



**República Argentina - Poder Ejecutivo Nacional**  
Las Malvinas son argentinas

**Resolución**

**Número:**

**Referencia:** EX-2022-42953325- -APN-AMEYS#ENACOM - ACTA 80

---

VISTO el Expediente N° EX-2022-42953325-APN-AMEYS#ENACOM del registro del ENTE NACIONAL DE COMUNICACIONES, la Ley N° 19.798, la Ley N° 27.078, el Decreto N° 267 del 29 de diciembre de 2015, la Resolución de la entonces COMISIÓN NACIONAL DE COMUNICACIONES N° 1.703 de fecha 23 de agosto de 2000, el IF-2022-83672279-APN-DNPYC#ENACOM, y,

CONSIDERANDO:

Que la empresa GOOGLE INFRAESTRUCTURA SOCIEDAD DE RESPONSABILIDAD LIMITADA solicitó en las actuaciones citadas en el visto un permiso relativo a la instalación de un cable submarino en el Mar Territorial Argentino para el proyecto denominado "INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE CABLE DE FIBRA ÓPTICA "FIRMINA", a la altura de la localidad de LAS TONINAS, provincia de BUENOS AIRES, que vincularía a la REPÚBLICA ARGENTINA y los ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA.

Que el proyecto "FIRMINA" está diseñado para ser un sistema de cable submarino de fibra óptica de alta capacidad desde la ciudad de MYRTLE BEACH, en el estado de CAROLINA DEL SUR de los ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA hasta la localidad de LAS TONINAS, provincia de BUENOS AIRES, REPÚBLICA ARGENTINA, con derivación en la ciudad de PUNTA DEL ESTE en la REPÚBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY y otra derivación en la ciudad de PRAIA GRANDE, estado de SAN PABLO en la REPÚBLICA FEDERATIVA DE BRASIL.

Que al respecto la Ley N° 19.798, Artículo 6° dispone que *"No se podrán instalar ni ampliar medios ni sistemas de telecomunicaciones sin la previa autorización pertinente. Se requerirá autorización previa para la instalación y utilización de medios o sistemas de telecomunicaciones, salvo los alámbricos que estén destinados al uso dentro de los bienes del dominio privado. (...)".*

Que en igual sentido el Artículo 21 inciso b) del Decreto N° 1.185/1990 establece que *"La instalación y operación de facilidades, medios, enlaces o sistemas de telecomunicaciones estarán sujetas a la previa obtención de una autorización de conformidad con la normativa aplicable o cuando la COMISIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES por resolución fundada así lo determine."*

Que en este sentido GOOGLE INFRAESTRUCTURA SOCIEDAD DE RESPONSABILIDAD LIMITADA procedió a acompañar documentación técnica relativa a las Características Técnicas Generales del Proyecto de Cable Submarino denominado "INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE CABLE DE FIBRA ÓPTICA "FIRMINA" y la Descripción Técnica del

Proyecto que obran en RE-2022-42939980-APN-AMEYS#ENACOM e IF-2022-44526561-APN-AMEYS#ENACOM.

Que al respecto la firma precitada, manifestó que el sistema de cable FIRMINA abarcará aproximadamente TRECE MIL QUINIENTOS KILÓMETROS (13.500 km), incluyendo CINCO (5) segmentos para el trayecto principal y DOS (2) derivaciones en sus diseños.

Que en función de ello, el requirente informó que el sistema de cable FIRMINA está diseñado para soportar una relación señal a ruido geométrica de OCHO COMA UN DECIBELIOS (8,1 dB) por par de fibra troncal y ofrecerá una capacidad de diseño final de QUINCE COMA CERO TRES TERABIT POR SEGUNDO (15,03 Tbit/s) por par de fibra.

Que GOOGLE INFRAESTRUCTURA SOCIEDAD DE RESPONSABILIDAD LIMITADA deberá dar observancia a la normativa vigente en materia de telecomunicaciones, como así también, a lo previsto en las disposiciones de orden nacional, provincial y/o municipal que le resulten aplicables.

