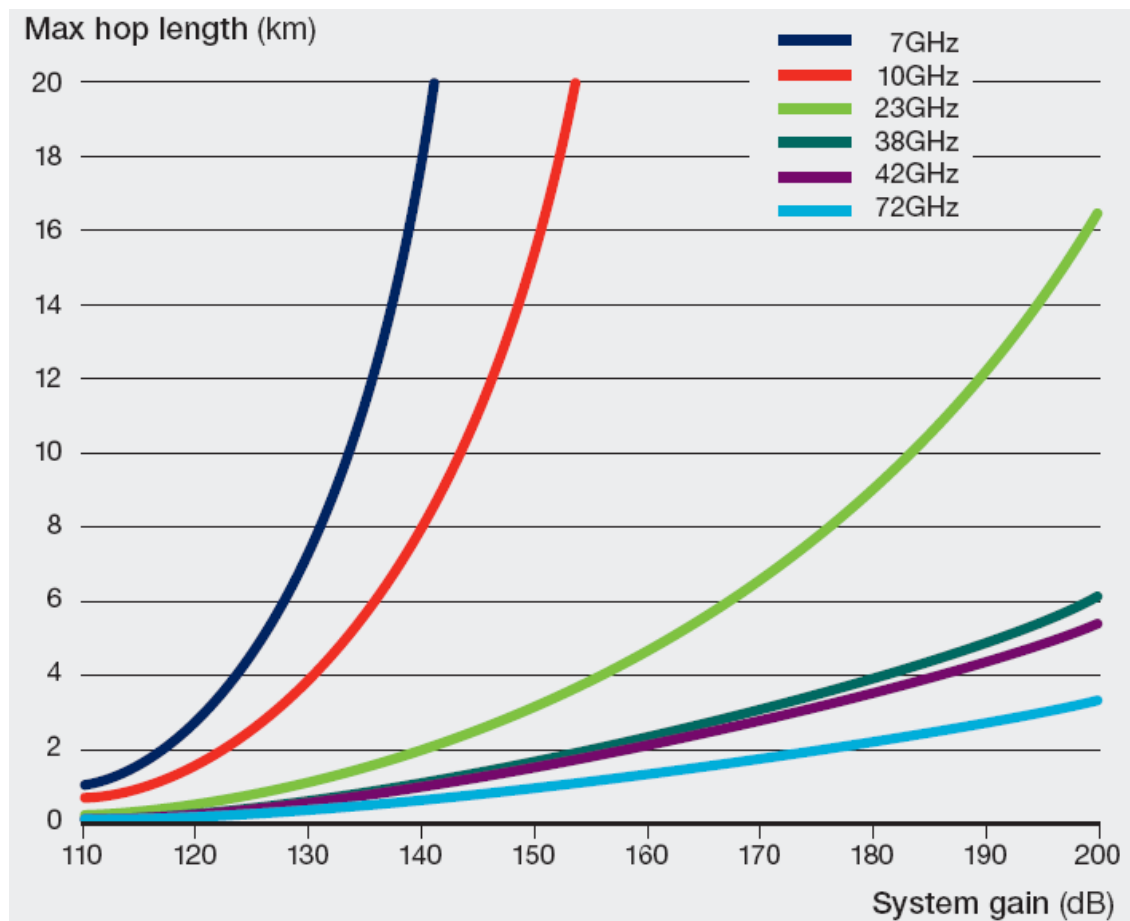


Ilustración 57: Calidad del salto v/s distancia y Frecuencias (Fuente Ericsson)

De esta forma es posible entonces definir a priori la mejor banda de frecuencias basado en la distancia del enlace requerido y la ganancia del sistema necesario para poder aceptar márgenes de desvanecimiento ante atenuaciones por lluvias de 70mm/h (a mayor frecuencia mayor es la atenuación lo que requiere un enlace de mayor ganancia para superarlo). Las curvas se obtienen siguiendo el método de cálculo definido por la recomendación ITU-R P.530-13

Otro aspecto importante a considerar, son las capacidades de transmisión de datos posibles de lograr hoy en día y que determinarán la solución final en el caso que se requiera.

La Figura 2 muestra las capacidades posibles de obtener, según el tipo de modulación empleada y el ancho de canal requerido para otorgarla.

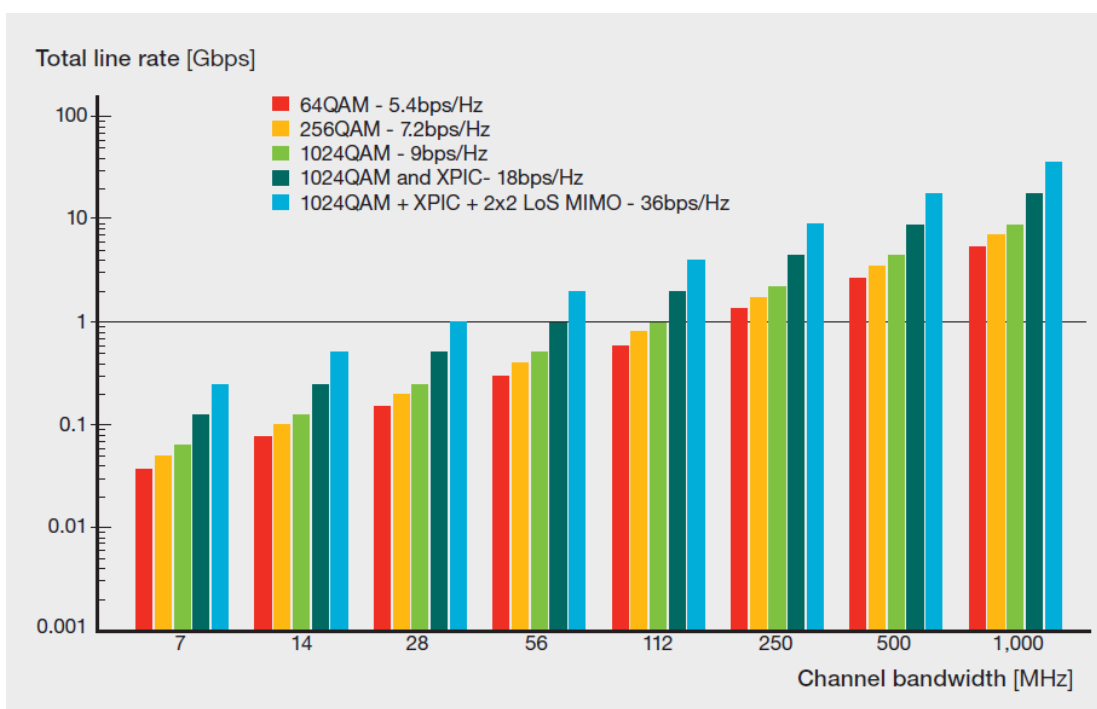


Ilustración 58: Capacidad según modulación y ancho de canal (Fuente Ericsson).

Por lo tanto los nuevos desarrollos tecnológicos permiten de este modo lograr mayores capacidades de canal, permitiendo mejorar la densidad espectral medida en bps/Hertz desde los 5,4 bps/Hz con modulación 64QAM hasta 36 bps/Hz con 1024QAM para una capacidad de tráfico de sobre 1 Gbps, aunque ya se habla de 2048QAM en etapas de producción aún a bajo nivel.

No obstante, es importante tener claridad que los requisitos de los enlaces para poder lograr mayores distancias a esas capacidades se requiere emplear otras técnicas de antenas como es el caso de MIMO (multiple input – multiple output), multiplex e la polarización, ya que con sistemas del tipo HUB es posible, sumando anchos de banda de enlaces en diferentes bandas o frecuencias, aumentar las tasas de transferencia de datos, logrando varios Gbps, para acomodarse a la demanda y además, hacerla crecer en el tiempo.

Lo anterior dependerá del grado de congestión del espectro en la zona, que finalmente definirá el diseño final.

8.7.2. Frecuencias disponibles a nivel local para implementar y operar POITT-R

Para el caso de Chile, la Subsecretaría de Telecomunicaciones emplea la canalización y recomendaciones de la UIT para la asignación de frecuencias para enlaces punto a punto que se emplean en las bandas de microondas antes mencionadas.

Debido a que antes de la llegada de la fibra óptica al país, los enlaces de larga distancia para uso telefónico, emplearon estas bandas de frecuencias para enlaces de largo, medio y corta distancia, muchos de los canales de microondas se asignaron a las operadoras y a las instituciones de la defensa, por lo que el espectro quedó bastante utilizado. Posteriormente, con la llegada de los servicios móviles, el espectro de microondas se ha vuelto bastante congestionado, pero principalmente en zonas urbanas y suburbanas del país.

Para el presente proyecto, la conectividad principal se encuentra dada por los saltos de fibra óptica, por lo tanto, los enlaces posibles de microondas se relegarán principalmente a zonas urbanas o suburbanas de baja densidad poblacional o aquellas donde la fibra no sea posible de implementar a valores razonables. No obstante es una solución viable en zonas de escaso desarrollo de infraestructura de telecomunicaciones, donde las bandas de frecuencias se encuentran disponibles y sea posible utilizar anchos de banda de canal tan grandes como lo permita la norma, es decir de 28 y 56 MHz y así obtener mayores capacidades de tráfico.

Por lo anterior, existe espacio posible para poder utilizar enlaces radiales de alta capacidad para esas zonas, los cuales serán sugeridos para que Subtel pueda definir la factibilidad final de su implementación y por tanto se podrán establecer rutas convenientes para ello, a menos de que sea posible contar con la base de datos de las autorizaciones con sus respectivas frecuencias, ubicaciones y características técnicas otorgadas, de manera que el diseño de los enlaces correspondan a la realidad.

8.7.3. Detalle de eficiencia espectral de tecnologías comercialmente disponibles

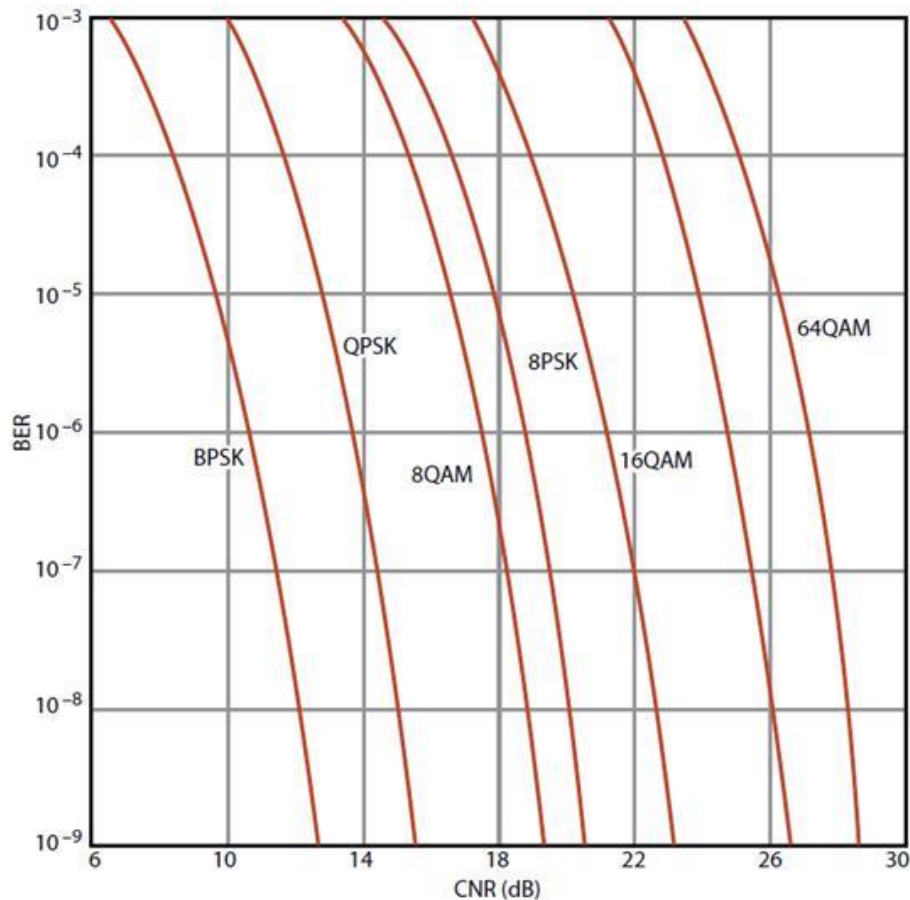
La eficiencia espectral es una medida de la rapidez con que los datos pueden transmitirse en un ancho de banda asignado, y la unidad de medida es bits / s / Hz (b / s / Hz). Cada tipo de modulación tiene una medida máxima de eficiencia espectral teórica (Tabla 16)

Tabla 23: Eficiencia Espectral.

TABLE 2: SPECTRAL EFFICIENCY FOR POPULAR DIGITAL MODULATION METHODS	
Type of modulation	Spectral efficiency (bits/s/Hz)
FSK	<1 (depends on modulation index)
GMSK	1.35
BPSK	1
QPSK	2
8PSK	3
16QAM	4
64QAM	6
OFDM	>10 (depends on the type of modulation and the number of subcarriers)

Asimismo, el SNR es otro factor importante que influye en la eficiencia espectral. También se puede expresar como la relación de potencia portadora / ruido (CNR). La medida es el BER para un valor CNR dado. BER es el porcentaje de errores que se producen en un número dado de bits transmitidos. A medida que el ruido se hace más grande en comparación con el nivel de señal, se producen más errores.

Algunos métodos de modulación son más inmunes al ruido que otros. Métodos de modulación de amplitud como ASK / OOK y QAM son mucho más susceptibles al ruido por lo que tienen un mayor BER para una determinada modulación. La modulación de fase y frecuencia (BPSK, FSK, etc.) soporta mejor un entorno ruidoso, por lo que requieren menos potencia de señal para un determinado nivel de ruido, de acuerdo a la siguiente figura:



7. This is a comparison of several popular modulation methods and their spectral efficiency expressed in terms of BER versus CNR. Note that for a given BER, a greater CNR is needed for the higher QAM levels.

Ilustración 59: Métodos de Modulación v/s tasa de error.

8.7.3.1. Otros Factores que Afectan la Eficiencia Espectral

Mientras que la modulación juega un papel clave en la eficiencia espectral que puede esperar, otros aspectos en el diseño inalámbrico influyen también. Por ejemplo, el uso de técnicas de corrección de errores hacia adelante (FEC) puede mejorar en gran medida el BER. Tales métodos de codificación agregan bits extra para que los errores puedan ser detectados y corregidos.

Estos bits adicionales de codificación agregan sobrecarga a la señal, reduciendo la tasa de bits neto de los datos, pero eso es generalmente una compensación aceptable para la mejora de dB de un solo dígito en CNR. Esta ganancia de codificación es común a casi todos los sistemas inalámbricos actuales.

8.7.4. Detalle de análisis de ventajas / desventajas de tecnologías disponibles

Hoy en día las actuales tecnologías para transmisión de grandes cantidades de información son las conocidas como modulación alto nivel que emplean amplitud modulada en cuadratura (QAM por sus siglas en inglés), con una alta eficiencia en bps/hz, como se determinó anteriormente.

8.7.4.1. Ventajas de QAM sobre otros tipos de modulación

Las siguientes son las ventajas de la modulación QAM:

- Ayuda a lograr una velocidad de datos alta, ya que un número mayor de bits son transportados por una sola portadora. Debido a esto se ha vuelto popular en el moderno sistema de comunicación inalámbrica, como WiMAX, LTE, LTE-Advanced, etc. También se utiliza en las últimas tecnologías WLAN como 802.11n 802.11 ac, 802.11 ad etc.

8.7.4.2. Desventajas de QAM sobre otros tipos de modulación

A continuación, se describen las desventajas de la modulación QAM:

- Aunque la velocidad de transmisión de datos se ha incrementado mediante la asignación de más de 1 bits en una sola portadora, requiere una alta SNR (relación señal a ruido) para decodificar los bits en el receptor.
- Necesita una PA lineal (amplificador de potencia) altamente lineal en el transmisor.
- Además de la alta SNR, las técnicas de modulación más altas necesitan algoritmos frontales muy robustos (tiempo, frecuencia y canal) para decodificar los símbolos sin ningún error, por lo que la sincronización es clave en esta tecnología.

8.7.5. Soluciones POITT-R en el Diseño

Dentro del diseño de la solución global, sólo se emplearán dos saltos de radiofrecuencias que utilizan enlaces de microondas, esto debido a que en general se ha privilegiado el uso de la fibra óptica como la solución ideal debido a las altas capacidades de tráfico requeridas. De esta forma, los enlaces que se utilizarán corresponden a:

- Enlace Dalcahue – Quinchao, y
- Enlace Chonchi – Ichuac

Debido a las condiciones físicas (no es posible llevar vía caminos) y de tráfico requeridas. La tabla 17 muestra las comunas y densidades de población que se atenderán con esta solución

Tabla 24: Comunas y Densidades a Atender por Enlaces Radiales

IDENTIFICACIÓN				DEMOGRAFÍA	
Enlace	Región	Provincia	Comuna	Población	Hogares
Dalcahue-Quinchao	X	Chiloé	Quinchao	4.008	1.268
Dalcahue-Quinchao	X	Chiloé	Curaco de Velez	4.199	1.329
Dalcahue-Quinchao	X	Chiloé	Curaco de Velez	0	0
Dalcahue-Quinchao	X	Chiloé	Quinchao	7.984	2.527
Dalcahue-Quinchao	X	Chiloé	Quinchao	0	0
TOTAL				16.191	5.124
Chonchi-Ichuac	X	Chiloé	Puqueldón	3.986	1.261
Chonchi-Ichuac	X	Chiloé	Puqueldón	79	25
Chonchi-Ichuac	X	Chiloé	Puqueldón	0	0
		5km	TOTAL	4.065	1.286

De acuerdo al estudio llevado delante de las proyecciones de demanda de tráfico, la tabla 18 muestra la demanda proyectada a 10 años y que dichos enlaces deberán ser capaces de soportar.

Tabla 25: Densidades de Tráfico Proyectadas

IDENTIFICACIÓN				DEMOGRAFÍA		Demanda a 10 años en Gbps
Enlace	Región	Provincia	Comuna	Población	Hogares	
Dalcahue-Quinchao	X	Chiloé	Quinchao	4.008	1.268	3,677
Dalcahue-Quinchao	X	Chiloé	Curaco de Velez	4.199	1.329	3,854
Dalcahue-Quinchao	X	Chiloé	Curaco de Velez	0	0	-
Dalcahue-Quinchao	X	Chiloé	Quinchao	7.984	2.527	7,328
Dalcahue-Quinchao	X	Chiloé	Quinchao	0	0	-
TOTAL				16.191	5.124	14,860
Chonchi-Ichuac	X	Chiloé	Puqueldón	3.986	1.261	3.657
Chonchi-Ichuac	X	Chiloé	Puqueldón	79	25	73
Chonchi-Ichuac	X	Chiloé	Puqueldón	0	0	-
TOTAL				4.065	1.286	3,729

Se aprecia entonces el siguiente resumen para ambos enlaces:

Tabla 26: Resumen Enlace

Enlace	Distancia	Demanda a 10 años	Tipo Zona
Dalcahue-Quinchao	< a 1 Km	14,9 Gbps	Bajo desarrollo Infraestructura Telco (Rural)
Chonchi-Ichuac	< a 5 Km	3,8 Gbps	Bajo desarrollo Infraestructura Telco (Rural)

De esta forma, es posible acceder a soluciones de alto tráfico basados en microondas que permiten acceder a la demanda proyectada y que además tienen la modularidad necesaria para ir aumentando su capacidad en la medida del crecimiento real partiendo por alternativas disponibles en el mercado y que cumplen con la regulación vigente.

No obstante, la política pública debe considerar que para este caso, en enlaces de alta frecuencias (corto alcance como los aquí requeridos) se requiere contar con la mayor capacidad de ancho de banda de canal disponible y en este caso emplear canalización de 28 MHz y 56 MHz son las necesarias de considerar en el plan. Por otro lado, esta solución permite emplear antenas de alta ganancia, muy direccionales que por sus características permiten el reúso de frecuencias y su implementación en zonas de media y baja saturación sin gran dificultad

8.7.5.1. Características de los Radio Enlaces

En esta sección se detallan los cálculos y elementos utilizados para la determinación de los enlaces de micro ondas, en la banda de los 24Ghz y 38Ghz. Para ambos casos para la simulación de cálculo de radio enlace se utilizaron equipos FiberAir, los que se detallan en archivo adjunto. También se han realizado las consideraciones necesarias para soportar las de atenuaciones que genera la lluvia.