Que el proyecto inherente a dicho cable submarino importará un beneficio significativo para el país, teniendo en cuenta la creciente demanda de servicios que requieren cada vez más capacidad de infraestructura en materia de telecomunicaciones, especialmente en el segmento internacional.

Que las áreas con competencia específica de la DIRECCIÓN NACIONAL DE PLANIFICACIÓN Y CONVERGENCIA del ENTE NACIONAL DE COMUNICACIONES han tomado la intervención técnica que les compete, conforme Resolución CNC N° 1.703/2000.

Que el Servicio Jurídico permanente de este ENTE NACIONAL DE COMUNICACIONES ha tomado la intervención de su competencia.

Que, asimismo, han tomado la intervención pertinente el Coordinador General de Asuntos Ejecutivos y el Coordinador General de Asuntos Técnicos, conforme lo establecido en el Acta N° 56 del Directorio del ENTE NACIONAL DE COMUNICACIONES, de fecha 30 de enero de 2020.

Que la presente medida se dicta en ejercicio de las atribuciones conferidas por el Artículo 6° de la Ley N° 19.798, los Artículos 6° inc. d) y 89 de la Ley N° 27.078, el Artículo 2° del Decreto N° 267 del 29 de diciembre de 2015, el Acta N° 1 de fecha 5 de enero de 2016 del Directorio del ENTE NACIONAL DE COMUNICACIONES y lo acordado en su Acta de Directorio N° 80 de fecha 8 de agosto de 2022.

Por ello,

EL DIRECTORIO DEL ENTE NACIONAL DE COMUNICACIONES

RESUELVE:

ARTÍCULO 1°.- Autorízase a la empresa GOOGLE INFRAESTRUCTURA SOCIEDAD DE RESPONSABILIDAD LIMITADA para la instalación de un cable submarino de fibra óptica con punto de amarre en la localidad de LAS TONINAS, provincia de BUENOS AIRES, REPÚBLICA ARGENTINA, cuyo Proyecto Técnico obra en los documentos identificados como RE-2022-42939980-APN-AMEYS#ENACOM e IF-2022-44526561-APN-AMEYS#ENACOM y forman parte de la presente.

ARTÍCULO 2°.- Comuníquese, publíquese, dese a la DIRECCIÓN NACIONAL DEL REGISTRO OFICIAL y, cumplido, archívese.-

Digitally signed by AMBROSINI Claudio Julio  
Date: 2022.08.12 15:53:07 ART  
Location: Ciudad Autónoma de Buenos Aires

Digitally signed by Gestion Documental  
Electronica  
Date: 2022.08.12 15:53:16 -03:00

Instalación de Cable Submarino en el Mar Argentino  
**PROYECTO FIRMINA**  
**Sistema de Cable Submarino**  
Descripción del Proyecto e Instalación Marina  
Mayo 2022



PROFESIONALES INTERVINIENTES

DATOS DE CONTACTO

Apoderado	Profesional Telecomunicaciones	Ejecutora del proyecto
Gonzalo J. Vaca Arenaza <a href="mailto:gonzalo.vacaarenaza@gmail.com">gonzalo.vacaarenaza@gmail.com</a> 	Ing. Pablo Cosentino Ingeniero Electrónico Esp. Telecomunicaciones Matricula: I6681 <a href="mailto:jpcosentino@gmail.com">jpcosentino@gmail.com</a>  <small>SIGNED VIA ILOVEPDF 4A81398C-0AE3-44D0-9B9F-14F5BF130DA</small>	Google Infraestructura Argentina SRL

1.	Introducción.....	3
1.1	Objetivos y alcances del proyecto .....	4
2.	Memoria descriptiva del proyecto.....	6
2.1	General .....	6
2.2	Sistema de Cable Submarino .....	6
2.2.1	Componentes del sistema .....	7
2.2.2	Performance de diseño .....	7
2.3	Cuadro General del recorrido .....	8
2.4	Propósito y necesidad del proyecto .....	8
2.5	Antecedentes de la tecnología de cable .....	8
2.6	Planificación y relevamiento de la ruta del cable .....	8
2.7	Características del Cable Submarino .....	12
2.8	Datos del Cable .....	13
2.9	Características eléctricas de los Cables .....	14
2.9.1	Cable Armadura Simple (SA) .....	14
2.9.2	Cable de armadura liviana (LWA) y de doble armadura (DA) .....	14
2.10	Instalaciones marinas .....	16
2.11	Sistema de Puesta a Tierra .....	17
2.12	Beach Manhole .....	18
2.13	Cronograma de instalación .....	19
3.	Trazado en tierra .....	20
3.1	Información específica de la zona de aterrizaje .....	20
3.2	Localización Beach Manhole (BMH) en Las Toninas y coordenadas .....	20
3.2.1	Perfil de canalización.....	22
3.3	Ubicación estación terminal Las Toninas y coordenadas.....	23
3.4	Requerimientos de soterramiento en playas, costas, secciones aradas.....	24
4.	Trazado planta submarina.....	25
4.1	Tendido del Cable -Tendido sobre la superficie del fondo marino .....	25
4.2	Características del buque cablero .....	25
4.3	Tendido del Cable con Arado .....	26
4.4	Cruce de cables .....	27
4.5	Inspección posterior a la colocación y entierro (PLIB: Post-Lay Inspection & Burial) .....	27
4.6	Entierro posterior a la colocación (PLB) .....	27
4.7	Localización del cable submarino en la Plataforma continental Argentina (PCA).....	28
4.8	Coordenadas trazado del cable y profundidades .....	29
5.	Características técnicas de la planta sumergida.....	31
5.1	Cables .....	31
5.2	Repetidores.....	31
5.3	Nodos OADM.....	33
5.4	Unidades de derivación (BU Branching Units) .....	33
5.5	Ecualizadores de ganancia .....	35
5.6	Instalación Marina .....	35
5.7	Aterrizaje del cable en aguas marinas someras.....	35
5.8	Empalme inicial y/o final .....	36
6.	Características técnicas componentes planta terrestre .....	37
6.1	Aterrizaje en playa .....	37
6.2	Equipo de Alimentación Eléctrica (PFE: Power Feed Equipment) .....	37
6.2.1	Módulo de control .....	41
6.2.2	Interfaz de "Cable Abierto – Open Cable" de SubCom.....	41
6.2.3	Gestión y supervisión del sistema .....	42
6.2.4	Interfaz API ReST.....	43
6.3	Componentes de la ruta terrestre .....	43
6.4	Características técnicas de los cables eléctricos utilizados .....	43
6.5	Equipo de Cabecera de Línea LTE (Line Terminating Equipment) .....	45
7.	Índice de figuras .....	48
8.	Índice de tablas .....	49
9.	Anexo I Encomienda profesional.....	50

## 1. INTRODUCCIÓN

### NOMBRE Y UBICACIÓN DEL PROYECTO

**Nombre Del Proyecto:** INSTALACION DEL SISTEMA DE CABLE DE FIBRA OPTICA “FIRMINA”

**Ubicación:** FIRMINA está diseñado para ser un sistema de cable submarino de fibra óptica de alta capacidad desde Myrtle Beach, SC, USA, a Las Toninas, Argentina, con una derivación (Branching Unit o BU) a Punta del Este, Uruguay y otra a Praia Grande, Brasil. Figura 1.



*Figura 1 General del recorrido*

El tendido del Cable FIRMINA ingresará a Argentina desde el mar por la esquina de la Calle 24 de la Localidad de Las Toninas, perteneciente al Municipio de La Costa como se muestra en la figura 3.