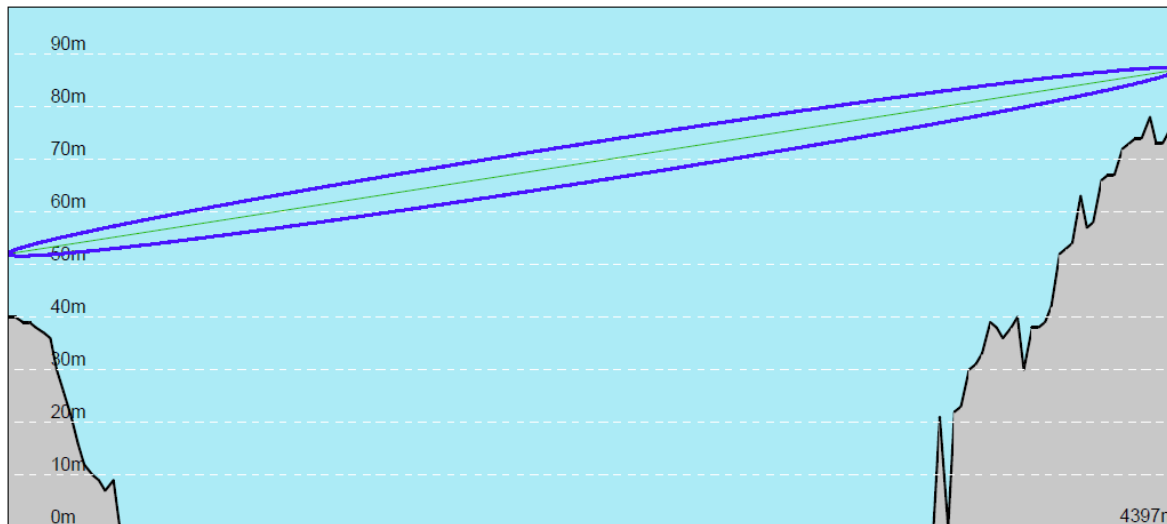
La arquitectura de diseño utilizada, permite un crecimiento escalable. Por lo que, no se requiere de la implementación completa, con toda las unidades de radio, quedando ésta determinada de acuerdo a demanda estimada de uso de acceso a internet, dimensionado para un crecimiento a 10 años.

8.7.5.1.1. Enlace 1 – Chonchi Sector Ichuac

- ✓ Entronque con la red: 2 x 10Gbps Fibra Óptica
- ✓ Frecuencia : 24GHz
- ✓ ODU: 8 unidades de radio
- ✓ Antena: 1 x 1.2m (Antena Commscope VHLPX4-46/C)
- ✓ Capacidad final enlace: 14,7 GBps

- ✓ Modulación = 1.024 QAM
- ✓ Canalización = 16 x 56Mhz
- ✓ Protección = 8 x 0

Se ha utilizado como referencia las características técnicas correspondientes al equipo FibeAir IP-20C del fabricante Ceragon. La imagen a continuación muestra el enlace resultante.



Tx: Chonchi

PATH:

Rx: Sector Ichuac

Address	Chonchi
Ident	
Info	
Site code	
DTM+clutter elevation	40.00 m
X	-73.46314
Y	-42.37135
H-angle	72.80 °
V-angle	0.44 °
Frequency	24000.00000 MHz V
Power - EIRP	18.00 dBm - 63.70 dBm
Height of antenna	12.00 m
Diameter	0.00 m
Tx gain	47.20 dB
Rx gain	47.20 dB
Boot cable - MW	0.00 m
Feeder	0.00 m
Boot cable - Antenna	0.00 m
Tx losses	1.50 dB

Distance, K (land/sea)	4.40, 8500/8500 km
PR (no rain)	-32.51 dBm
Margin 10-3/6 (no rain)	21.49 21.49 dB
Reliability 10-3 mp (WM)	99.99997 %
Reliability 10-3 rain (WM)	99.99530 %
Reliability 10-3 (WM)	99.99527 %
Reliability 10-3 mp (A)	99.99999 %
Outage time 10-3 mp (A)	0.05256 min/y
Reliability 10-3 rain (A)	99.99937 %
Outage time 10-3 rain (A)	3.31687 min/y
Reliability 10-3 (A)	99.99936 %
Reliability 10-6 mp (WM)	99.99997 %
Reliability 10-6 rain (WM)	99.99530 %
Reliability 10-6 (WM)	99.99527 %
Reliability 10-6 mp (A)	99.99999 %
Outage time 10-6 mp (A)	0.05256 min/y
Reliability 10-6 rain (A)	99.99937 %
Outage time 10-6 rain (A)	3.31687 min/y
Reliability 10-6 (A)	99.99936 %

Address	Sector Ichuac
Ident	
Info	
Site code	
DTM elevation	75 m
X	-73.43244
Y	-42.36390
H-angle	252.80 °
Frequency	24000.00000 MHz
Height of antenna	12.00 m
Diameter	0.00 m
Tx gain	47.20 dB
Rx gain	47.20 dB
Boot cable - MW	0.00 m
Feeder	0.00 m
Boot cable - Antenna	0.00 m
Rx losses	1.50 dB
Threshold 10-3	-54.00 dBm
Threshold 10-6	-54.00 dBm
TD	0 dB

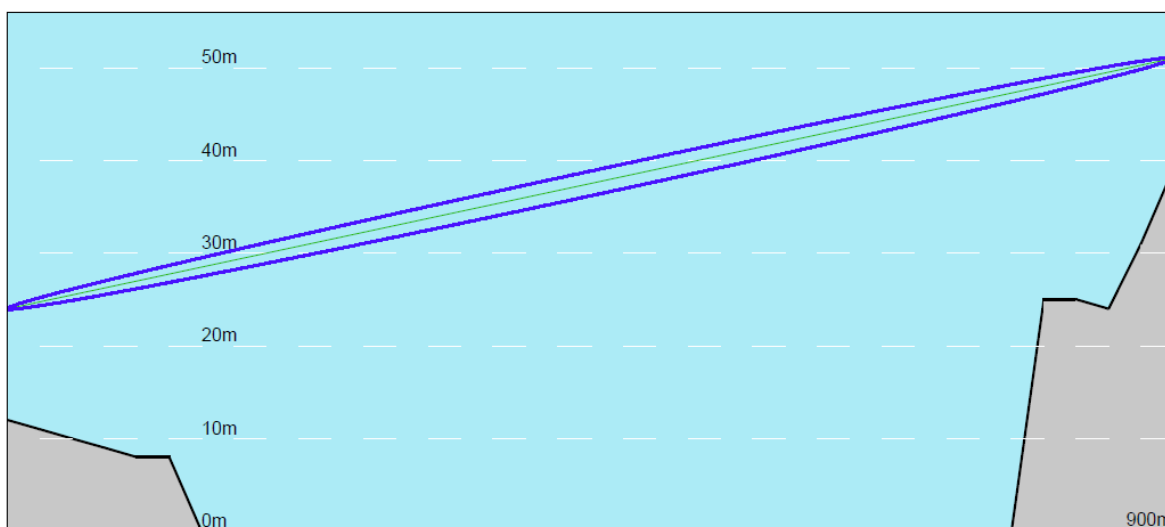
Ilustración 60: Resultados Enlace 1

De acuerdo a los cálculos realizados el enlace es viable y posee una confiabilidad del 99.99530%, con un margen de fading estimado de 12.5 dB adicional.

8.7.5.1.2. Enlace 2 – Dalcahue – Isla Quinchao

- ✓ Entronque con la red: 2 x 10Gbps Fibra Óptica
- ✓ Frecuencia : 38 GHz
- ✓ ODU: 3 unidades
- ✓ Antena: 1 x 0.6 Mts (antena Commscope VHLPX2-38/C)
- ✓ Capacidad final enlace: 5,5 GBps
- ✓ Modulación = 1.024 QAM
- ✓ Canalización = 6 x 56Mhz
- ✓ Protección = 3 x 0

Igual que en el caso anterior, se ha utilizado como referencia las características técnicas correspondientes al equipo FibeAir IP-20C del fabricante Ceragon. La imagen a continuación muestra el enlace resultante.



Tx: Dalcahue

Address	Dalcahue
Ident	
Info	
Site code	
DTM+clutter elevation	12.00 m
X	-73.39117
Y	-42.22499
H-angle	181.59 °
V-angle	1.71 °
Frequency	38000.00000 MHz V
Power - EIRP	14.00 dBm - 57.70 dBm
Height of antenna	12.00 m
Diameter	0.00 m
Tx gain	45.20 dB
Rx gain	45.20 dB
Boot cable - MW	0.00 m
Feeder	0.00 m
Boot cable - Antenna	0.00 m
Tx losses	1.50 dB

PATH:

Distance, K (land/sea)	0.90, 8500/8500 km
PR (no rain)	-30.73 dBm
Margin 10-3/6 (no rain)	22.27 22.27 dB
Reliability 10-3 mp (WM)	100.00000 %
Reliability 10-3 rain (WM)	99.99589 %
Reliability 10-3 (WM)	99.99589 %
Reliability 10-3 mp (A)	99.99999 %
Outage time 10-3 mp (A)	0.05256 min/y
Reliability 10-3 rain (A)	99.99946 %
Outage time 10-3 rain (A)	2.83912 min/y
Reliability 10-3 (A)	99.99945 %
Reliability 10-6 mp (WM)	100.00000 %
Reliability 10-6 rain (WM)	99.99589 %
Reliability 10-6 (WM)	99.99589 %
Reliability 10-6 mp (A)	99.99999 %
Outage time 10-6 mp (A)	0.05256 min/y
Reliability 10-6 rain (A)	99.99946 %
Outage time 10-6 rain (A)	2.83912 min/y
Reliability 10-6 (A)	99.99945 %

Rx: Isla Quinchao

Address	Isla Quinchao
Ident	
Info	
Site code	
DTM elevation	39 m
X	-73.39145
Y	-42.23187
H-angle	1.59 °
Frequency	38000.00000 MHz
Height of antenna	12.00 m
Diameter	0.00 m
Tx gain	45.20 dB
Rx gain	45.20 dB
Boot cable - MW	0.00 m
Feeder	0.00 m
Boot cable - Antenna	0.00 m
Rx losses	1.50 dB
Threshold 10-3	-53.00 dBm
Threshold 10-6	-53.00 dBm
TD	0 dB

Ilustración 61: Resultados Enlace 2

De acuerdo a los cálculos realizados el enlace es viable y posee una confiabilidad del 99.99589%, con un margen de fading estimado de 13.5 dB adicional.

8.8. Anexo - Sistemas de georreferenciación de infraestructura de telecomunicaciones

Con el fin de establecer los puntos de interés y las zonas de importancia necesarias a cubrir definidas por la Subsecretaría de Telecomunicaciones, tales como: capitales comunales, localidades sobre 5000 habitantes, así como también las restricciones geográficas y áreas protegidas, bosques, glaciares, zonas de inundación, etc., se ha recopilado información cartográfica de los siguientes organismos:

Red Vial

https://www.bcn.cl/siit/mapas_vectoriales/index_html

División política, patrimonio, medio ambiente, Hidrografía, bienes nacionales

<http://www.geoportal.cl/Visor/>

<http://www.ide.cl/ides-en-chile/regionales.html>

Parques nacionales

<http://www.conaf.cl/parques-nacionales/>

Pasos fronterizos

http://www.pasosfronterizos.gov.cl/complejos_pais.html

Medio Ambiente

<http://ide.mma.gob.cl/>

Zonas de inundación

<http://www.shoa.cl/servicios/citsu/citsu.html>

Entre otros.

Dicha información ha sido volcada en el software de procesamiento de información georreferenciada ARCGis, con lo cual es posible definir el tipo de solución empleada (fibra óptica o MMOO), así como también las características que debe poseer cada una de ellas (tipo de fibra, aérea, soterrada, etc).

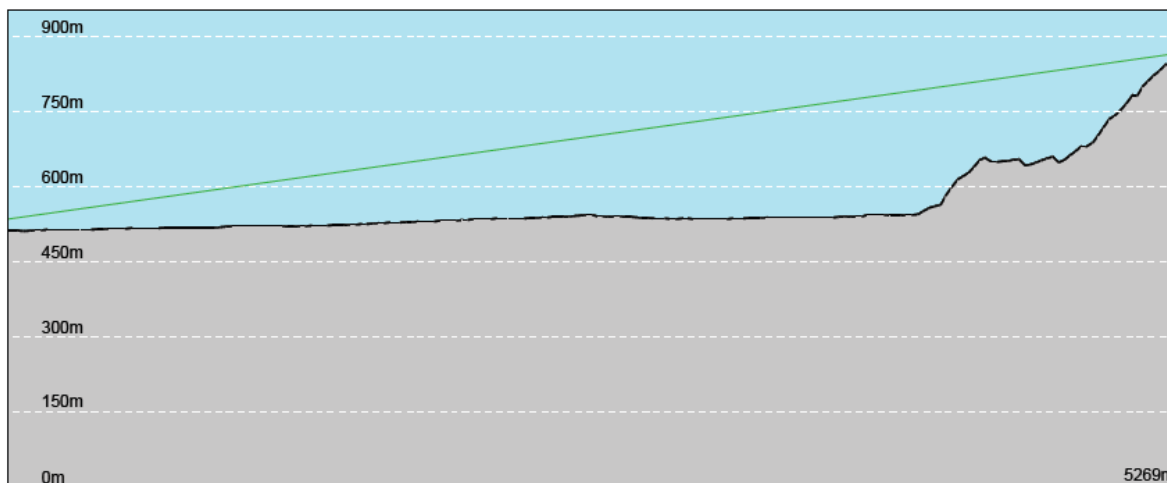
Detalle de sistemas de georreferenciación de POITT o similares encontrados en Internet

En relación a los sistemas de georreferenciación POIT-R, de forma similar se han desarrollado estudios de microondas en la zona central del país que han sido desplegados y se encuentran funcionando en la actualidad, utilizando frecuencias en las bandas de los 11 y 18 GHz con el fin de cumplir con las capacidades exigidas por el sistema.

Diseño MMOO

El diseño de la microonda se realizó utilizando el software de propagación radioeléctrica ICS Telecom y la cartografía de Chile con un DTM de resolución cada 25 m. A continuación, se presentan 2 enlaces de ejemplo:

Ilustración 62: Enlace 18 GHz



Tx: Alcazar

Address	Alcazar
Ident	
Info	
Site code	
DTM+clutter elevation	511.00 m
X	-70.44239
Y	-34.10296
H-angle	170.72 °
V-angle	3.58 °
Frequency	18000.00000 MHz V
Power - EIRP	17.00 dBm - 57.80 dBm
Height of antenna	24.00 m
Diameter	0.00 m
Tx gain	42.30 dB
Rx gain	42.30 dB
Boot cable - MW	0.00 m
Feeder	0.00 m
Boot cable - Antenna	0.00 m
Tx losses	1.50 dB

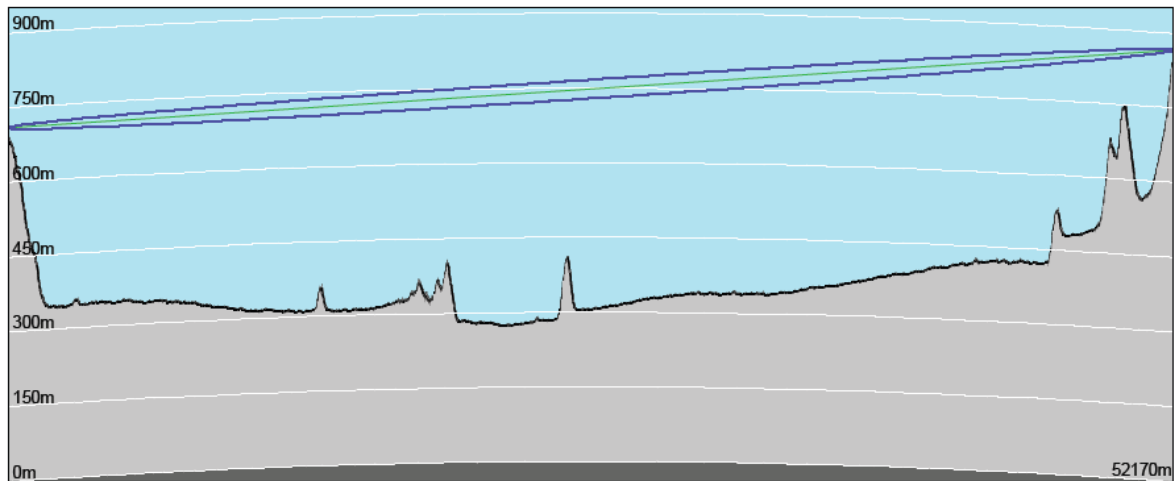
PATH:

Distance, K (land/sea)	5.27, 8500/8500 km
PR (no rain)	-33.40 dBm
Margin 10-3/6 (no rain)	40.00 40.00 dB
Reliability 10-3 mp (WM)	100.00000 %
Reliability 10-3 rain (WM)	100.00000 %
Reliability 10-3 (WM)	99.99999 %
Reliability 10-3 mp (A)	99.99999 %
Outage time 10-3 mp (A)	0.05256 min/y
Reliability 10-3 rain (A)	100.00000 %
Outage time 10-3 rain (A)	0.00000 min/y
Reliability 10-3 (A)	99.99999 %
Reliability 10-6 mp (WM)	100.00000 %
Reliability 10-6 rain (WM)	100.00000 %
Reliability 10-6 (WM)	99.99999 %
Reliability 10-6 mp (A)	99.99999 %
Outage time 10-6 mp (A)	0.05256 min/y
Reliability 10-6 rain (A)	100.00000 %
Outage time 10-6 rain (A)	0.00000 min/y
Reliability 10-6 (A)	99.99999 %

Rx: Orocoipo

Address	Orocoipo
Ident	
Info	
Site code	
DTM elevation	842 m
X	-70.43541
Y	-34.13192
H-angle	350.72 °
Frequency	18000.00000 MHz
Height of antenna	24.00 m
Diameter	0.00 m
Tx gain	42.30 dB
Rx gain	42.30 dB
Boot cable - MW	0.00 m
Feeder	0.00 m
Boot cable - Antenna	0.00 m
Rx losses	1.50 dB
Threshold 10-3	-73.40 dBm
Threshold 10-6	-73.40 dBm
TD	0 dB

Ilustración 63: Enlace 11 GHz



Tx: Centinela

Address	Centinela
Ident	
Info	
Site code	
DTM+clutter elevation	686.00 m
X	-71.00363
Y	-34.37548
H-angle	28.32 °
V-angle	-0.00 °
Frequency	11000.00000 MHz V
Power - EIRP	22.00 dBm - 64.00 dBm
Height of antenna	24.00 m
Diameter	0.00 m
Tx gain	43.50 dB
Rx gain	43.50 dB
Boot cable - MW	0.00 m
Feeder	0.00 m
Boot cable - Antenna	0.00 m
Tx losses	1.50 dB

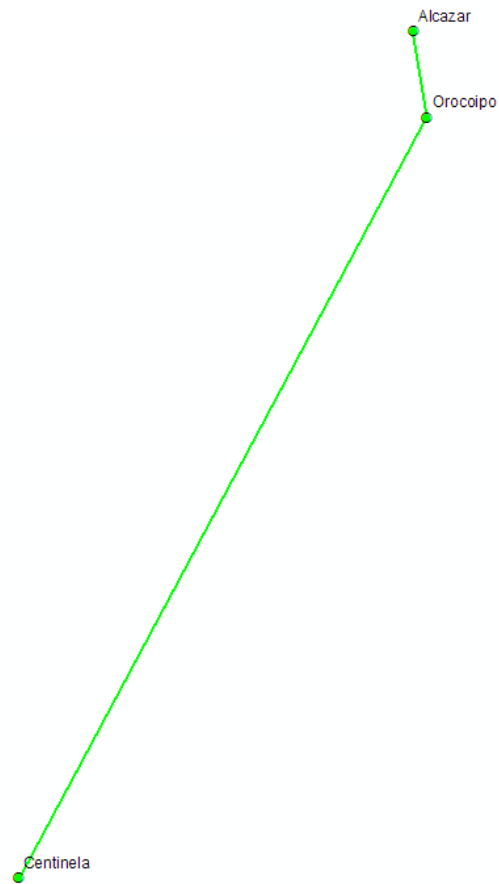
PATH:

Distance, K (land/sea)	52.17, 8500/8500 km
PR (no rain)	-41.82 dBm
Margin 10-3/6 (no rain)	33.08 33.08 dB
Reliability 10-3 mp (WM)	99.99875 %
Reliability 10-3 rain (WM)	100.00000 %
Reliability 10-3 (WM)	99.99875 %
Reliability 10-3 mp (A)	99.99914 %
Outage time 10-3 mp (A)	4.53259 min/y
Reliability 10-3 rain (A)	100.00000 %
Outage time 10-3 rain (A)	0.00000 min/y
Reliability 10-3 (A)	99.99914 %
Reliability 10-6 mp (WM)	99.99875 %
Reliability 10-6 rain (WM)	100.00000 %
Reliability 10-6 (WM)	99.99875 %
Reliability 10-6 mp (A)	99.99914 %
Outage time 10-6 mp (A)	4.53259 min/y
Reliability 10-6 rain (A)	100.00000 %
Outage time 10-6 rain (A)	0.00000 min/y
Reliability 10-6 (A)	99.99914 %

Rx: Orocolpo

Address	Orocolpo
Ident	
Info	
Site code	
DTM elevation	842 m
X	-70.43541
Y	-34.13192
H-angle	208.32 °
Frequency	11000.00000 MHz
Height of antenna	24.00 m
Diameter	0.00 m
Tx gain	43.50 dB
Rx gain	43.50 dB
Boot cable - MW	0.00 m
Feeder	0.00 m
Boot cable - Antenna	0.00 m
Rx losses	1.50 dB
Threshold 10-3	-74.70 dBm
Threshold 10-6	-74.70 dBm
TD	0 dB

En formato ArcGIS se despliega la información de acuerdo a la siguiente imagen:



Enlaces en formato ArcGIS

8.8. Anexo Tipos de Tendidos Submarinos de FO

Durante el desarrollo del presente estudio surgieron tres opciones para la Troncal Nacional Submarina de la TNIT.

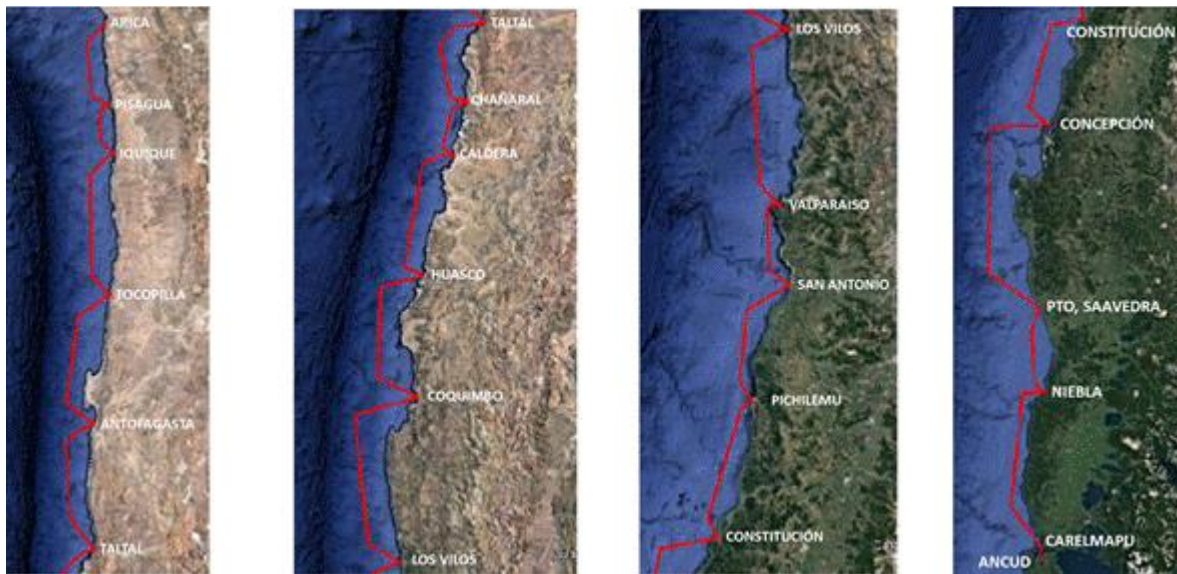
La primera opción consiste en un sistema del tipo festón sin repetidores, desde Arica a Carelmapu con un total de 19 bucles y uniendo 20 ciudades y localidades costeras. Como es obvio, esta opción tiene dos cables llegando desde el norte y el sur a las BMH (por Beach Man Hole) intermedias entre Arica y Carelmapu.

La segunda opción comprende un sistema con repetidores del tipo “Trunk & Branch”, troncal y 18 ramas y unidades de derivación (branching units) cuya topología imita el recorrido del festón; pero que tiene una sola rama para unir los puntos de amarre con la troncal.

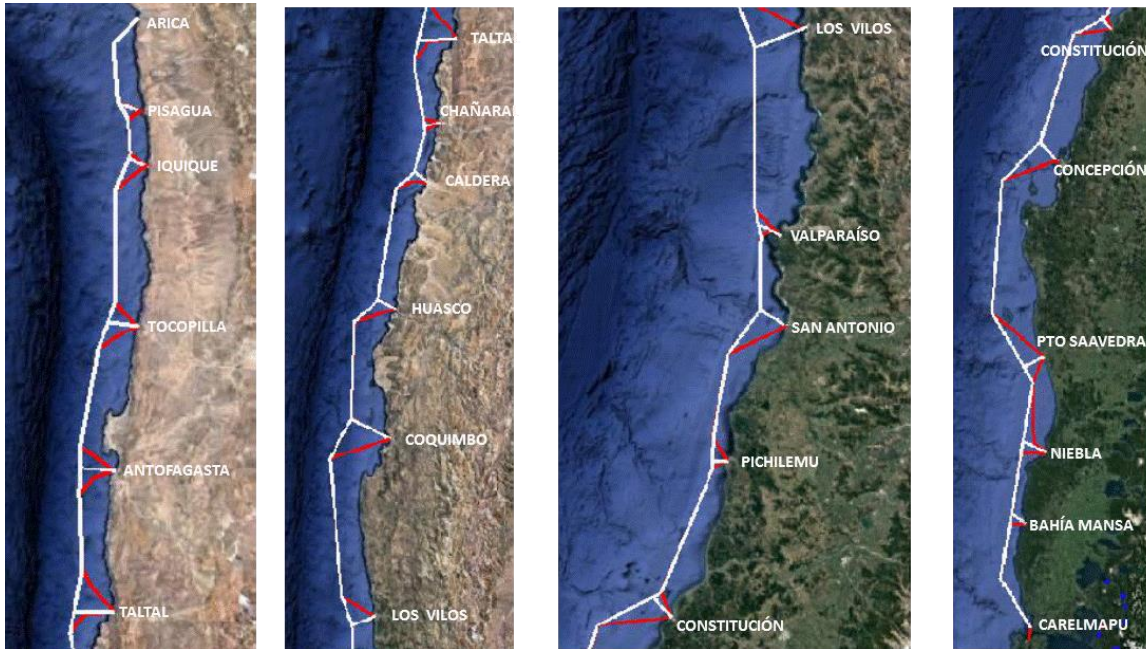
La tercera opción fue generada en una reunión con un proveedor, quien propuso como solución un sistema del tipo Trunk & Branch con 18 ramas, pero con la troncal tendida en aguas profundas, sobre los 4.000 metros, en la llanura abisal frente a la costa chilena.

8.8.1. Esquema de las tres opciones

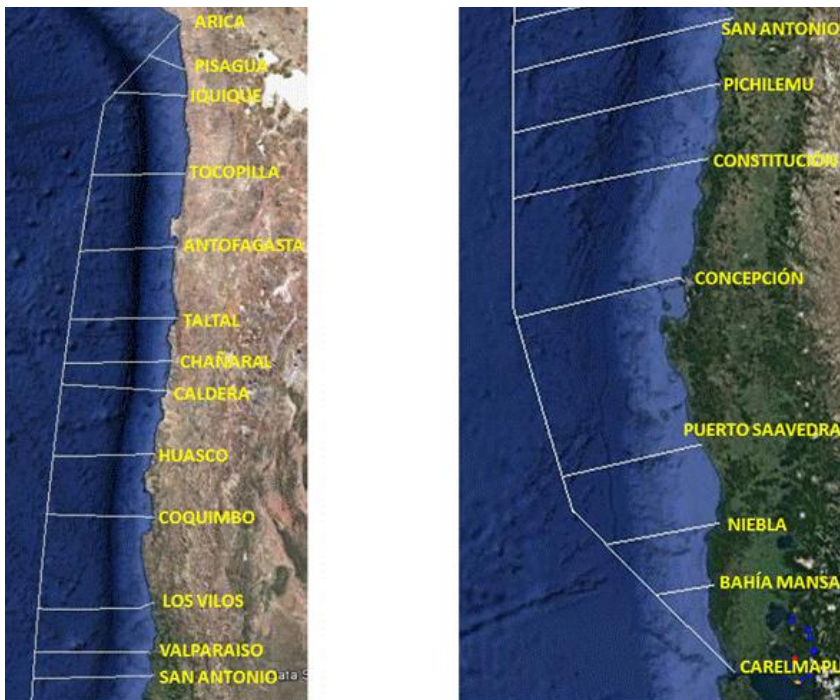
8.8.1.1. Opción sistema festón sin repetidores:



8.8.1.2. Opción sistema Trunk & Branch sobrepuesto al sistema festón en trazos blancos:



8.8.1.3. Opción sistema Trunk & Branch en aguas profundas:



8.8.2. CAPEX Y OPEX DE LAS OPCIONES EN ANÁLISIS

Para determinar el Capex y el Opex de las tres opciones se utilizará los siguientes antecedentes:

Para el sistema festón sin repetidores se utilizará el cálculo de inversión inicial y de O&M ya calculados en detalle en este mismo estudio.

Para el sistema de troncal y ramas de aguas someras, con dos pares equipados, que emula del trazado del festón se usará el valor estándar de US \$ 35.000/Km y un 3,5 % anual de costo de O&M.

Para el sistema de troncal y ramas de aguas profundas se usará el valor estándar de US \$ 35.000/Km y un 4 % anual de costo de O&M.

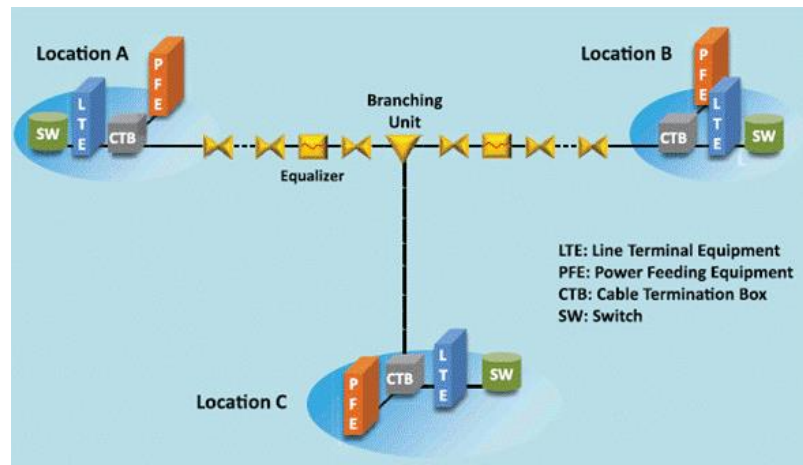
Cabe hacer notar que las fuentes para determinar el costo por kilómetro de un sistema con repetidores fue, tomado de artículos publicados por Submarine Telecoms Forum y el porcentaje de costo anual de O&M de diversas fuentes, estadísticas y experiencias de muchos años de la industria global.

Con estos antecedentes se ha elaborado la siguiente tabla resumen:

SISTEMA	KM	CAPEX M\$ US	OPEX M\$ US	OBSERVACIONES
FESTÓN ARICA - CARELMAPU	3.446	\$ 97.886	\$ 2.501	Calculado en detalle; no se incluye extensión a Ancud.
TRUNK & BRANCH SIMILAR FESTÓN	3.287	\$ 115.045	\$ 4.027	Estimado a US \$ 35.000/Km; 18 ramas. OPEX 3,5 % anual.
TRUNK & BRANCH ALTA PROFUNDIDAD	7.257	\$253.995	\$ 10.160	Sistema propuesto en reunión por un proveedor. Troncal de 2.755 Km, total en 18 ramas 4.502 Km. Estimado a US \$ 35.000/Km. OPEX 4 % anual.

8.8.3. Características de un sistema Trunk & Branch

Este tipo de sistema se caracteriza por una troncal submarina tendida entre los puntos extremos con una o más ramas derivadas a los puntos de amarre intermedios. Estas ramas pueden tener o no repetidores sumergidos, sin embargo, por simplicidad, se muestra un diagrama en bloques que grafica la solución para una sola rama.



Solución Trunk & Branch sin repetidores en la rama (Fuente NEC)

8.8.4. La Troncal y 18 ramas de Aguas Profundas

De la tabla anterior es posible determinar que la opción de troncal y ramas utilizando aguas profundas, por su dimensión y costos, se asemeja más bien a un mega-cable transoceánico que a uno doméstico como el esperado para Chile. Su longitud total no variará mucho y se mantendrá en el orden de los 7.000 km aún si ajustamos el trazado de la troncal, acercándolo a la trinchera o fosa submarina formada en la zona de subducción de las placas oceánica y continental.

En efecto, su costo más que duplica a las otras dos opciones incluso ajustando al máximo su longitud y, sin entrar a analizar en mayor detalle, es posible destacar lo siguiente:

Se trata de un sistema complejo, carente de racionalidad técnica, de alta inversión y muy onerosa mantención.

Su disponibilidad sería bastante inferior a la habitual de los sistemas transoceánicos, debido a que en lugar de atravesar dos zonas de subducción de placas – como un tendido típico transoceánico – atravesaría en veinte puntos la fosa frente a Chile, aumentando obviamente el riesgo de cortes para el cable.

En la zona de aguas someras de la plataforma continental el riesgo de cortes será el mismo que la opción de troncal y ramas en aguas someras.

Si se optimiza al máximo su longitud, llegando a las cercanías de los 6.000 kilómetros, el costo del sistema aún será superior a los 200 millones de dólares.

Con esto, queda claro que esta opción propuesta por un proveedor no resulta razonable, carece de lógica técnica, ni es conveniente como solución para establecer una

red doméstica de infraestructura para telecomunicaciones submarina; por lo cual se descarta como opción y del presente análisis.

8.8.5. Aspectos relativos a la disponibilidad y confiabilidad de los sistemas submarinos.

En el análisis comparativo de los factores de diseño emanados de AT&T y TYCO Submarine Networks, tabla incorporada en capítulos anteriores, se indica que un sistema con repetidores tendrá más de un evento de fallas que requieran la intervención de un buque cablero en los 25 años de su vida útil; mientras que para un sistema sin repetidores punto a punto equivalente esa tasa será inferior a una intervención de buque en los 25 años de vida útil.

Desde el punto de vista de su longitud total, el mayor porcentaje de las reparaciones de un cable submarino punto a punto con o sin repetidores se produce en altamar, por cuanto sus extremos costeros en aguas bajas normalmente corresponden a un bajo porcentaje de la longitud total del sistema. Esto último no se aplica a un sistema en festón, el cual posee dos extremos costeros en aguas bajas en cada punto de amarre, lo que podría indicar a priori que su riesgo en esa zona es cercano al doble del riesgo de los dos ejemplos anteriores.

La zona de menor riesgo de cortes de un cable submarino que requieran buque es precisamente la zona de altas profundidades y bajo riesgo tectónico, como es la llamada llanura abisal; zona que acumula miles de millones de años de sedimento marino, el que incluso ayuda a proteger el cable ligero utilizado en altas profundidades. Para el caso específico de la plataforma continental chilena entre Arica y el Canal de Chacao, que es la zona sobre la cual se instalaría cualquiera de los dos sistemas en análisis, el fondo marino está compuesto mayoritariamente por arena y sedimentos (Chilean Optical Fiber Submarine Cable, DTS 1993-94 de Seafloor Surveys International, Inc, preparado para AT&T y entregado por el consultor y ejecutivos de AT&T SSI a Subtel y las principales Operadoras Telco en el período 94-95).

Corresponde entonces comparar dos sistemas, uno troncal y ramas, con un sistema en festón que conecta los mismos puntos.

Si la troncal del sistema Trunk & Branch se tiende mayoritariamente en altas profundidades, por la descripción anterior es posible suponer que el cable en festón tendrá un mayor riesgo de cortes debido a su doble arranque hacia la playa de amarre.

Sin embargo, cuando ambos sistemas están instalados en aguas someras, el riesgo de cortes tiende a igualarse, por cuanto la troncal del sistema repetido está instalada a las mismas profundidades de los extremos largos de los bucles del festón y las ramas del Trunk & Branch tienen las mismas características de los arranques del festón.

Por otro lado, el segmento de cierre de la troncal con la branching unit frente a cada punto de amarre – ciudad o localidad – tiende a igualar la longitud total de ambos sistemas, porque es una parte del trazado que no se requiere para el cable en festón.

La diferencia mayor estará entonces en la tasa de fallas de la electrónica sumergida.

Según estudios realizados por Bell Labs para AT&T (Schesser, Abbott, Easton y Spalding), el número de fallas o FIT en 10^9 horas de funcionamiento de componentes, en una sección entre repetidores de un sistema submarino con dos pares de fibras con vida útil de 25 años, es de 10,76.

En esta tasa debe notarse que el FIT promedio es de 4,8 para cada sección, sin embargo, esta tasa se compone de FIT 4 para la electrónica sumergida y su alimentación eléctrica y sólo FIT 0,8 para el tramo de cable de fibra óptica.

Es decir, el riesgo de falla en un sistema submarino con repetidores es seis veces mayor que el de un sistema sin repetidores establecido en las mismas condiciones.

Respecto de los riesgos de corte en el cable o sus elementos, tal como se señaló, estos se producen fundamentalmente por actividades humanas, frente a las cuales siempre es posible adoptar medidas tendientes a minimizar o incluso suprimir del todo el riesgo.

Los riesgos principales y su prevención son los siguientes:

Anclaje de buques y embarcaciones: el fondeo se realiza en la zona de fondo marino entre los 10 y 50 metros de profundidad, por lo cual la principal medida paliativa es la elección de la playa de amarre del cable submarino en un sector lejano a las zonas de anclaje de embarcaciones, unida al soterraje del cable en el fondo y al uso de cables armados en ese segmento del tendido. Adicionalmente, las cartas náuticas actualizadas y/o en línea siempre señalan los cables existentes y la prohibición de anclaje en las proximidades del cable. Sin embargo, los accidentes pueden ocurrir cuando un buque o embarcación arroja sus anclas en una emergencia, por seguridad o falla mecánica (garreo), o cuando el capitán decide anclar sin consultar las cartas.

La única protección para resguardar el cable de las anclas es enterrarlo en el fondo marino; es por ello que en los criterios de diseño considerados para este estudio se contempla soterrar el cable en el fondo en 1,5 metros. Esto protege el cable para el siguiente tipo de anclas:

PESO DEL ANCLA	PENETRACIÓN
200 Kg	0,5 m
500 Kg	0,75 m
1.000 Kg	1,2 m

Fuente: CIGRE Report N° 21-22, 1986.

En el caso de grandes buques, con anclas de 15 y 30 toneladas, la penetración será de 4 y 5 metros respectivamente; no obstante, este tipo de buques difícilmente se hallarán en las proximidades de una playa de amarre bien elegida y no apta para fondear grandes naves.

Cabe señalar que los cortes que ocurren hasta los 40 o 45 metros de profundidad no requieren presencia del buque cablero, por cuanto se resuelven utilizando buzos, medios y embarcaciones locales apropiadas.

Pesca de arrastre: la pesca de arrastre, según la CIGRE, sólo penetra 0,4 a 0,5 metros en el fondo marino; por lo cual no será una amenaza para un cable soterrado a 1,5 metros. Sobre esta actividad, el DTS de SSI Inc señala que es escasa en Chile, en pequeña escala entre La Serena y Valparaíso y en la zona de Concepción y Puerto Montt. La pesca de arrastre de camarones y similares es intermitente, de pequeña escala y se desarrolla en la zona central entre La Serena y algo al sur de Valdivia. La pesca de arrastre de la centolla está prohibida. Más aún, por razones de protección del medio ambiente marino se contempla prohibir la pesca de arrastre en todo el país. Todo lo anterior ha sido confirmado también telefónicamente con SERNAPESCA.

A mayor abundamiento, el DTS de SSI Inc. Señala: “En resumen, la actividad pesquera en el litoral de Chile es más bien pequeña. La pesca de arrastre está localizada y generalmente ocurre en áreas donde el cable puede ser fácilmente enterrado”.

8.8.6. SISTEMA DE CABLE SUBMARINO PROPUESTO PARA LA TNIT Sub

Si se sensibiliza el cálculo de CAPEX y OPEX para el cable de troncal y ramas utilizando la misma ruta que el festón, disminuyendo a US \$ 30.000/Km su costo y a sólo un 3 % anual de OPEX, aun así, ambas cifras serán superiores a las obtenidas para el festón.

A mayor abundamiento, el sistema Trunk & Branch estará condicionado a su capacidad inicial en dos pares de fibra y a sus repetidores y branching units, frente a un sistema en festón que podría tener más de siete pares de fibra oscura disponibles para ampliar la capacidad o para establecer otros servicios.

En adición a lo anterior, la normativa atinente al Medio Ambiente del país seguramente exigirá que un cable inmerso en el mar (que conduce electricidad en alto voltaje respecto de tierra como el Trunk & Branch), sólo sea aprobado después que su Estudio de Impacto Ambiental (EIA), sometido a la Participación Ciudadana, sea aprobado con una Resolución de Calificación Ambiental, proceso largo y oneroso que normalmente toma algunos años; en cambio, el cable sin repetidores y sin electricidad presente solamente requiere de una Declaración de Impacto Ambiental (DIA).

A la luz de lo expuesto, resulta más que razonable proponer que el estudio se concentre en el sistema de tipo festón, por cuanto la TNIT Sub entre Arica y Carelmapu estará integrada a una red terrestre de troncales y ramas de fibra óptica de gran

capacidad, formando anillos, que otorgarán rutas alternativas para el tráfico ante cualquier corte en alguno de los bucles del festón. Este modelo será sin duda atractivo para un operador que ofrezca sólo infraestructura para servicios intermedios de telecomunicaciones.