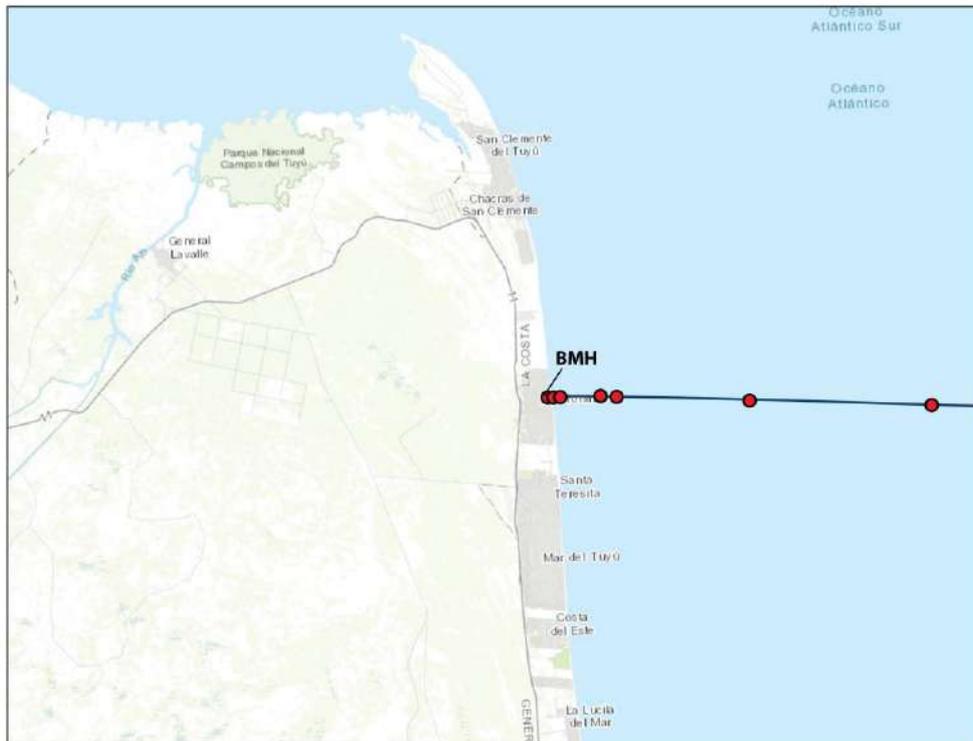


Figura 2: Llegada del cable a Las Toninas

Las coordenadas de la posición del Beach Manhole (BMH) serán:  $36^{\circ} 29' 9,59''$  S,  $56^{\circ} 41' 35,66''$  O. El cable marino llegará al BMH, y el cable terrestre se instalará desde este BMH a la Estación para Cable (CLS).



Figura 3: Posición del tendido de cable y BMH (línea roja)

Toda la información específica del sitio proporcionada aquí es un reflejo de los datos disponibles y asumidos al momento de preparar este documento, conforme lo requiere Resolución CNC N° 1703/2000.

### 1.1 Objetivos y alcances del proyecto

El tráfico de banda ancha está creciendo exponencialmente como la demanda por nuevas aplicaciones como el almacenamiento en la nube y el video a pedido, donde las demandas de los consumidores se están volviendo ilimitadas. Además, la demanda de nueva conectividad refleja un entorno de usuario final y de negocios en el que el acceso de banda ultra ancha es esencial para el crecimiento y desarrollo sostenibles.

El objetivo de la instalación de este sistema de cable submarino es mejorar la capacidad de información digital y la conexión entre las grandes ciudades empleando el estado del arte de la tecnología de la comunicación por fibra óptica. Este nuevo

sistema de cable ampliará la capacidad operativa para abastecer el rápido incremento en el tráfico internacional, como resultado del crecimiento de los usuarios de banda ancha tanto en los hogares como en los negocios.

Las empresas y los consumidores se beneficiarán de una mayor capacidad y fiabilidad para los servicios ofrecidos por Google como por ejemplo acceso a Google Cloud, Gmail, Google meet, etc.

La evolución de estos sistemas se ha revisado en documentos recientes que evalúan proyectos similares de cables submarinos de fibra óptica en el área y/o región del proyecto.

El sistema de cable submarino es una gran obra de infraestructura de construcción personalizada muy específica. Está hecho a medida para seguir el enrutamiento óptimo para minimizar el impacto ambiental y maximizar la protección y la fiabilidad del cable.