8.9. Anexo Topología Troncal Submarina

8.9.1. Playas de Amarre y Ubicación de las BMH de la TNIT Sub

Antes de efectuar en un estudio preliminar un trazado tentativo para un cable submarino, entre dos ciudades o localidades, debe realizarse una determinación con respecto a los puntos de amarre del cable en la playa o en la costa, esto último cuando no existe una playa en el lugar.

La elección preliminar de un lugar de amarre para el cable es el punto de partida, desde el cual se inicia el estudio formal del sistema (DTS, por Desk Top Study) por el proveedor una vez formalizada su contratación para la concreción del proyecto.

El lugar ideal para efectuar la llegada del cable a la costa es una playa de arena libre de obstáculos y construcciones, cuyo fondo esté constituido principalmente por una capa de arena superior a los 1,5 metros, no apta para el anclaje de embarcaciones, sin ductos u otras obras submarinas y con una pendiente tal que descienda rápidamente y permita una óptima aproximación del buque cablero. No siempre es posible encontrar ese tipo de lugares para el amarre del cable, por lo que algunas veces debe recurrirse a técnicas tales como el uso de cable doble armado con protección contra rocas y arrecifes, ductos metálicos articulados y/o bolsas de cemento aplicadas por buzos sobre el cable y/o el ducto.

El DTS contempla, entre otros, la visita a cada punto de amarre con la finalidad de determinar un punto primario y uno secundario, uno de los cuales es descartado sólo después de efectuado el survey general de la ruta del cable.

Durante el DTS la visita para la elección de las playas de amarre se realiza en coordinación con las autoridades locales y se evalúan entre muchos otros los siguientes aspectos:

- I. Información del conocimiento local, incluyendo características de la playa o ribera, antecedentes de erosión, desagües y otros.
- II. Análisis de las cartas marítimas y geográficas disponibles.
- III. Perfil y características del fondo y la distancia máxima a la que el buque puede acercarse al punto de amarre.
- IV. Se identifica la ubicación de la cámara de aterraje BMH.
- V. Ausencia de obstrucciones, gradientes abruptos y rugosidades del fondo.
- VI. Profundidad de la capa de arena en la playa y en el área de baja marea.
- VII. Obras civiles existentes o planeadas, marinas y zonas de anclaje y puertos en las vecindades.
- VIII. Proximidad y accesibilidad a la playa desde el POITT.
- IX. Consideraciones ambientales y meteorológicas.

- X. Requerimientos por derechos de paso, permisos necesarios y otros relativos al cable submarino, la BMH y el cable terrestre hacia el POITT. (DIRECTEMAR, Municipalidad, Serviu y particulares).
- XI. Áreas protegidas, cultivos marinos, zonas de extracción y otros

Estos aspectos no son los únicos que abarca el DTS, cuyo objetivo primordial es determinar con los antecedentes disponibles la ruta óptima para el cable, tanto desde el punto de vista técnico-económico como de seguridad; entregando finalmente toda la información necesaria para desarrollar la ingeniería, la construcción y la subsecuente mantención del sistema.

Para efectos del presente estudio, cuyo objetivo no es realizar un DTS formal, la elección de los puntos de amarre del cable submarino de la TNIT Sub se efectuará sólo teniendo a la vista el mapa de las localidades, las cartas marítimas y antecedentes básicos que permitan establecer un punto de partida para el cable submarino y las coordenadas para las cámaras de amarre en la costa (BMH).

Playas de amarre de Arica y Pisagua:

La BMH de Arica fue considerada en la ensenada San Martín, en una zona libre de actividad marítima situada dos kilómetros al sur de la isla Alacrán y su marina. En la carta la playa indica alta presencia de arena, con el camino costero a 50 metros y a dos kilómetros de la parte poblada sur de la ciudad.

La BMH de Pisagua se contempla en un punto medio entre la ciudad y Punta Pichalo; la playa se observa libre de obstáculos y alejada de las zonas de fondeo. La BMH quedará a 120 metros del camino costero y a menos de un kilómetro de la ciudad.

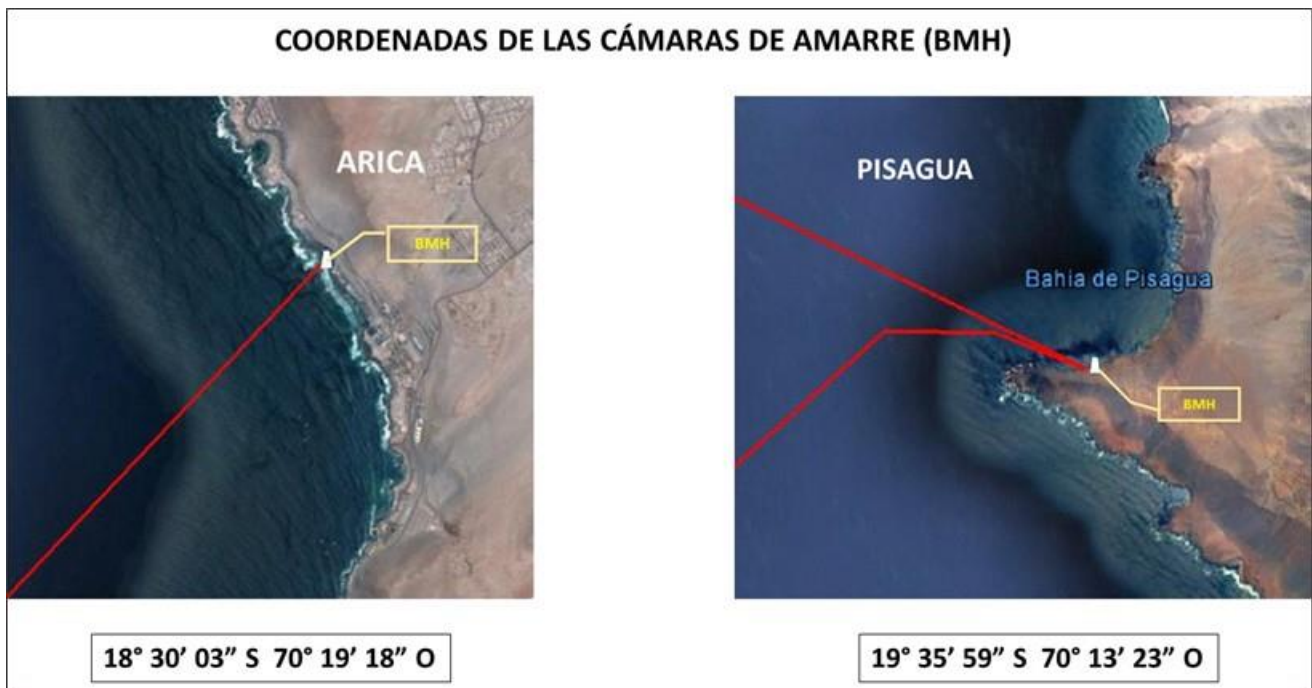


FIGURA 6.- BMH en Arica y Pisagua (elaboración propia sobre Google Earth)

Playas de amarre de Iquique y Tocopilla:

En Iquique la BMH se construye en la playa de Cavancha, en un área frente al Estadio Municipal. La playa se indica en cartas totalmente de arena, alejada del puerto y libre de zonas cercanas de fondeo.

En Tocopilla la BMH se ubica 3 km al norte de la zona de fondeo en la Bahía Algodonales, en una playa de arena libre de construcciones y estructuras sumergidas. La BMH quedaría ubicada a unos 500 metros de la parte norte de la ciudad.

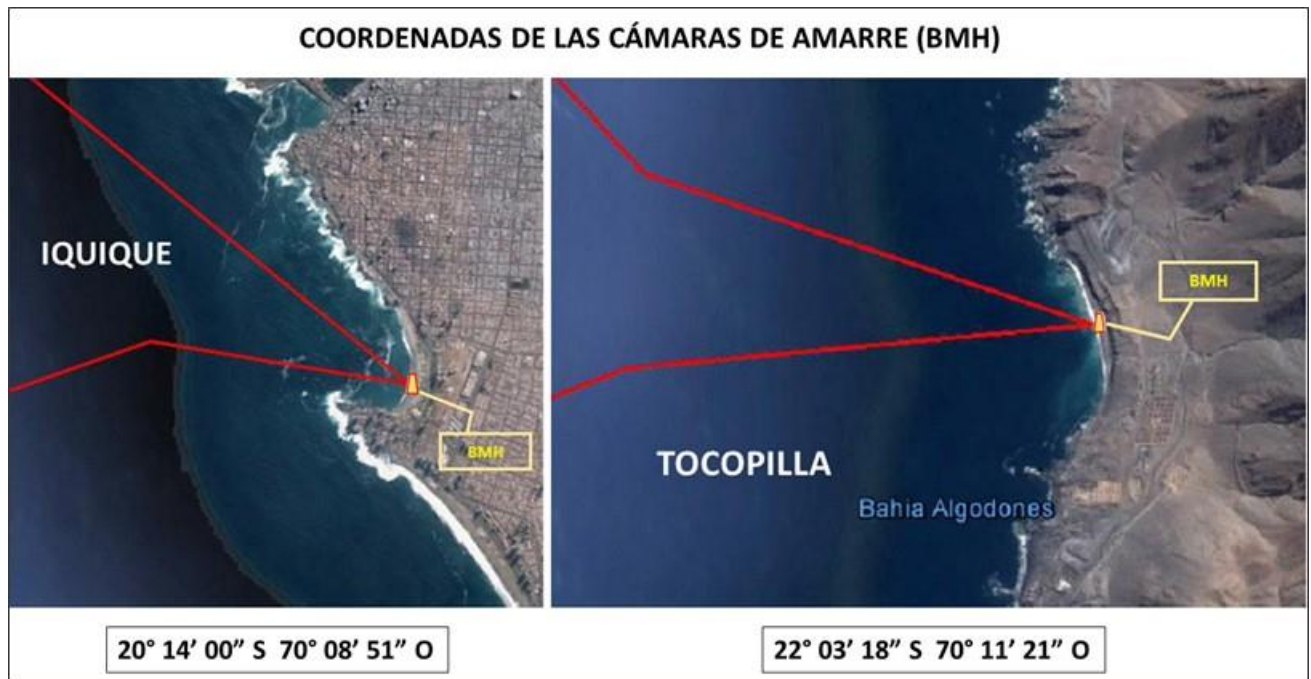


FIGURA 7.- BMH en Iquique y Tocopilla (elaboración propia sobre Google Earth)

Playas de amarre de Antofagasta y Taltal:

En Antofagasta la BMH se propone a unos 1.600 m al sur de la ciudad, a 60 metros del camino que la une con la Caleta Coloso. La playa es de arena, libre de obstáculos y construcciones y bastante alejada de la zona de fondeo.

En Taltal el sitio propuesto está 4.600 m al norte de la ciudad, elegido de manera tal de evitar que el cable transcurra cercano a zonas de actividad de fondeo y de la Punta Taltal y sus islotes con aguas bajas. No es el sitio ideal, porque muestra piedra y arena en circunstancia que un par de kilómetros al sur existe una playa de arena más apropiada para el anclaje del cable. Sin embargo, sólo el DTS en terreno podrá determinar finalmente el lugar adecuado.

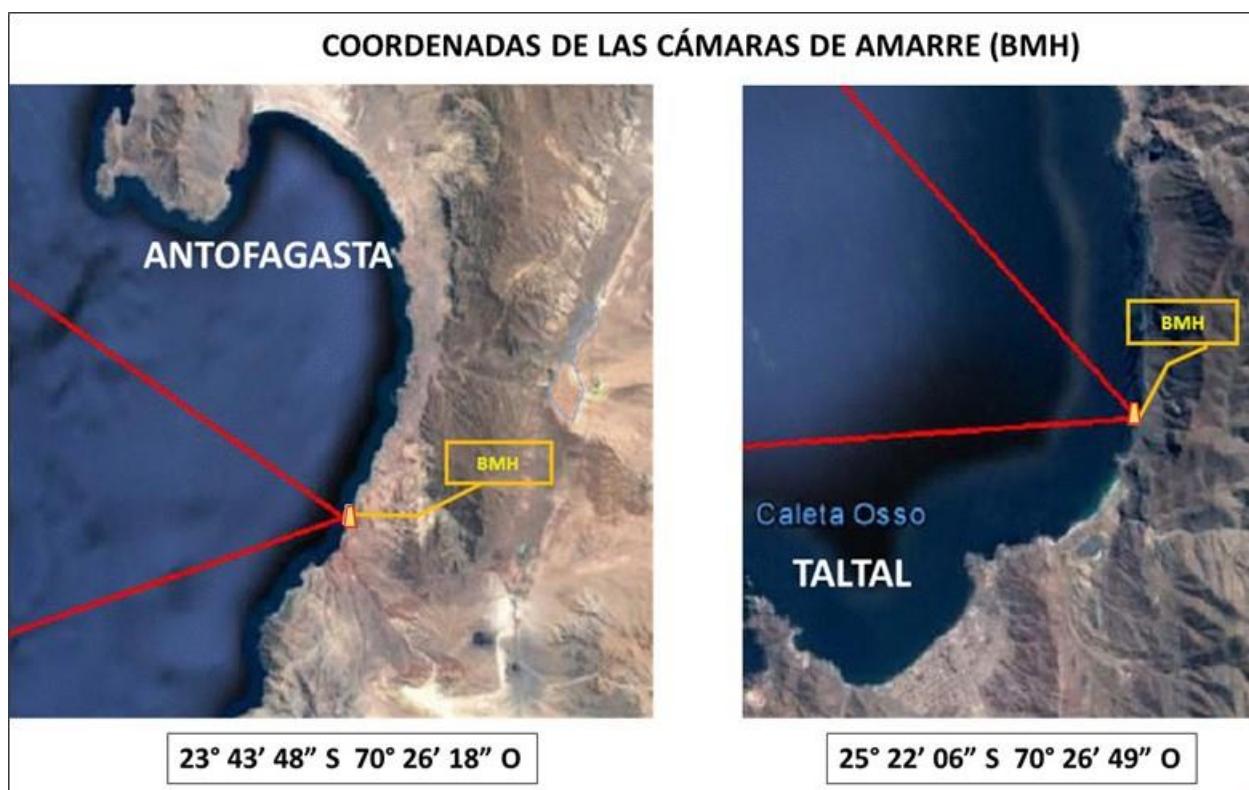


FIGURA 8.- BMH en Antofagasta y Taltal (elaboración propia sobre Google Earth)

Playas de amarre de Chañaral y Caldera:

En Chañaral el lugar elegido está situado en una amplia playa, a 2.000 m de la ciudad y lejano a la zona de fondeo. La playa es abundante en arena y el fondo muestra arena y fango.

En Caldera la playa de amarre y BMH está situada en el extremo norte de la playa de la Caleta Mora, a unos 7 km de la ciudad, pero inmersa en un sector habitado y a 260 m de la Ruta 5. Se trata de una playa de arena abierta al Noroeste, pero sin mayores indicaciones en cartas las marítimas.

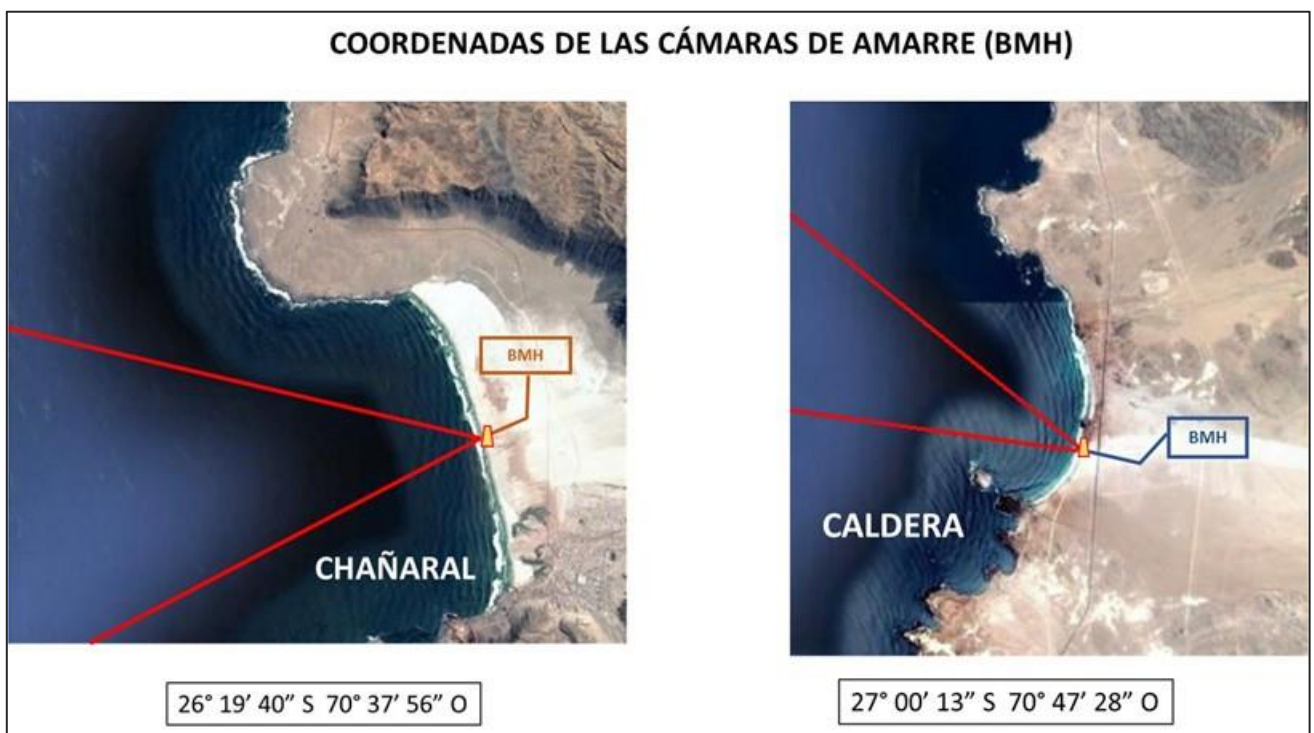


FIGURA 9.- BMH en Chañaral y Caldera (elaboración propia sobre Google Earth)

Playas de amarre de Huasco y Coquimbo:

En Huasco la playa elegida es amplia y está ubicada a unos 5 km al norte de la ciudad. Se trata de una playa abundante en arena, muy abierta hacia el Oeste y a 500 m del camino costero.

En Coquimbo la BMH quedará ubicada en la playa de Peñuelas y en las proximidades del antiguo anclaje del cable telegráfico de la Cable West Coast. El punto de anclaje está ubicado lejano al sector de fondeo del puerto, por lo que se estima será el lugar ideal para el anclaje del cable.

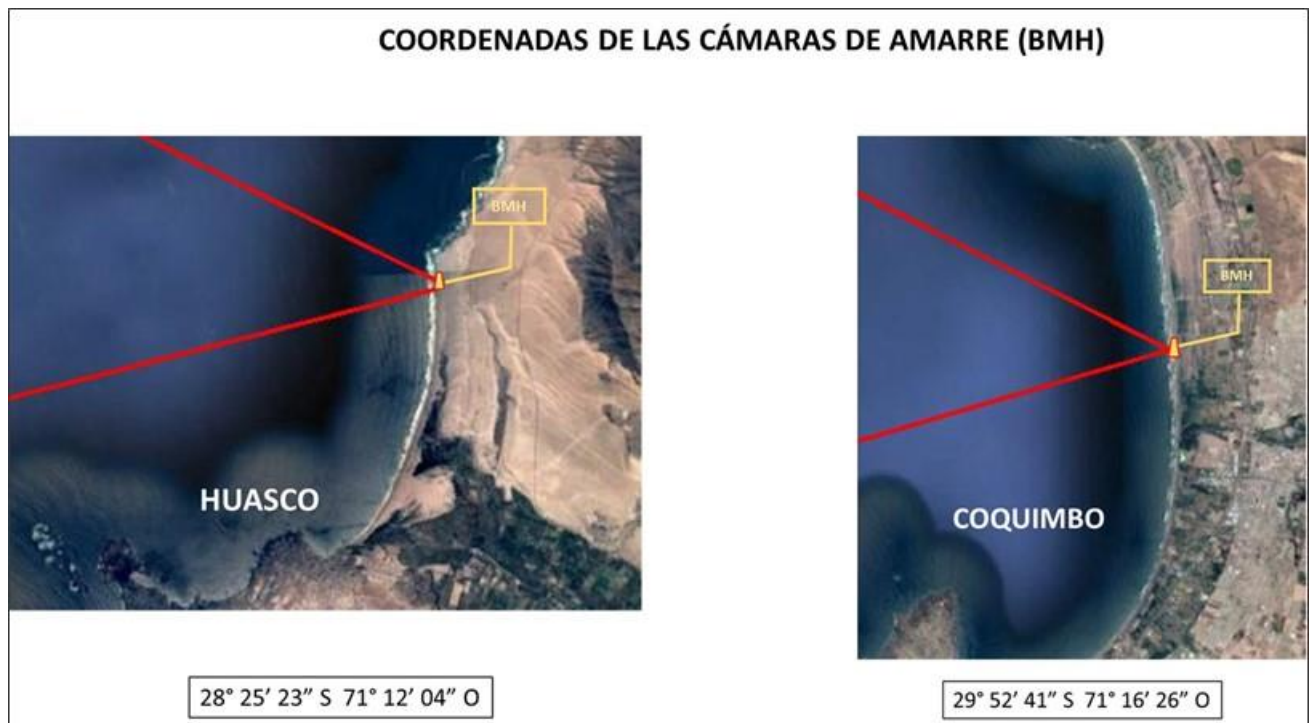


FIGURA 10.- BMH en Huasco y Coquimbo (elaboración propia sobre Google Earth)

Playas de amarre de Los Vilos y Valparaíso (Laguna Verde):

En Los Vilos se ha elegido para la BMH la playa ubicada 1.200 m al norte del puerto mecánico de la Minera Los Pelambres y a tres km de la ciudad. La playa es abundante en arena con proyección hasta más allá de los 50 metros de profundidad, donde se aprecia conchuela, fango, piedra y arena.

En Valparaíso se ubica la BMH en la Bahía de Laguna Verde, cinco km al sur de la ciudad y muy cercana al punto de amarre del cable SAM-1 de Telefónica (TIWS). La playa es amplia, de arena y está ubicada en una localidad que cuenta con unos 2.000 habitantes permanentes y más de 800 cabañas de veraneantes.

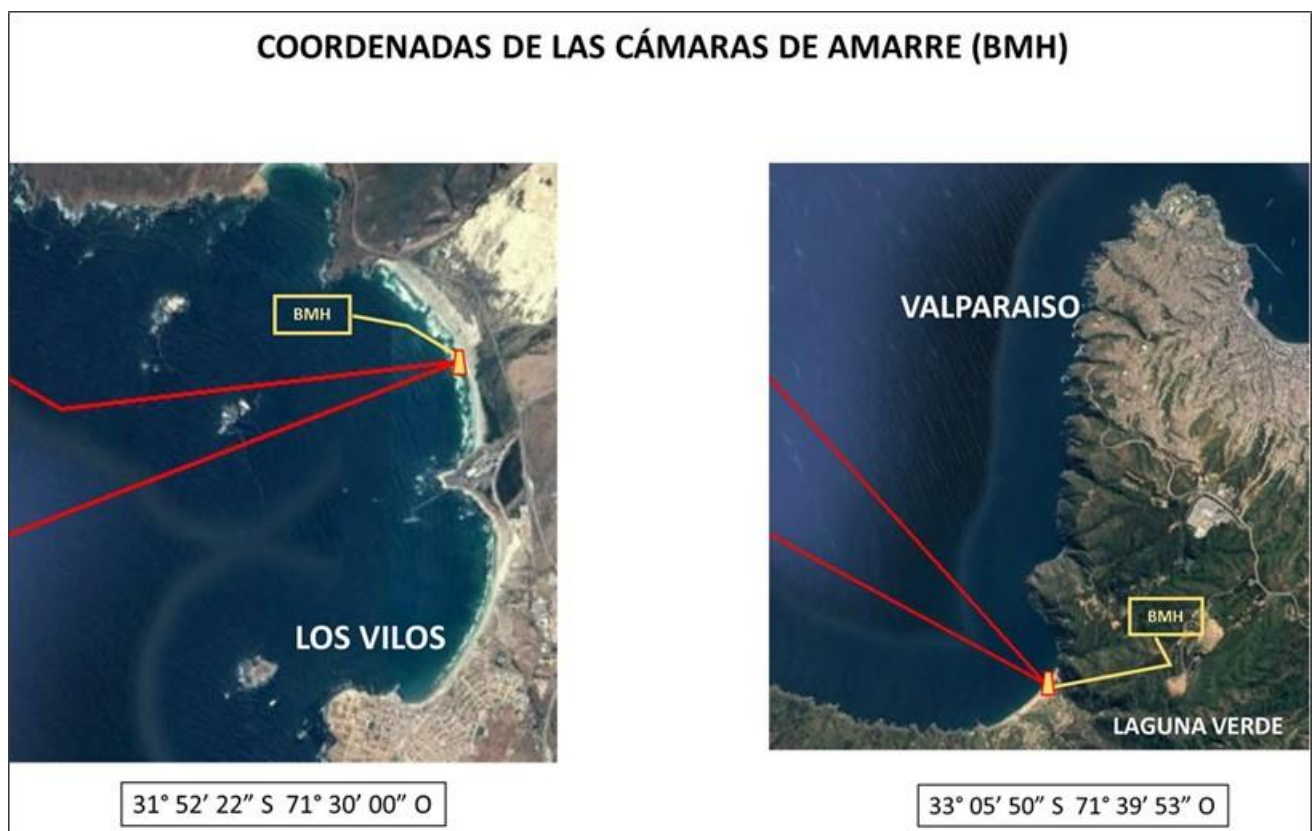


FIGURA 11.- BMH en Los Vilos y Valparaíso (elaboración propia sobre Google Earth)

Playas de amarre de San Antonio y Pichilemu:

Para San Antonio la BMH estará ubicada en la playa de Rocas de Santo Domingo, al sur de la desembocadura del río Maipo y a unos 3 km de la ciudad-puerto por caminos existentes. La playa es abierta al Pacífico y abundante en arena y su proyección mar adentro.

En Pichilemu se elige para la BMH la playa de arena ubicada entre la Punta Pichilemu y la Punta Lobos. Pese a que la playa es abundante en arena, sólo el DTS podrá determinar si es realmente adecuada, por cuanto la carta y la visita señalan existencia de arrecifes tanto en la playa (ocasionales) como en el fondo.



FIGURA 12.- BMH en San Antonio y Pichilemu (elaboración propia sobre Google Earth)

Playas de amarre de Constitución y Concepción:

En Constitución se propone ubicar la BMH en el sector del antiguo puerto marítimo embancado de la ciudad. El punto está justo frente a las instalaciones de la Celulosa Constitución y a menos de 500 m de la ciudad. El embanque es pródigo en arena con proyección mar adentro. No existe posibilidad de fondeo en el sector, puesto que este se produce al interior del río Maule y en el muelle Magüellines, ubicado bastante más al sur del sitio elegido.

En Concepción la elección de playa de amarre es bastante compleja, tanto por la gran actividad como por las características de la línea costera en esa zona del país. Para este propósito se ha elegido la bahía y playa de arena de San Vicente, alejando la ruta del cable de los sectores de fondeo, marinas, rocas y de instalaciones y estructuras existentes. La BMH estaría ubicada 300 m al sur de la cabeza en la playa del ducto de ENAP y los cables norte y sur pasarían a más de 600 metros al sur del punto de anclaje del barco en el extremo del ducto de carga. Además de ese obstáculo, la ruta de los cables debe esquivar las Rocas Navia Grande y Navia Chica.



FIGURA 13.- BMH en Constitución y Concepción (elaboración propia sobre Google Earth)

Playas de amarre de Puerto Saavedra y Niebla:

Para Puerto Saavedra se ha contemplado la BMH en una playa ubicada algo al sur de la ciudad, a 2.800 m de su centro, y frente a una zona poblada y con casas de veraneo. La playa es de arena y con importante proyección mar adentro.

En Niebla se ha elegido una playa situada unos 4 km al norte de esa localidad por el camino existente. La BMH quedaría instalada en el extremo sur de la playa, muy cercana a la Punta Ñumpulli. Esta playa de arena es la única que permite una llegada limpia del cable desde el norte y una salida menos compleja hacia el sur.

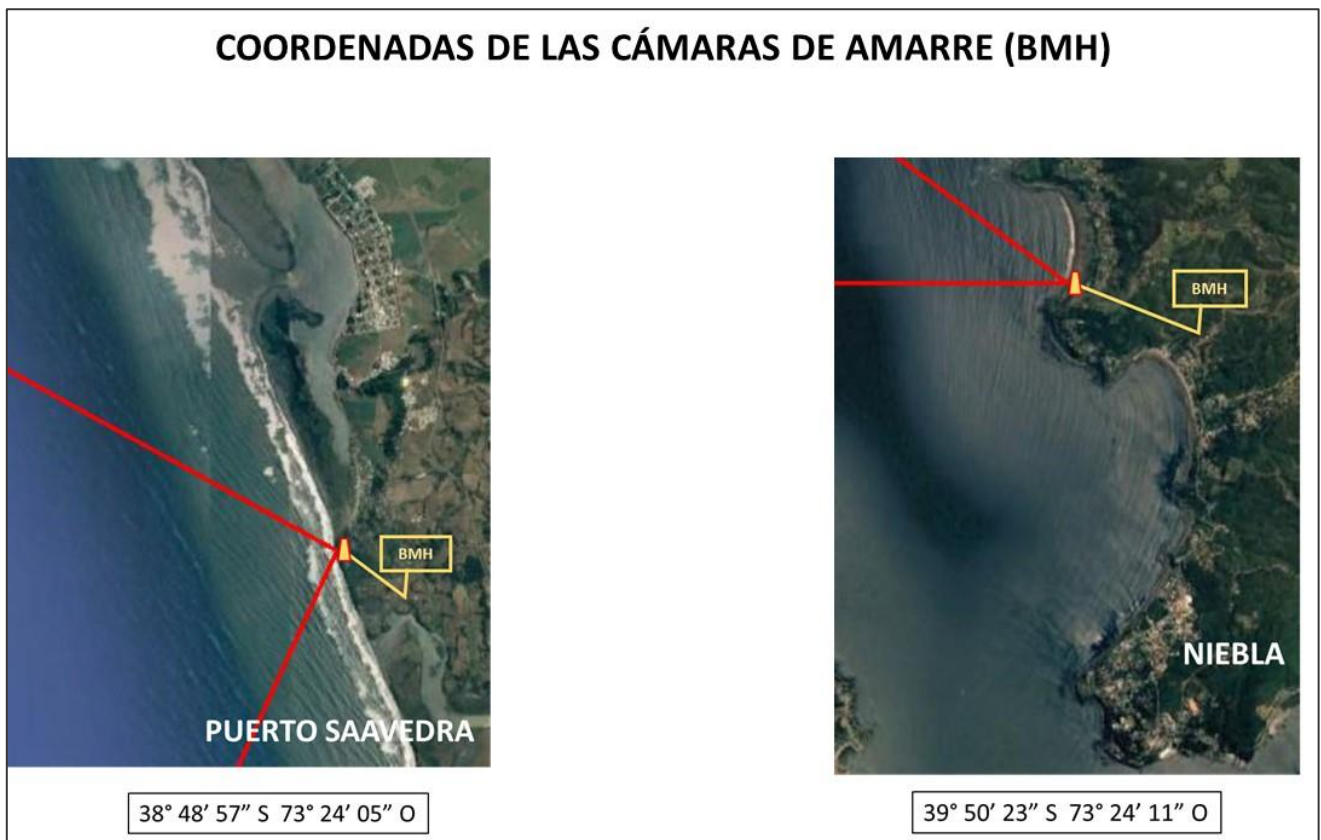


FIGURA 14.- BMH en Puerto Saavedra y Niebla (elaboración propia sobre Google Earth)

Playa de amarre de Bahía Mansa:

En Bahía Mansa el punto de amarre y la BMH están ubicadas en la playa de arena de Muicolpué, un kilómetro al sur de Bahía Mansa. La playa tiene proyección de arena más allá de los 20 m de profundidad y a casi 2 km de la playa. La ruta de ambos cables del festón pasará lejana a la zona de fondeo, que se realiza más hacia el sur buscando la protección del cerro y la Punta Muicolpué.

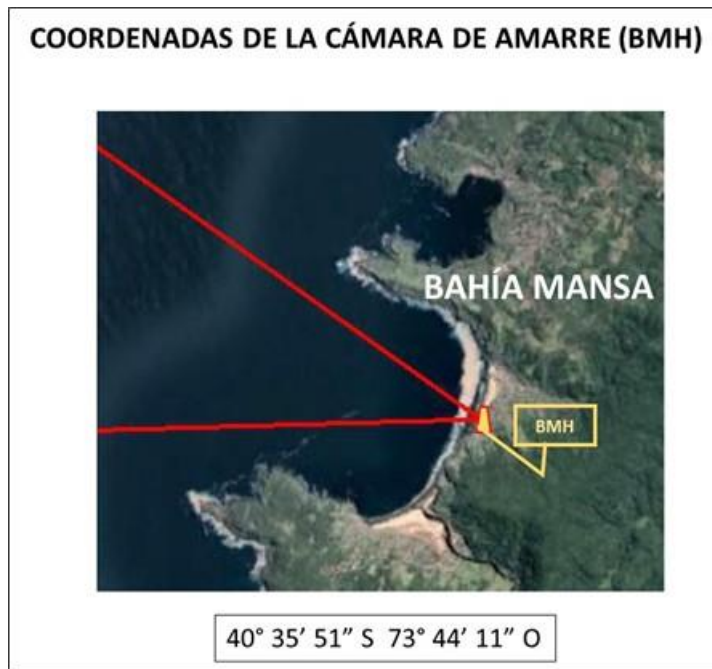


FIGURA 15.- BMH en Bahía Mansa (elaboración propia sobre Google Earth)

Playas de amarre de Carelmapu y Ancud:

La playa de amarre en Carelmapu para el festón es una larga playa situada al sur de la Bahía de Maullín. La BMH estará situada en el extremo sur de la playa de arena denominada Playa de la Yegua, justo antes de la Punta Chocoi, en el istmo que se produce entre la bahía y el Canal de Chacao. La playa es de abundante arena y aparenta una buena proyección de arena hacia profundidades cercanas a los 30 m.

El punto de amarre del cable de la extensión y su BMH hacia Ancud está situado en la playa de arena de Los Corrales, entre el Bajo Colo Colo y Punta Corrales. La playa muestra arena en el fondo hasta al menos mil metros hacia el canal de Chacao.

En Ancud la BMH queda ubicada en la playa de la bahía a más de un kilómetro de la desembocadura del río Pudeto, al frente de la entrada del puente hacia Ancud y a 150 metros del puente.



FIGURA 16.- BMH en Carelmapu y Ancud (elaboración propia sobre Google Earth)

8.10. Anexo TRIOT Troncal Submarina.

SEGMENTO ARICA – PISAGUA

La ruta desde Arica a Pisagua discurre por la plataforma continental (en adelante plataforma) con un importante tramo de sobre 1.000 metros de profundidad. En muchos puntos, sobre todo cerca de Arica la carta indica fango en el fondo. La profundidad máxima en el recorrido será del orden de los 1.200 metros.

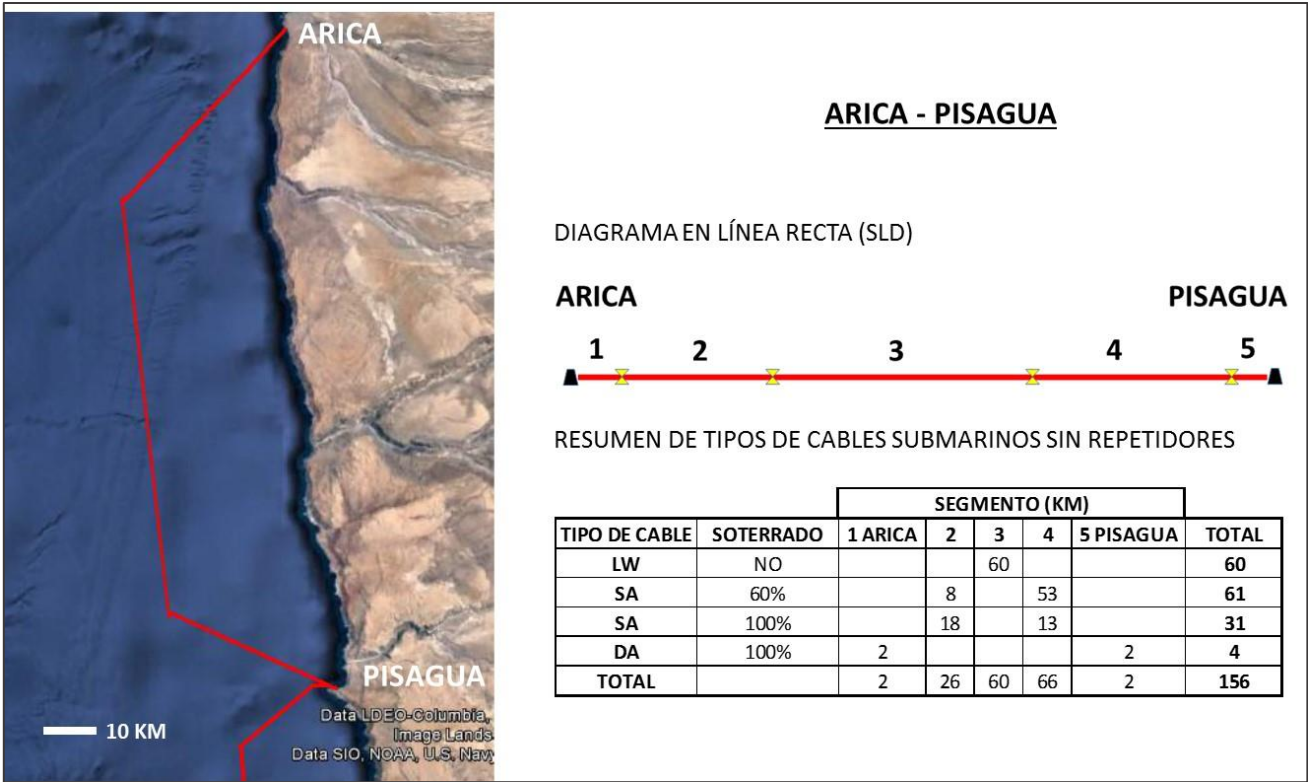


FIGURA 17.- Sistema sin repetidores Arica – Pisagua (elaboración propia sobre Google Earth)

SEGMENTO PISAGUA – IQUIQUE

La ruta entre Pisagua e Iquique se desarrolla sobre la plataforma, con indicaciones de presencia de fango casi en toda la ruta. La profundidad media estará en el orden de los 600 y 700 m y la máxima de 1.100 m quedará ubicada en un corto recorrido por sobre 1.000 m.

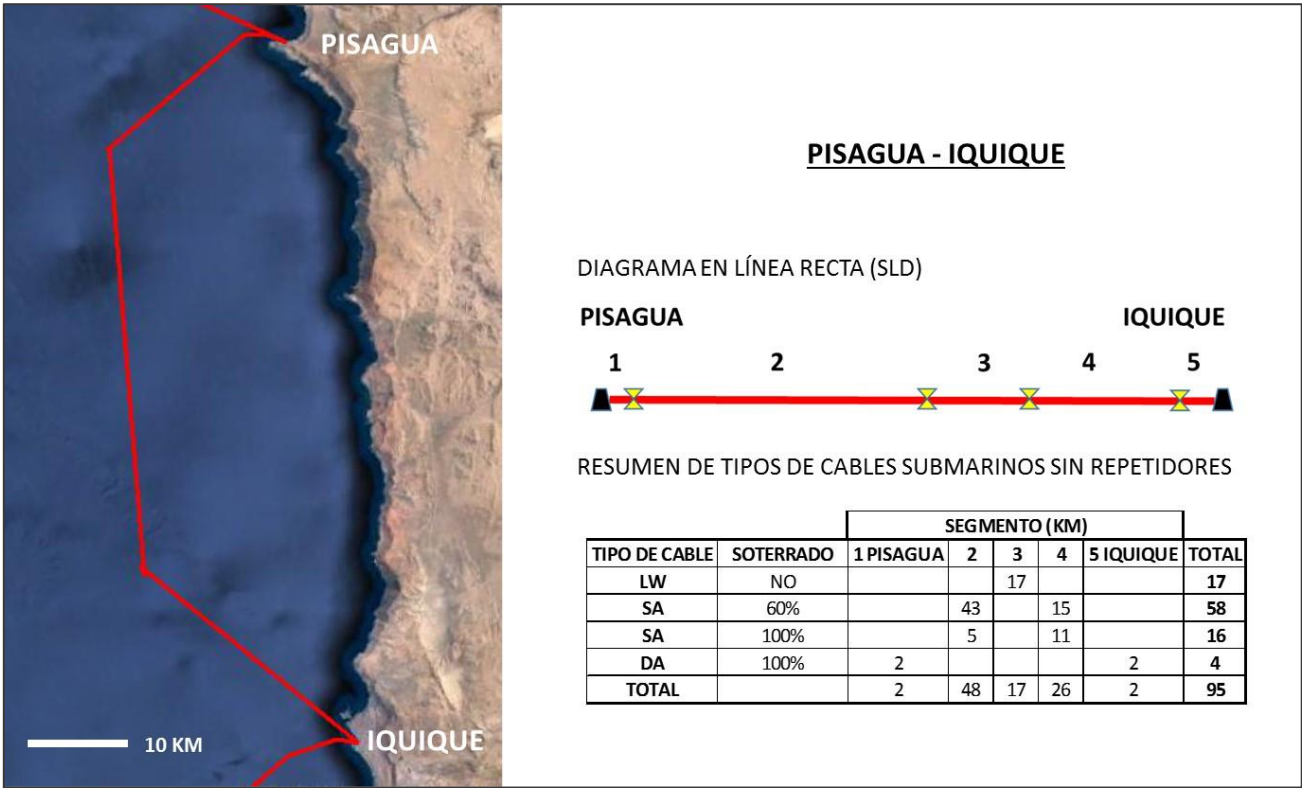


FIGURA 18.- Sistema sin repetidores Pisagua – Iquique y BMH en Tocopilla (elaboración propia sobre Google Earth)

SEGMENTO IQUIQUE – TOCOPILLA

La ruta entre Iquique y Tocopilla se ha trazado por la plataforma en profundidades del orden de los 600 y 700 metros, mayoritariamente sobre fango, alcanzando profundidades sobre los 1.000 m algo antes de llegar a Tocopilla. La profundidad máxima será de unos 1.300 m.