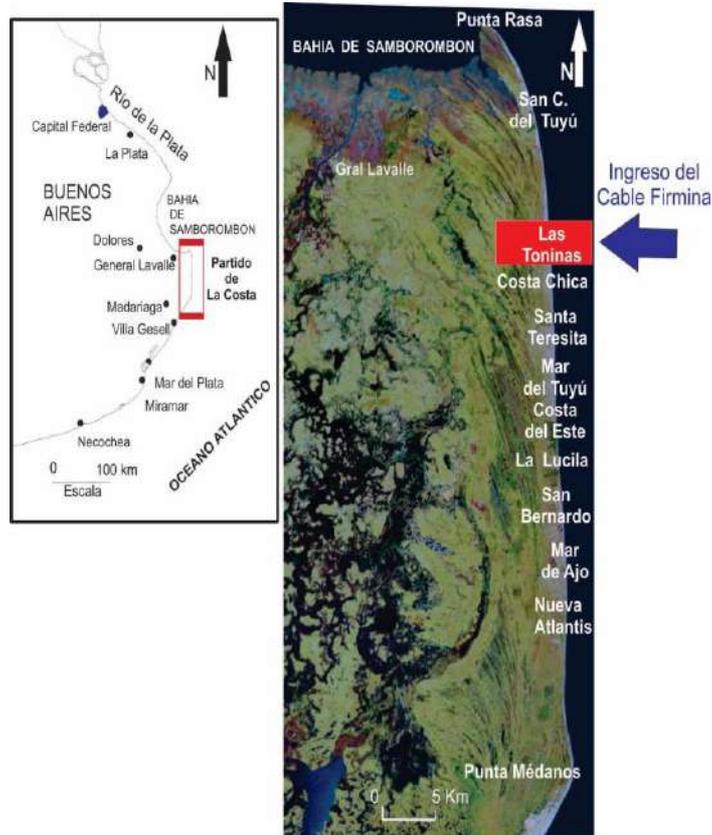


Figura 4: Mapa de ubicación



## 2. MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO

### 2.1 General

Esta presentación general del proyecto proporciona información general sobre el sistema de cable submarino específico y la técnica, los métodos y las prácticas de instalación marina industrial típica que se utilizan actualmente. El método y los procedimientos finales de instalación solo se conocerán en detalle cuando se confirmen todos los recursos / subcontratistas.

El sistema de cable submarino está diseñado específicamente para la conexión de autopistas de información digital de alta capacidad en conjunto con las principales tecnologías de comunicación de fibra óptica proporcionadas por SubCom LLC (SubCom).

El nuevo sistema de cable proporcionará la capacidad necesaria para la creciente cantidad de tráfico de comunicaciones internacionales impulsado por el creciente número de usuarios de banda ancha domésticos y comerciales.

### 2.2 Sistema de Cable Submarino

SubCom ha sido contratada por Google Infraestructura Argentina SRL para diseñar, fabricar e instalar el sistema de cable submarino llamado FIRMINA. WSP desarrollará los Estudios de Impacto Ambiental y tramitará los permisos que exige la normativa para estos proyectos.

El sistema de cable FIRMINA está diseñado para ser un sistema de cable submarino de fibra óptica de alta capacidad desde Myrtle Beach, SC, USA, a Las Toninas, Argentina, con una derivación (Branching Unit o BU) a Punta del Este, Uruguay y otra a Praia Grande, Brasil. El lugar de aterrizaje en cada país se supone como sigue:

Puntos de Amarre:

- Myrtle Beach, SC, USA
- Praia Grande, Brasil
- Punta del Este, Uruguay
- Las Toninas, Argentina

Posible expansión del sistema a futuro:

- República Dominicana / Puerto Rico
- Fortaleza, Brasil

El sistema de cable FIRMINA abarcará aproximadamente 13.500km e incluye cinco (5) segmentos para el trayecto principal y dos (2) derivaciones en su diseño. Estos se describen en la tabla siguiente:

Segment Name	Length (km)	Endpoint 1	Endpoint 2	Fiber Pairs	Repeatered
S1.1	306	Las Toninas (SST)	BU PDP	16	Yes
S1.2	1579	BU PDP	BU SSZ	16	Yes
S1.3	3714	BU SSZ	BU FOR	12	Yes
S1.4	4512	BU FOR	BU PR/DR	12	Yes
S1.5	1939	BU PR/DR	Myrtle Beach (MYR)	12	Yes
S2	233	BU PDP	Punta del Este (PDP)	20	Yes
S3	574	BU SSZ	Praia Grande (SSZ)	24	Yes
S4	13.6	BU FOR	Stub End	16	No
S5	17.8	BU PR/DR	Stub End	8	No

Tabla 1: Segmentos del sistema FIRMINA

El sistema de cable FIRMINA ofrecerá una capacidad de diseño final de 15.03 Tbps por par de fibra.

Cada aterrizaje tendrá un equipo de alimentación de 18 kV (POWER FEED EQUIPMENT- PFE “EQUIPO DE ALIMENTACION DE ENERGIA”) para alimentar los repetidores ópticos integrados en el cable submarino a intervalos regulares. El aterrizaje en Las Toninas tiene un PFE de 5 kV.

Todos los aterrizajes con PFE tendrán sistemas de puesta a tierra adecuados (Ocean Ground Bed u OGB) conectados a las unidades PFE. La puesta a tierra pueden ser jabalinas o sistemas de puesta a tierra cerca de la playa o estación para garantizar la mejor conexión a tierra para alimentar el sistema.

La figura siguiente ilustra la configuración de conectividad de la red de fibra óptica a instalar. El diseño incluye una eBU y dos WSS ROADM en la rama de Praia Grande. Para más información sobre el WSS ROADM, ver sección 5.3. La longitud de los cables y la cantidad de pares de fibra se describen en la Tabla 1: Segmentos del sistema FIRMINA.

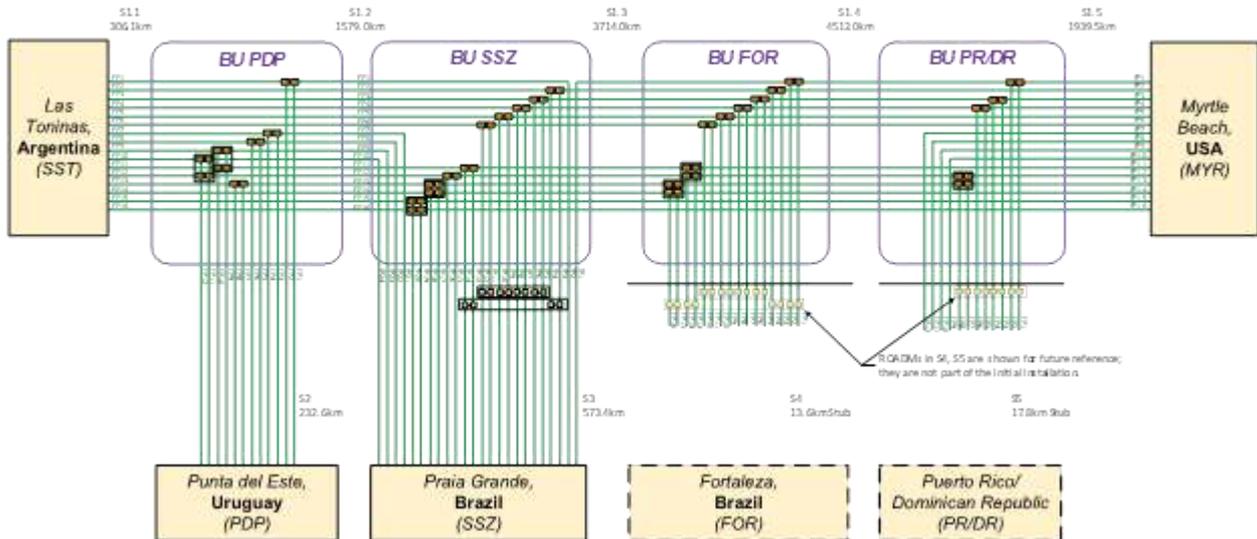


Figura 5: configuración de conectividad de la red de fibra óptica

## 2.2.1 Componentes del sistema

Sub-System	Component(s)
<b>Submersible Equipment</b>	
Fiber	eP-type, 112 $\mu\text{m}^2$
Cable – Land	Optical Land Cable and High Voltage (Power) Cable
Branching Units	SubCom Enhanced BU
OADM Unit	WSS ROADM (Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexer)
Cable – Undersea	SubCom SL17-A1 Undersea Cable SubCom SL17 Undersea Cable SubCom SL17-SDM Undersea Cable
Repeaters	SubCom Repeaters – redundant pump lasers with High-Loss Loop Back (HLLB) monitoring capability