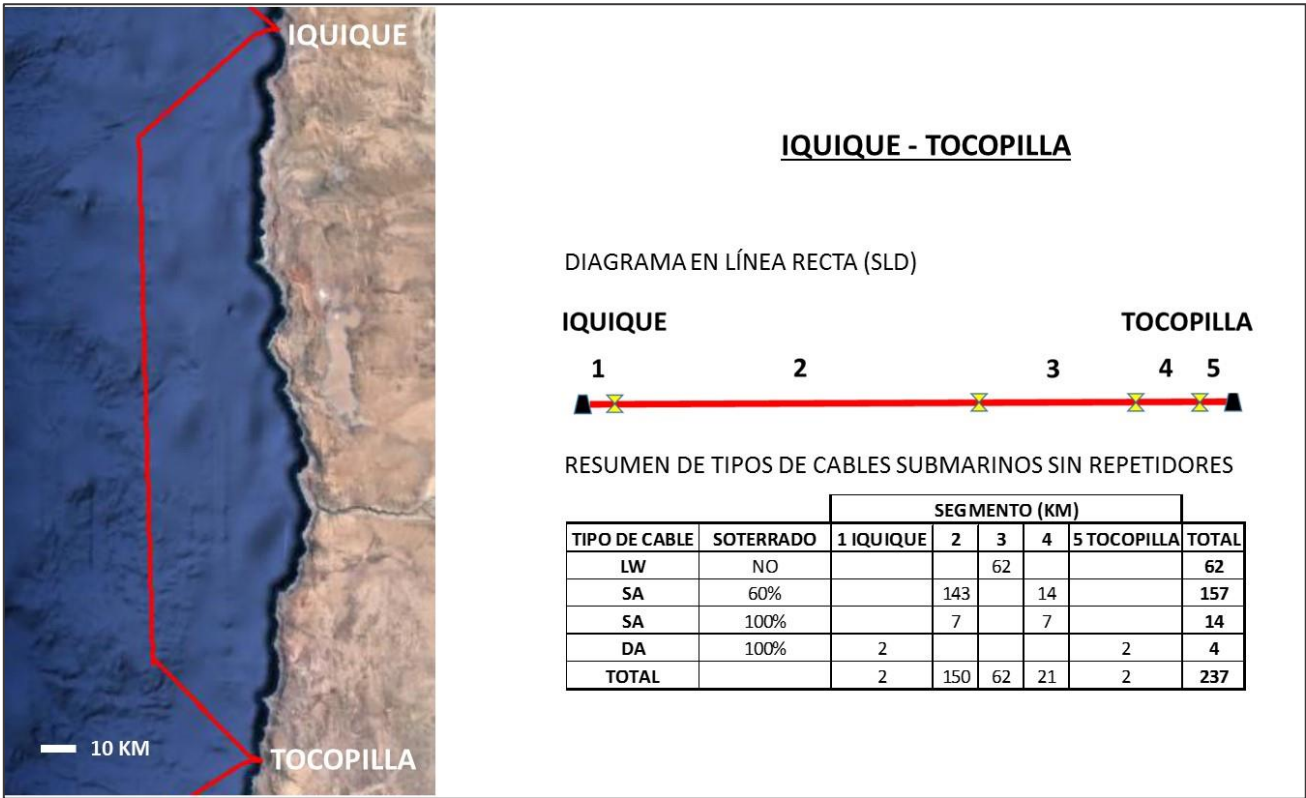


FIGURA 19.- Sistema sin repetidores Iquique - Tocopilla (elaboración propia sobre Google Earth)

SEGMENTO TOCOPILLA – ANTOFAGASTA

La ruta entre Tocopilla y Antofagasta alcanza profundidades por sobre los 3.000 m frente a la Península de Mejillones, es decir, está en la zona límite entre la plataforma y el talud. Es un sector que solamente el DTS y el survey marino podrán precisar y evaluar con exactitud. Sólo en el extremo norte del recorrido se aprecia fango en el fondo.

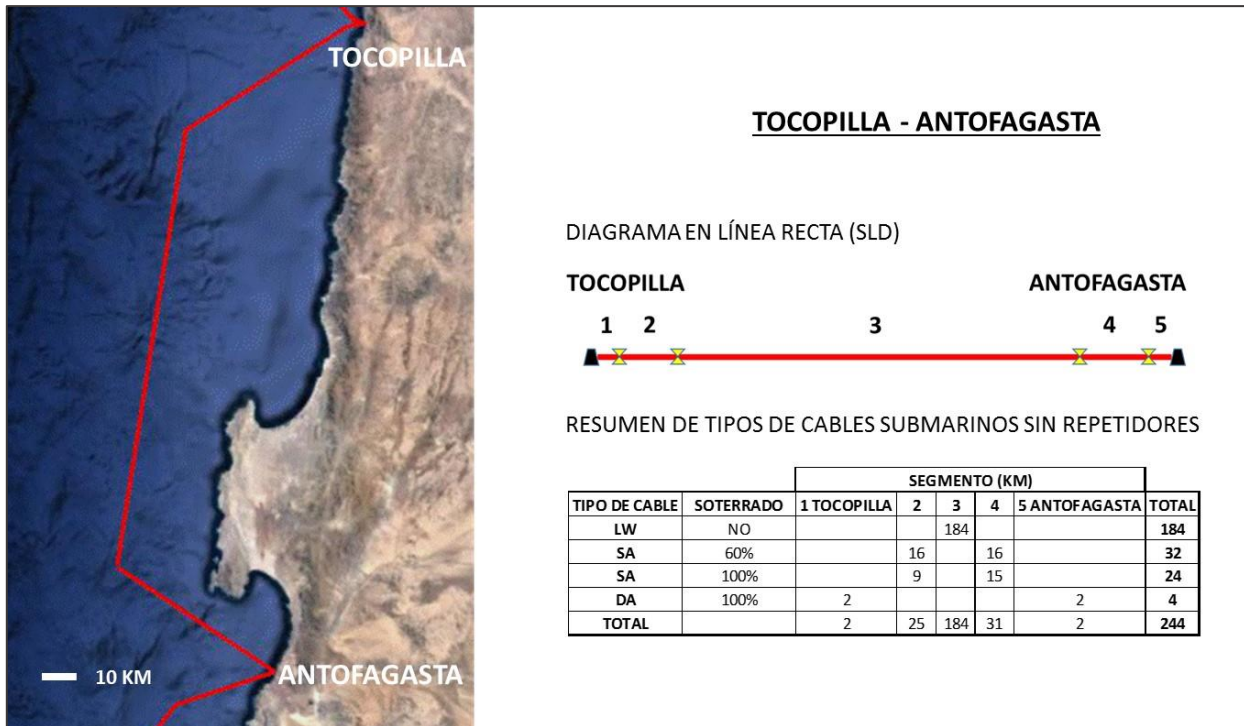


FIGURA 20.- Sistema sin repetidores Tocopilla – Antofagasta y BMH en Taltal (elaboración propia sobre Google Earth)

SEGMENTO ANTOFAGASTA – TALTAL

Entre Antofagasta y Taltal la ruta recorre también la zona inicial del talud en profundidades por sobre los 2.000 m. La carta respectiva muestra fango, conchuela y arena en gran parte del recorrido.

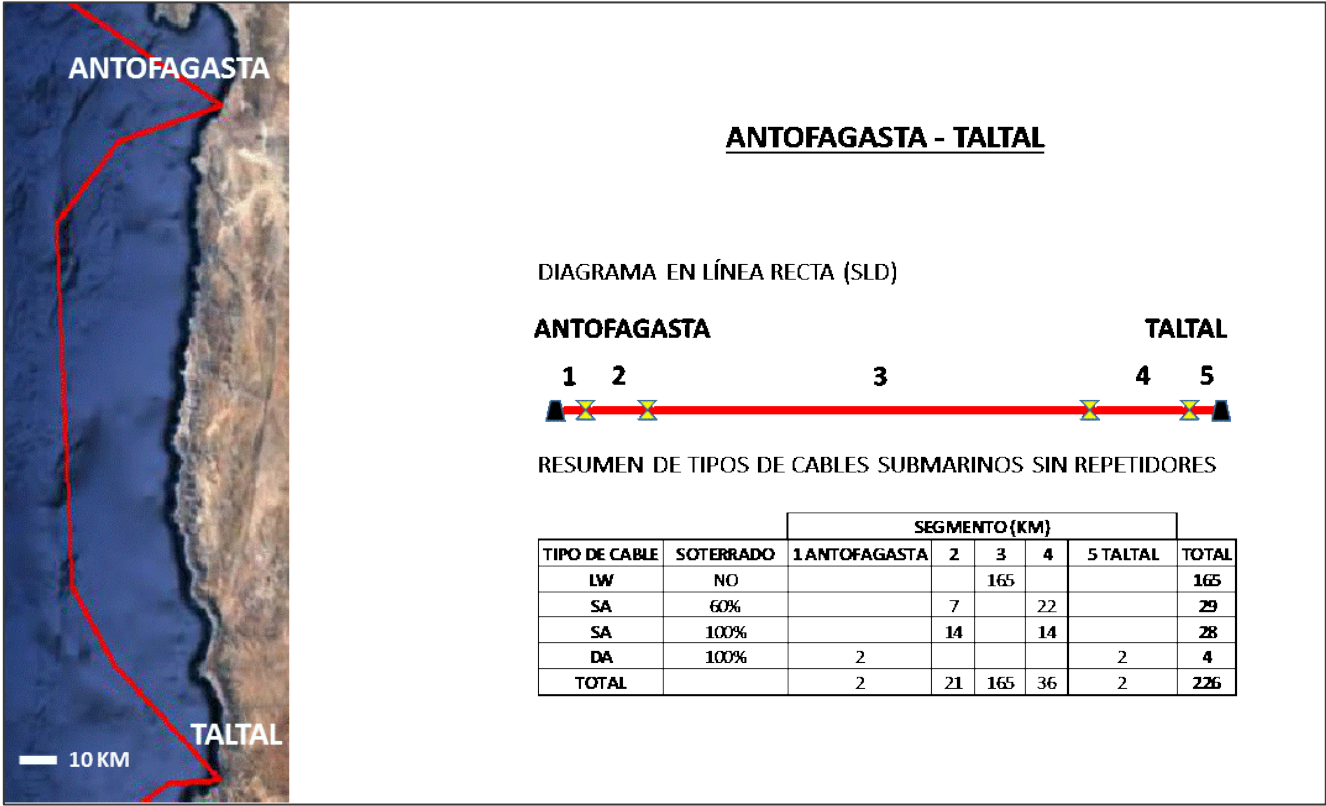


FIGURA 21.- Sistema sin repetidores Antofagasta - Taltal (elaboración propia sobre Google Earth)

SEGMENTO TALTAL - CHAÑARAL

La ruta entre Taltal y Chañaral sigue en gran parte la plataforma, pero en su sector norte alcanza la cota batimétrica de los 3.000 m. Esta ruta puede ser ajustada por el DTS y el survey marino y, tal vez, llevada enteramente a la plataforma.

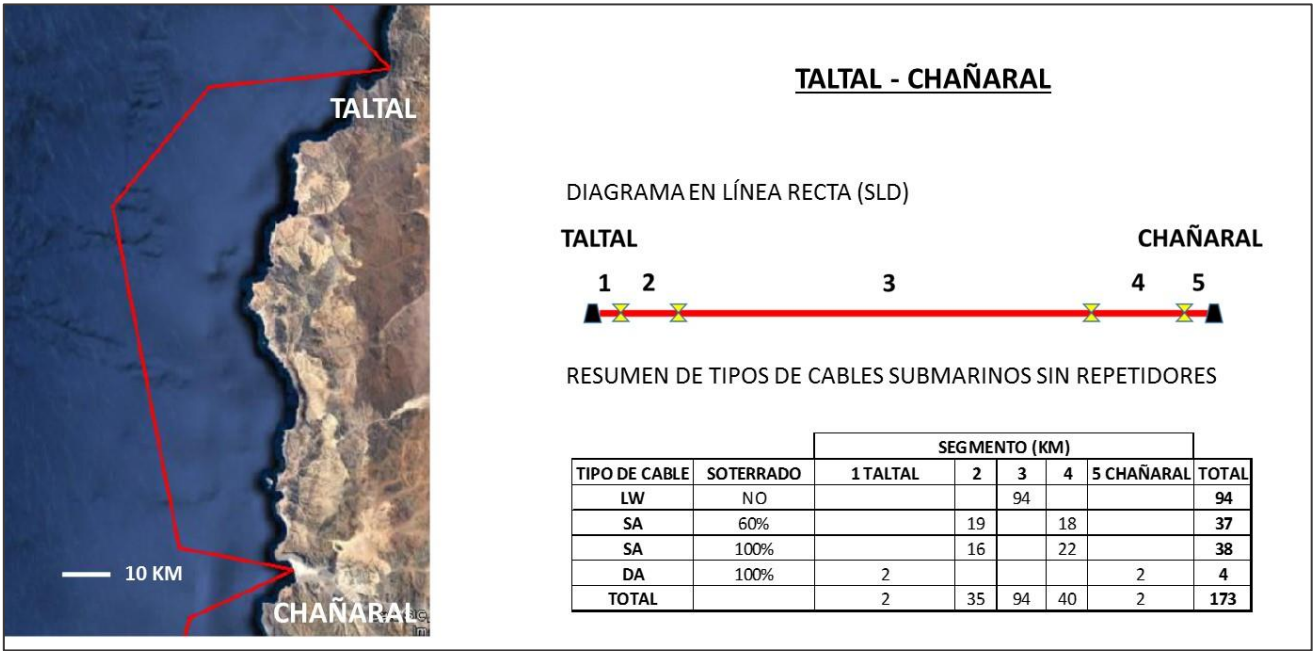


FIGURA 22.- Sistema sin repetidores Taltal - Chañaral (elaboración propia sobre Google Earth)

SEGMENTO CHAÑARAL - CALDERA

Entre Chañaral y Caldera la ruta vuelve a la plataforma, con profundidades de 600 y 700 m, fondo de arena y fango; pero que sin embargo muestra roca y piedra en la llegada a Caldera, por lo que deberá ser ajustada por el survey respectivo.

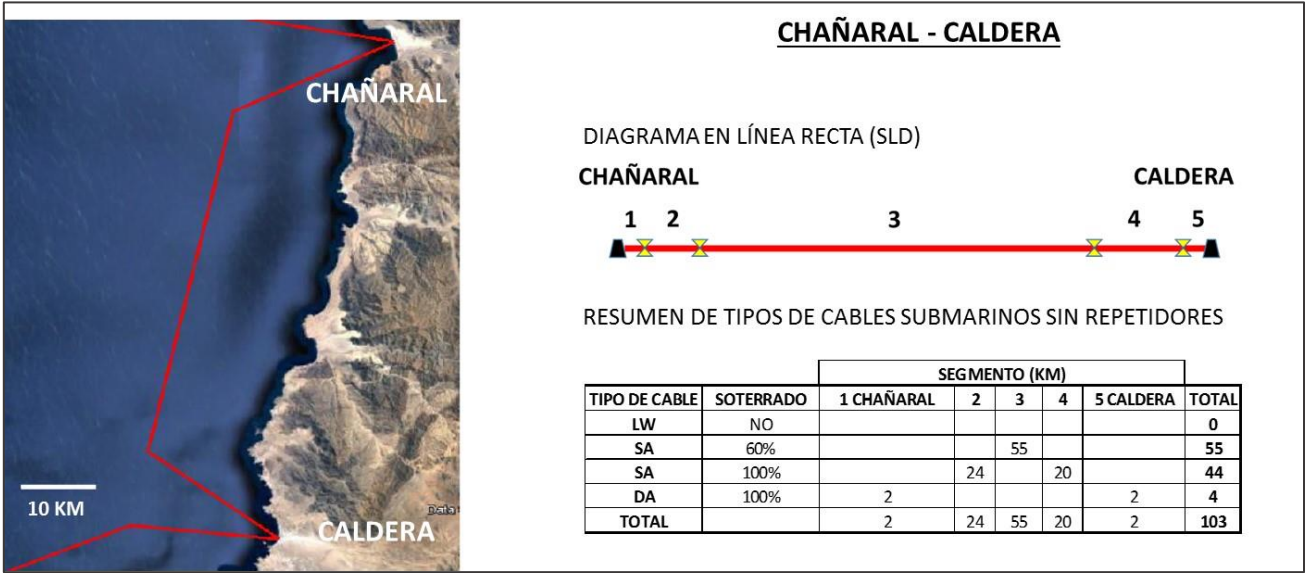


FIGURA 23.- Sistema sin repetidores Chañaral - Caldera (elaboración propia sobre Google Earth)

SEGMENTO CALDERA - HUASCO

Entre Caldera y Huasco el recorrido está mayoritariamente trazado en profundidades sobre los 2.000 m y en un sector en el cual no se aprecia muy nítidamente la plataforma y en el cual la carta muestra arena, fango y arcilla. La profundidad máxima será cercana a los 3.000 m.

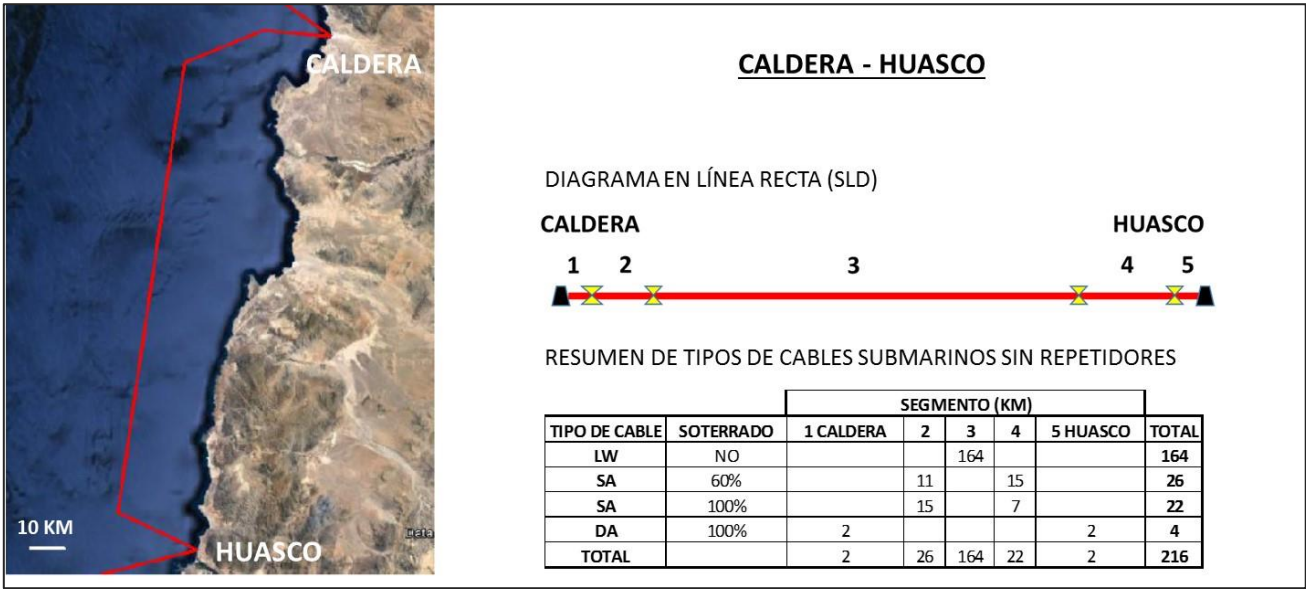


FIGURA 24.- Sistema sin repetidores Caldera - Huasco (elaboración propia sobre Google Earth)

SEGMENTO HUASCO -COQUIMBO

La ruta entre Huasco y Coquimbo transcurre en la zona entre la plataforma y el talud a profundidades entre 2.000 y 3.000 m. La profundidad máxima será de unos 4.200 m. Es una ruta difícil de ajustar hacia la costa debido a que pasa sólo a 10 mn del sector de las islas de Chañaral, Choros y Damas. La carta exhibe sólo fango y arena en partes de la ruta.