Tabla 2: Componentes del sistema por subsistema

## 2.2.2 Performance de diseño

El Sistema FIRMINA está diseñado para soportar una relación señal ruido geométrica (GSNR: Geometric Signal-to-Noise Ratio) de 8.1dB por par de fibra troncal (entre Las Toninas y Myrtle Beach). Esto representa una capacidad de 15.03 Tbps

por par de fibra, con base en la ecuación de capacidad de diseño provista en las especificaciones técnicas. El sistema está diseñado para cumplir con la especificación GSNR de 8,1 dB después de cualquier deterioro de la transmisión en los pares de fibra troncal debido a la instalación de ROADM en el futuro en las ramas inicialmente no conectadas (Fortaleza y Puerto Rico /República Dominicana).

### 2.3 Cuadro General del recorrido



Figura 6: Tramo Principal (Fuente: SubCom)

SubCom es responsable de la instalación del sistema entre Estados Unidos de América (EE. UU.) y Argentina.

### 2.4 Propósito y necesidad del proyecto

El propósito del proyecto de cable submarino es instalar un cable submarino de fibra óptica para proporcionar conectividad y confiabilidad de alta velocidad internacional.

Las empresas y los consumidores se beneficiarán de una mayor capacidad y fiabilidad para los servicios ofrecidos por Google como por ejemplo acceso a Google Cloud, Gmail, Google meet, etc.

El tráfico de banda ancha está creciendo exponencialmente como la demanda de nuevas aplicaciones como el almacenamiento en la nube y el video a pedido, donde las demandas de los consumidores se están volviendo ilimitadas. Además, la demanda de nueva conectividad refleja un entorno de usuario final y de negocios en el que el acceso de banda ultra ancha es esencial para el crecimiento y desarrollo sostenible.

### 2.5 Antecedentes de la tecnología de cable

Aunque los primeros sistemas de cable telegráfico submarino estaban operativos a fines del siglo XIX, los modernos cables submarinos de fibra óptica son capaces de ofrecer una velocidad, capacidad y fiabilidad mucho mayores que los sistemas anteriores.

La evolución de estos sistemas se ha revisado en documentos recientes que evalúan proyectos similares de cables submarinos de fibra óptica en el área y/o región del proyecto.

El sistema de cable de fibra óptica es una gran obra de infraestructura de construcción personalizada muy específica. Está hecho a medida para asegurar un enrutamiento óptimo para minimizar el impacto ambiental y maximizar la protección y la fiabilidad del cable.

### 2.6 Planificación y relevamiento de la ruta del cable

El diseño del cable y la selección del tipo de cable se desarrollan en las etapas de planificación basadas en consideraciones de ingeniería de la ruta del cable identificadas durante el proceso de planificación de la ruta. El aterrizaje seleccionado optimizará el acercamiento a la infraestructura existente, para minimizar la interferencia con los cables existentes, y para utilizar las características del fondo marino que funcionan efectivamente como un corredor natural para la ruta del cable.

La ruta del cable se diseñó para evitar peligros potenciales, otros usuarios de los fondos marinos, la interrupción de los recursos y las operaciones marinas y para garantizar la protección a largo plazo del cable. La ruta del cable y el diseño del proyecto se desarrollan y refinan a través de dos etapas principales:

- Estudio de diseño en oficina (DTS) o Estudio de ruta de cable (CRS): revisión detallada de todos los factores que afectan el enrutamiento del cable, incluidos los aspectos físicos, ambientales, socioeconómicos y regulatorios; esto formará la base para las actividades de inspección de la ruta del cable: el mapeo detallado del fondo marino de la ruta final del cable submarino.
- El relevamiento de la ruta del cable incluye las prospecciones de aguas someras y profundas de la ruta. Los datos batimétricos y otros se recopilan y analizan para definir la ruta óptima para la instalación de cables. Las muestras de los fondos marinos se toman según sea necesario para ayudar a clasificar los sedimentos de los fondos marinos. Las pruebas de CPT (*Cone Penetration Test* o Prueba de Penetración por Cono) se realizan en áreas donde se prevé y se requiere el arado planificado.