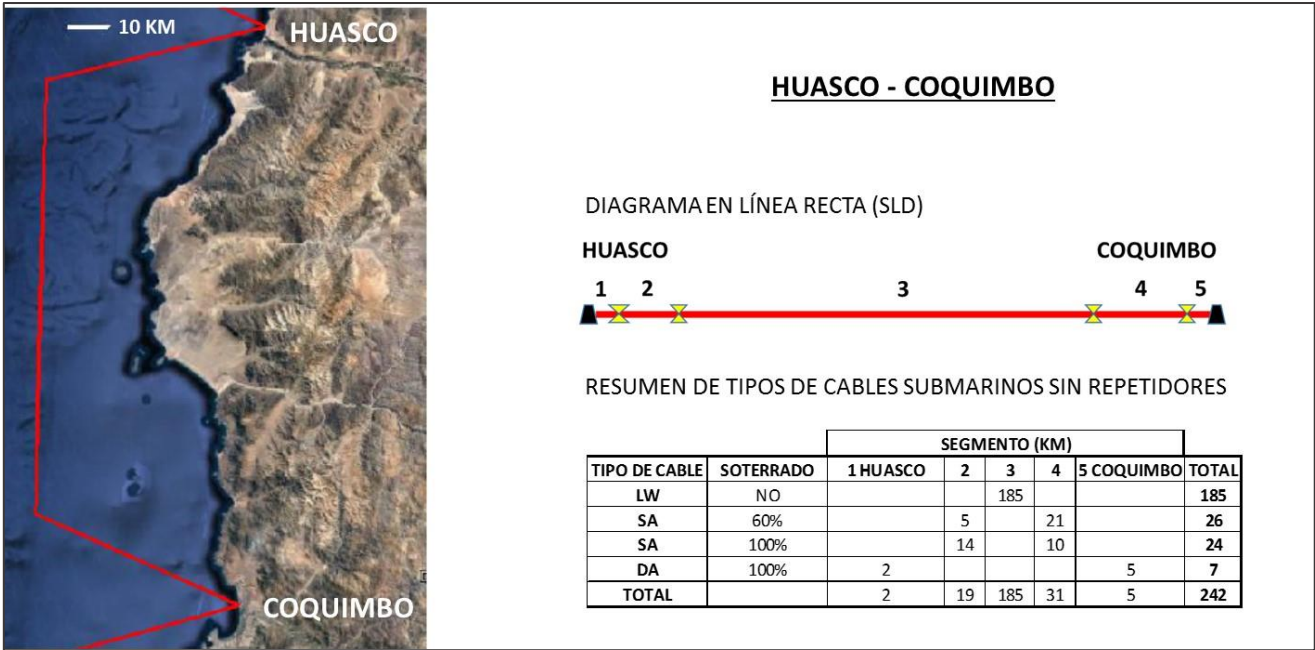


FIGURA 25.- Sistema sin repetidores Huasco - Coquimbo (elaboración propia sobre Google Earth)

SEGMENTO COQUIMBO – LOS VILOS

La ruta entre Coquimbo y Los Vilos evita todas las zonas de anclaje de ambos puertos. El tendido transcurre fundamentalmente en el talud en aguas profundas de hasta 3.000 metros y es complejo en su entrada a la Bahía Conchalí, por la existencia de islas, islotes y arrecifes. En algunos puntos de la ruta también se observa fango y grava.

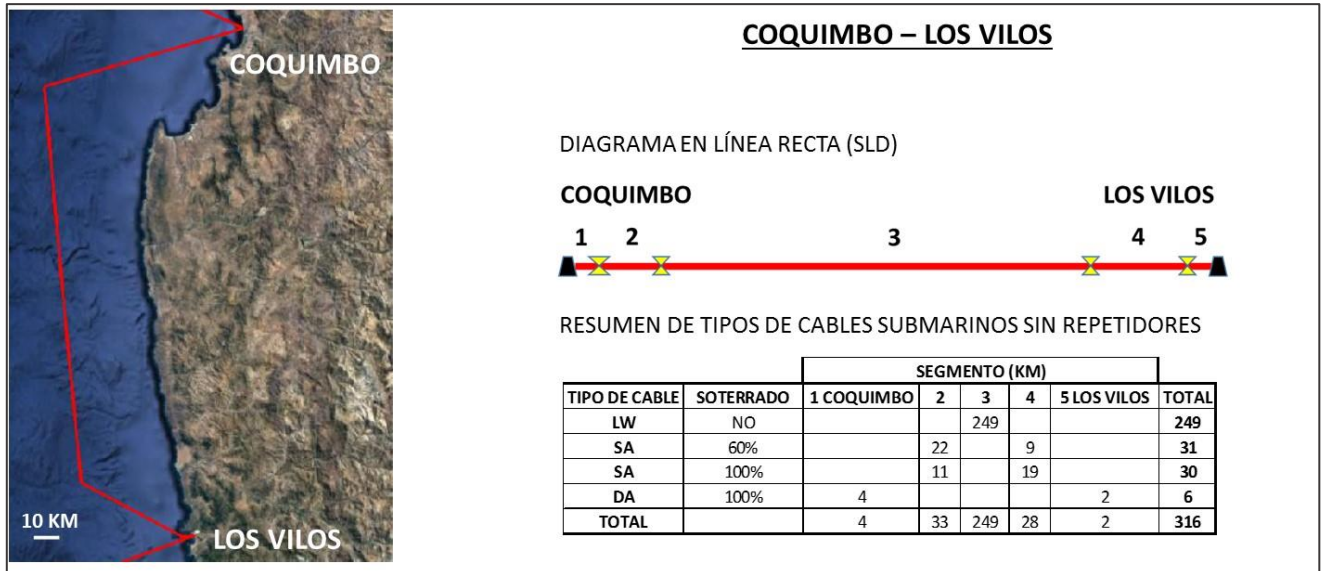


FIGURA 26.- Sistema sin repetidores Coquimbo - Los Vilos (elaboración propia sobre Google Earth)

SEGMENTO LOS VILOS - VALPARAÍSO

El trazado entre Los Vilos y Valparaíso (Laguna Verde) está situado casi en su totalidad en profundidades por sobre los 1.000 m; la profundidad máxima alcanza los 2.200 m en su segmento sur. La carta respectiva indica fango en algunos sitios del trazado.

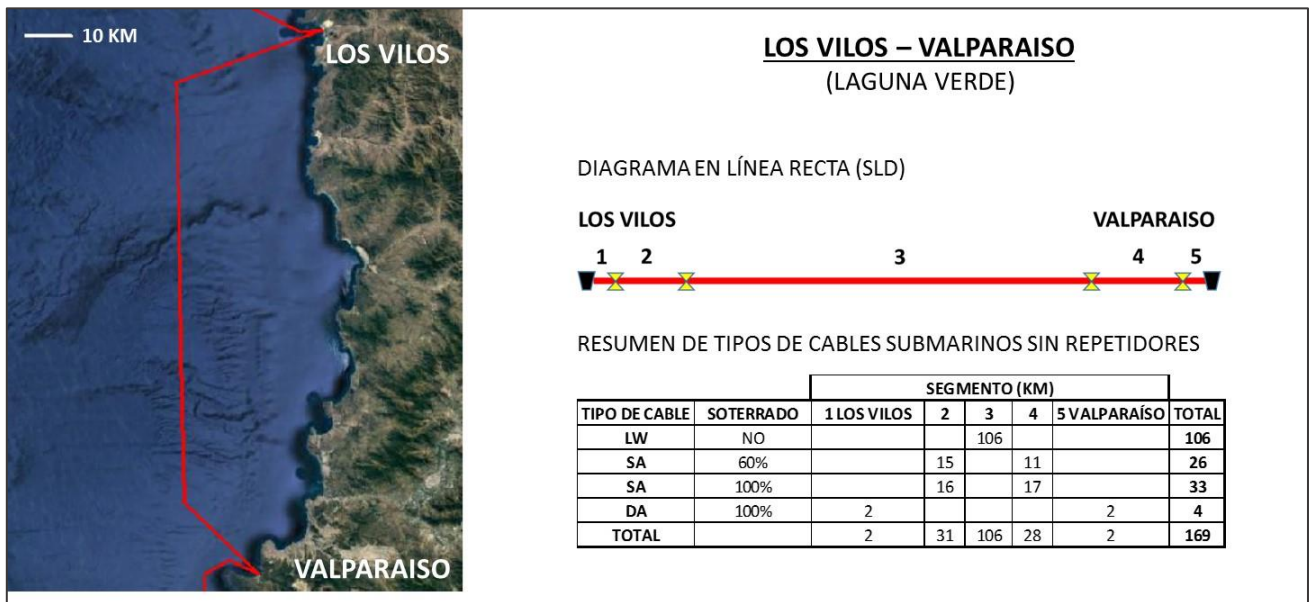


FIGURA 27.- Sistema sin repetidores Los Vilos - Valparaíso (elaboración propia sobre Google Earth)

SEGMENTO VALPARAÍSO – SAN ANTONIO

Este tramo corto se justifica por la trascendencia de ambos puertos en el contexto social y económico del país, la que no permite obviar un nodo óptico de la troncal nacional en San Antonio. La ruta será 100 % soterrada en cables armados puesto que transcurre en profundidades cercanas a la profundidad batimétrica de los 100 m, teniendo sin embargo un máximo de unos 620 m frente al balneario de Cartagena. La salida al sur del cable en Laguna Verde deberá ser un tema de observación en el DTS, por cuanto dicha playa presenta la obstrucción de arrecifes en Punta Curaumilla. Se anticipa fondos de arena o fango en el recorrido.

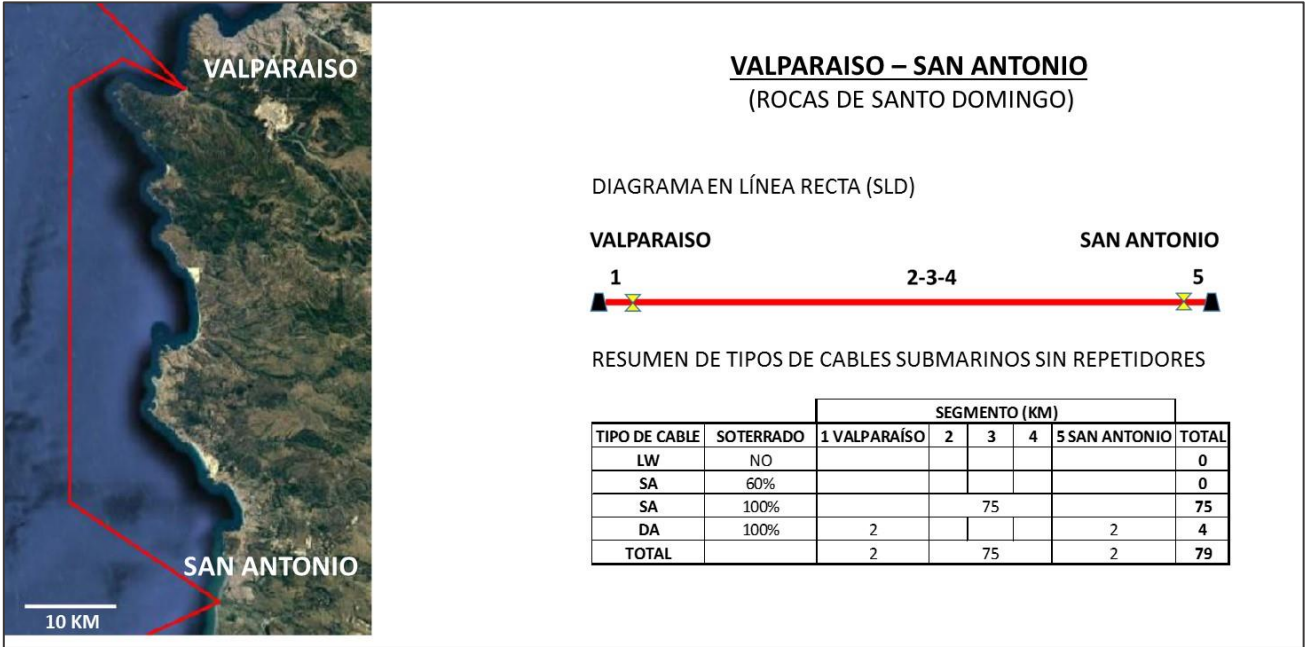


FIGURA 28.- Sistema sin repetidores Valparaíso – San Antonio (elaboración propia sobre Google Earth)

SEGMENTO SAN ANTONIO - PICHILEMU

La ruta entre San Antonio y Pichilemu se desarrolla en su totalidad más bien cercana a los 100 m, razón por la cual el cable deberá ser totalmente soterrado en el fondo de fango. Como se observa en la figura, el trazado pasa a menos de 5 mn de la Punta Topocalma.

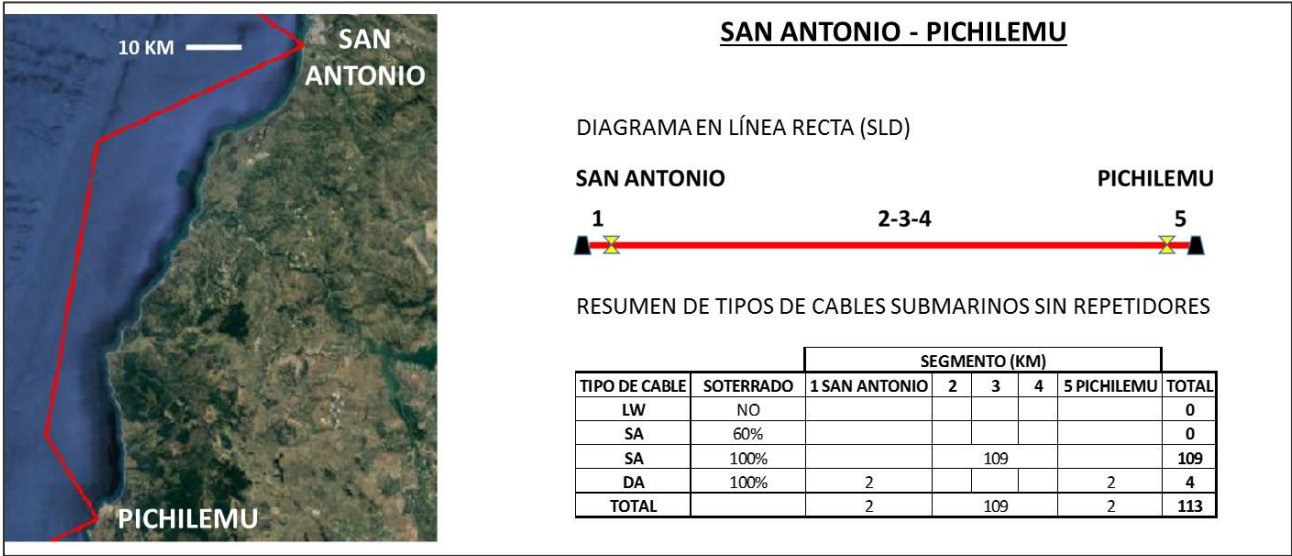


FIGURA 29.- Sistema sin repetidores San Antonio - Pichilemu (elaboración propia sobre Google Earth)

SEGMENTO PICHILEMU - CONSTITUCIÓN

Entre Pichilemu y Constitución la ruta por la plataforma está desplegada entre los 100 y 200 metros de profundidad a 10 mn de la costa. En su totalidad el trazado transcurre sobre fango y arena, lo que favorece el soterramiento.

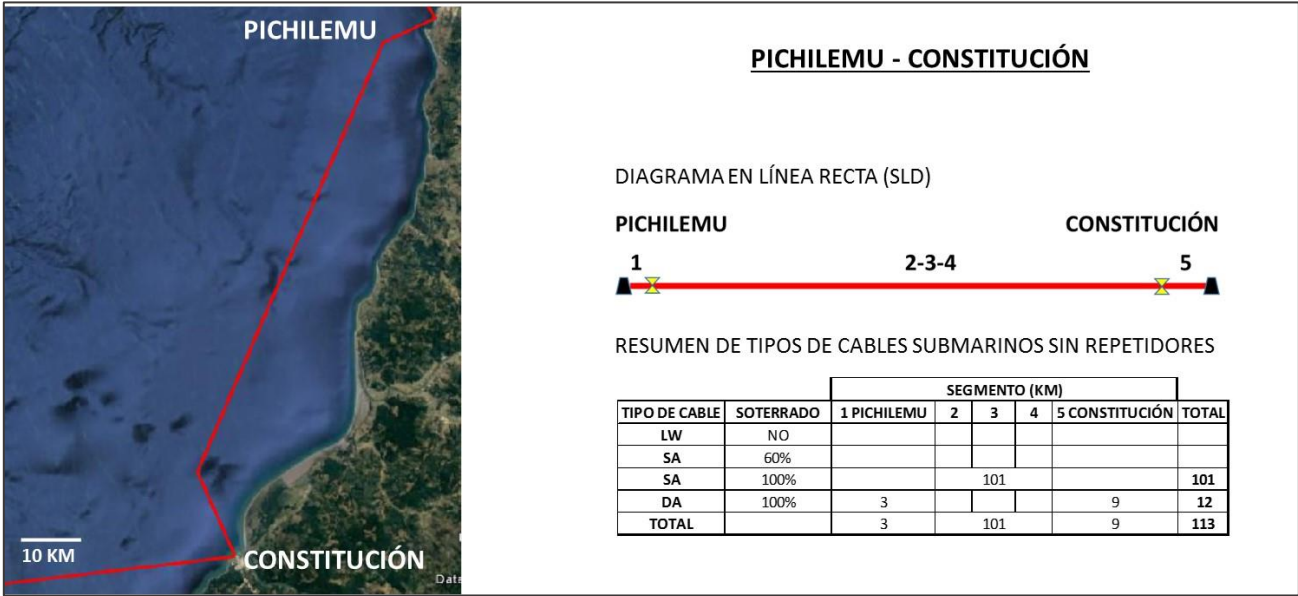


FIGURA 30.- Sistema sin repetidores Pichilemu - Constitución (elaboración propia sobre Google Earth)

SEGMENTO CONSTITUCIÓN - CONCEPCIÓN

La ruta entre Constitución y Concepción, San Vicente, se despliega en general por sobre la curva batimétrica de los 200 m entrando a la zona sur del tendido a profundidades ya más cercanas a los 100 m; la profundidad máxima alcanzada estará en el orden de los 340 m.

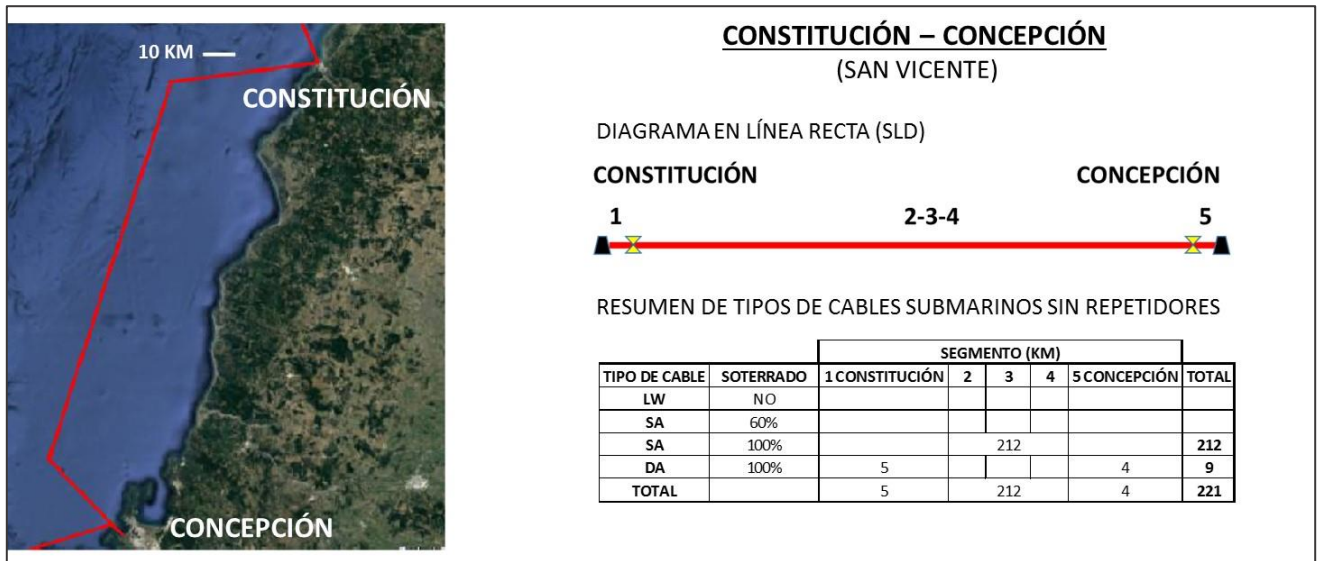


FIGURA 31.- Sistema sin repetidores Constitución - Concepción (elaboración propia sobre Google Earth)

SEGMENTO CONCEPCIÓN – PUERTO SAAVEDRA

Entre Concepción y Puerto Saavedra alcanza rápidamente la zona batimétrica de los 1.000 m, tanto para alejarse de la boca del río Bio Bio como para evitar en lo posible el efecto de su trinchera en el fondo. La ruta se traza en el talud casi en todo su recorrido, alcanzando una profundidad máxima de unos 1.600 m al sur de isla Mocha zona donde también hay una mínima de 90 m en el extremo norte de la isla. Se espera fango y arena en el recorrido, especialmente en su aproximación a Puerto Saavedra.

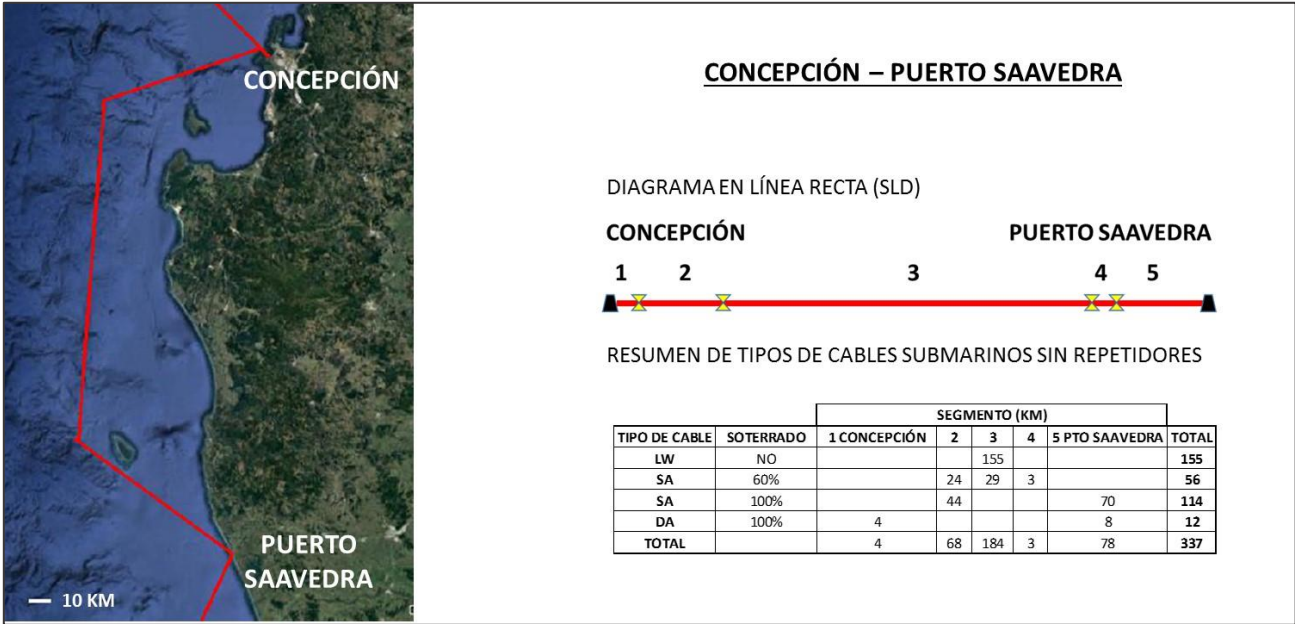


FIGURA 32.- Sistema sin repetidores Concepción – Puerto Saavedra (elaboración propia sobre Google Earth)

SEGMENTO PUERTO SAAVEDRA - NIEBLA

Prácticamente todo el recorrido desde Puerto Saavedra a Niebla se realiza en profundidades inferiores a los 100 m y en fondo de fango y/o arena; salvo en la llegada a la playa, donde habrá que evitar la presencia de rocas y piedras en el fondo.

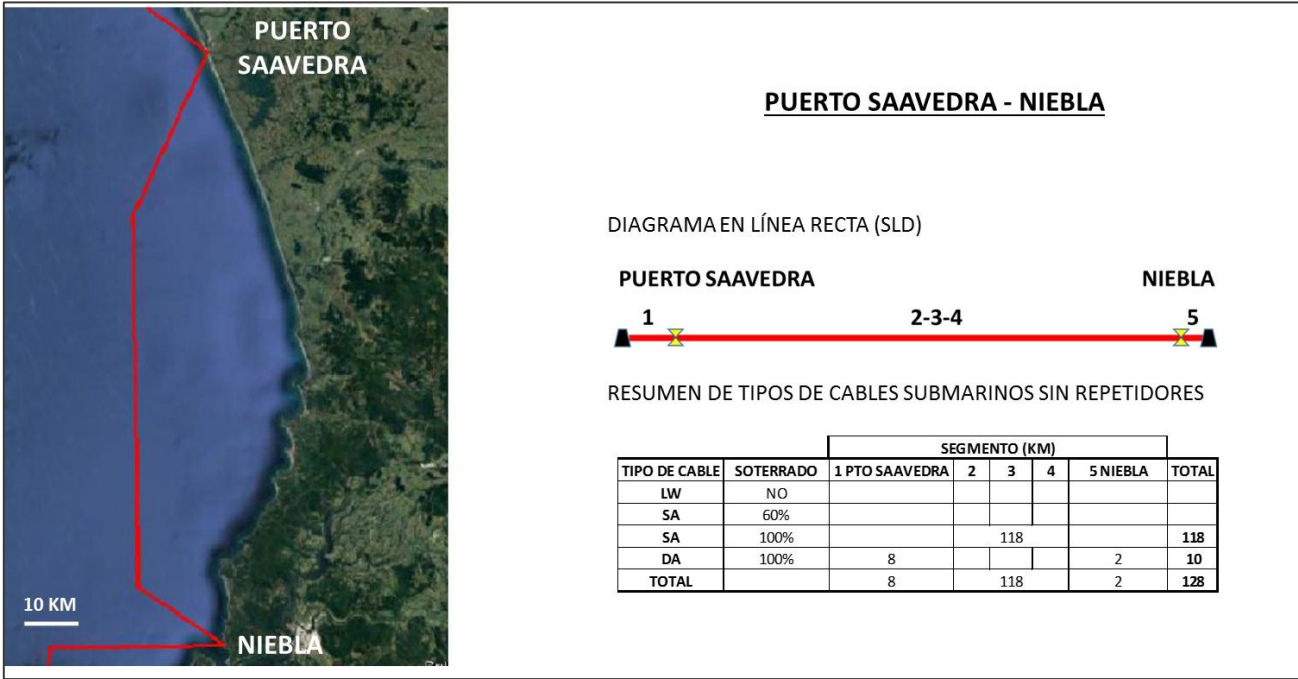


FIGURA 33.- Sistema sin repetidores Puerto Saavedra - Niebla (elaboración propia sobre Google Earth)

SEGMENTO NIEBLA – BAHÍA MANSA

Desde Niebla a Bahía Mansa el cable será soterrado en todo el trayecto, por cuanto también se desarrolla en profundidades del orden de los 100 m y sobre fondo de arena y/o fango. Al salir de Niebla el cable debe enfilar directamente al Oeste para superar la obstrucción que implica la línea costera al sur de dicha localidad.

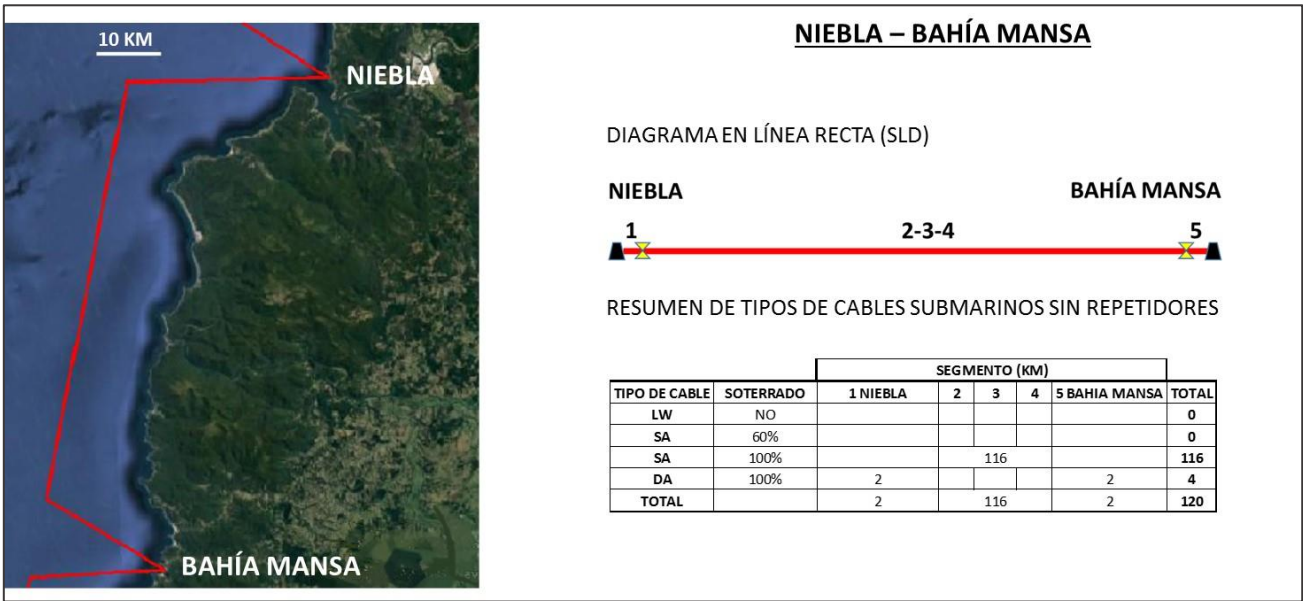


FIGURA 34.- Sistema sin repetidores Niebla – Bahía Mansa (elaboración propia sobre Google Earth)

SEGMENTO BAHÍA MANSA - CARELMAPU

Toda la ruta entre Bahía Mansa y Carelmapu se realiza por aguas con profundidades en el orden de los 100 m, siendo la máxima estimada en 200 m. La carta no señala composición del fondo, pero se estima fango en gran parte de la ruta.

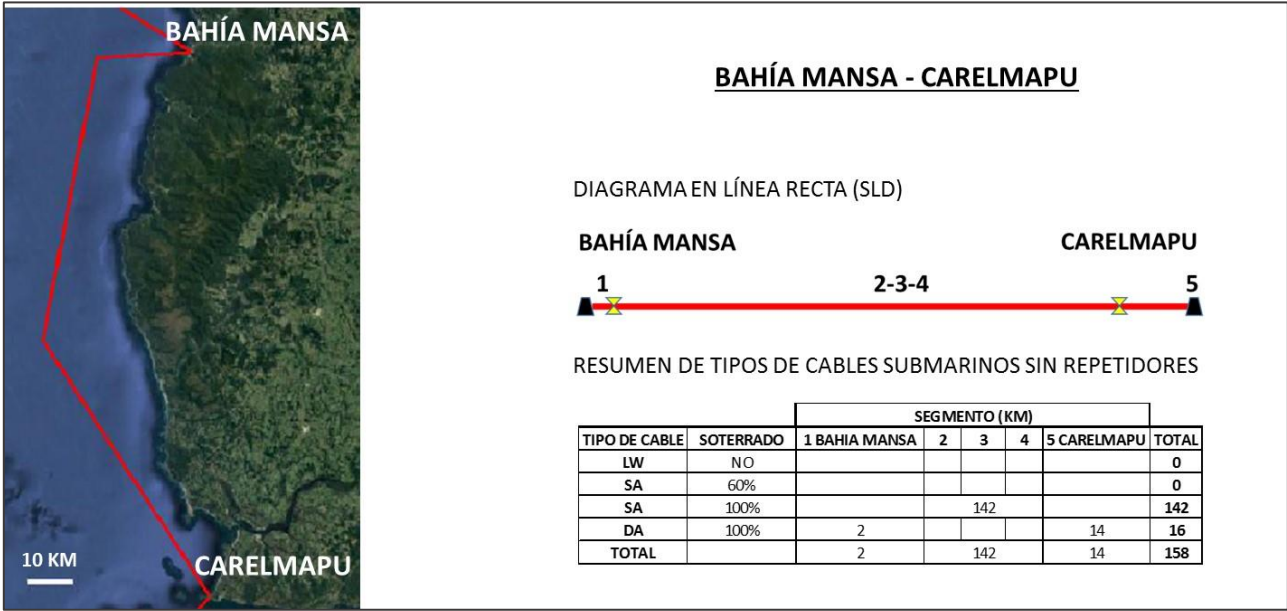


FIGURA 35.- Sistema sin repetidores Bahía Mansa - Carelmapu (elaboración propia sobre Google Earth)

EXTENSIÓN CARELMAPU - ANCUD

Esta extensión de unos 15 kilómetros debe ser estudiada en detalle, por cuanto el tendido se realizará en aguas muy poco profundas (menos de 7 m en varios sectores y no más de 40 m en sus partes profundas); obviamente el cable debe ser cuidadosamente soterrado a no menos de 1,5 metros y además protegido con bolsas de cemento.

Respecto a este último tramo de la TNIT Sub, para su instalación se trabaja en casi todo el tendido con buzos profesionales y una barcaza apropiada, porque la profundidad lo permite. Donde hay arena, se entierra con lanza de agua, si hay roca se esquila o se adapta el cable a la forma del fondo y se cubre con bolsas de cemento u otro artificio. En esta área es esencial que la autoridad marítima disponga las medidas de protección del cable, determine una franja de prohibición de anclaje y pesca, la indique claramente en las cartas y controle su cumplimiento por parte de todo tipo de embarcaciones.

La BMH en Carelmapu estará ubicada a 2,5 km de la ciudad y en Ancud se estima a 1,5 km. El cable a utilizar será de 96 fibras estándar G.652 D, armado y sus características y modalidad de instalación serán determinadas por la ingeniería de detalle.

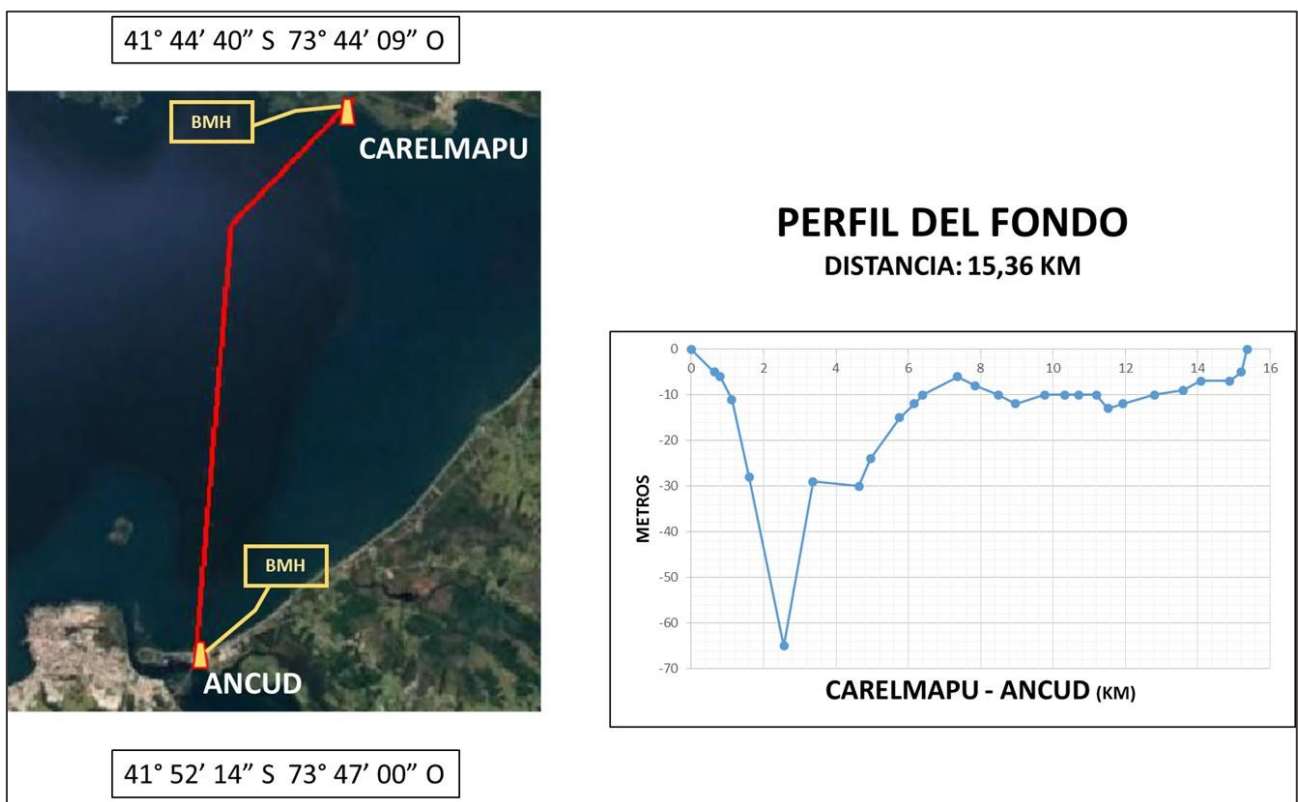


FIGURA 36.- Detalle extensión de sistema Carelmapu – Ancud (elaboración propia sobre Google Earth)

9. Referencias y Bibliografía

Estudios de demanda:

1. Avances “Estudio de la situación y de demanda futura de uso de infraestructura de telecomunicaciones en hogares.”
2. Avances “Estudio de demanda global de Servicios Públicos”.
3. Avances “Estudio de la situación actual, y los requerimientos de demanda futura de uso de infraestructura de telecomunicaciones de la agroindustria”.
4. Avances “Estudio de demanda de infraestructura de telecomunicaciones en el área geográfica de la Gran Minería del Norte y la Astronomía”
5. Informe Final “Estudio de la situación y de demanda futura de uso de infraestructura de telecomunicaciones en hogares”.

Normativa técnica de la industria:

ANSI/EIA/TIA 942: Telecommunication Infrastructure Standards for Datacenters, 2005

ANSI/NECA/BICSI-002 Datacenters Design and Infrastructure Best Practices.

NFPA Fire Protection Handbook

NFPA 75: Standards for the Fire Protection of Information Technology Equipment.

NFPA 76: Standards for the Fire Protection Telecommunication Facilities.

NFPA 2001: Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems, 2008 Edition.

Normas UIT Comisión de Radiocomunicaciones

Normativa Tier IV Uptime Institute

Normativa Chilena de la Construcción

Normativa Chilena de Electricidad:

I. **NCh Elect 4/2003**

II. **N SEG 5 En 71**

Telecommunication Industry Association <http://www.tiaonline.org/>

Uptime Institute <http://uptimeinstitute.com>

Advancing Information technology System <https://www.bicsi.org/Default.aspx>

International Computer Room Experts Association <http://www.icrea-international.org>

IEEE <http://www.ieee.org/index.html>

ISO <http://www.iso.org/iso/home.html>

Ley N° 20.478 de Sobre Recuperación y Continuidad en Condiciones Críticas y de Emergencia del Sistema Público de Telecomunicaciones. Título VIII, “De las Infraestructuras Críticas de Telecomunicaciones”

10. Glosario

10.1. Siglas y acrónimos

- **ADD/DROP:** Capacidad de Add Drop
- **BAF (Banda Ancha Fija):** corresponde a la provisión del servicio de acceso a Internet banda ancha por medios fijos o fijos inalámbricos al usuario por parte de un proveedor de acceso a internet.
- **BMH:** “Beach Man Hole” Estación terminal del cable submarino en tierra. Es un tipo de cámara.
- **CDN:** Content Delivery Network.
- **DWDM:** es el acrónimo, en inglés, de Dense Wavelength Division Multiplexing, que significa multiplexado compacto por división en longitudes de onda.
- **IP:** Siglas de Internet Protocol. Se trata de un estándar que se emplea para el envío y recepción de información mediante una red que reúne paquetes conmutados
- **MPLS:** Siglas de Multiprotocol Label Switching, es un mecanismo de transporte de datos estándar creado por la IETF y definido en el RFC 3031. Opera entre la capa de enlace de datos y la capa de red del modelo OSI
- **NOC:** Network Operations Center, Centro de operación de redes en español.
- **POIIT:** Se refiere a puntos de operación e interconexión de infraestructura óptica de Telecomunicaciones, considerando lo exigido en el Anexo 1 de las Bases Específicas del concurso Público “Fibra Óptica Austral, código FDT-2015-01”
- **POIIT-R:** Se refiere a Puntos de Operación e Interconexión de Infraestructura para Telecomunicaciones Radioeléctricos
- **ROADM:** Multiplexor Óptico Reconfigurable de Extracción e Inserción
- **TRIOT:** Se refiere a Tramos de Infraestructura Óptica para Telecomunicaciones considerando lo exigido en el Anexo 1 de las Bases Específicas del concurso Público “Fibra Óptica Austral, código FDT-2015-01”

10.2. Definiciones

- **Brecha Digital:** corresponde al porcentaje de hogares sin acceso a Internet, BAF y BAM.
- **Conexiones de Banda Ancha (internet):** Representa un acceso a Internet, sean mediante tecnologías fijas o inalámbricas
- **Dispositivos:** Se refieren a cualquier equipo que mediante cualquier tecnología se conecta a internet. Se incluyen entre otros computadores de escritorio, teléfonos inteligentes, tablets, consolas de video juego, televisores inteligentes, cámaras de seguridad, sensores de internet de cualquier naturaleza, etc.
- **Festón:** Forma que puede adquirir un cable, hace referencia a forma de arco.
- **Redes de alta velocidad:** Redes que permiten dar acceso a los hogares a velocidades superiores a los 30 Mbps.

- **Velocidad:** Se refiere a la velocidad de banda ancha definida como la tasa de transmisión de bits por unidad de tiempo, entendiendo como unidad de medida Mbpa (Mega bits por segundo), Gbps (Giga bit por segundo), etc.