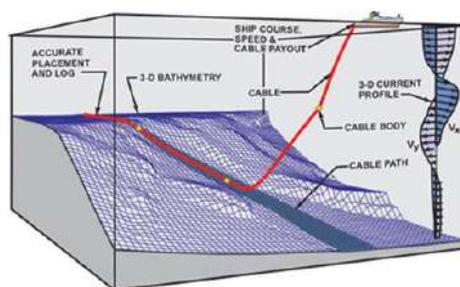


Figura 7: relevamiento de ruta

### Corredor

Zona de aterrizaje	250 m
Tramo de buceador (u otra opción)	250 m
En la costa	250 m
Poco profundo 500 m de ancho en 15 m a 1000 mwd	250 m de ancho en 15 m a 500 mwd, 500 m de ancho en 500 m a 1000 mwd, 1000 m de ancho en 1000 m a 1500 m (a menos que se especifique lo contrario)
Profundo	3 x WD, con un máximo de 10 km, lo que sea mayor
BU	5 x WD prospección en sitio en BU (caja a 1 km como mínimo)

### Solapamiento

Zona de aterrizaje a la costa	50 m
Prospección desde la costa hasta aguas poco profundas	500 m (a menos que lo prohíban las pendientes pronunciadas del fondo marino)
De aguas poco profundas a aguas profundas	1000 m (a menos que lo prohíban las pendientes pronunciadas del fondo marino)
Multihaz	20 % de solapamiento entre líneas
Escáner lateral	Solapamiento del 100 % entre las líneas, incluidas las exteriores (200 % en todo el corredor)
Tramo de buceador (u otra opción)	Superposición de 50 m con la prospección de aterrizaje y la costa

### Resolución y precisión

Solución DGPS	Precisión mínima de +/- 1 m
Latencia del sistema	1PPS
Ecosonda multihaz	En costa: 0,5 % WD poco profunda: 0,5 % WD profunda: 1 % WD
Sonar de barrido lateral	Capaz de resolver un objeto de 0,5 m x 0,5 m x 0,2 m de altura La unidad será capaz de registrar tanto la alta como la baja frecuencia (~400 y 100 Hz respectivamente)

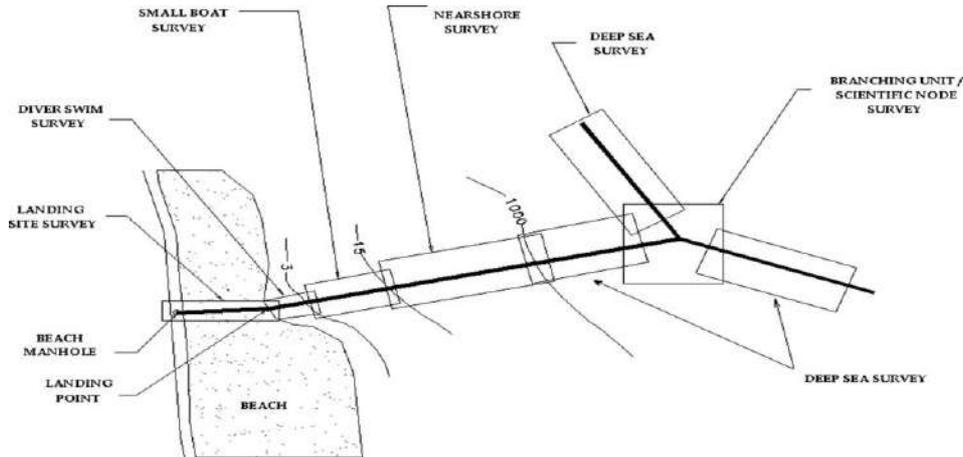


Figura 8: Estudio de la ruta marina

Durante la fase de planificación de los sistemas de cable submarino, los ejercicios de inspección marina y selección de rutas se optimizan para garantizar que se elija una ruta que tendrá el mínimo impacto en el fondo marino durante la fase de instalación.

Debido a la tecnología que se utiliza para realizar la instalación de enterrio, siempre ha sido beneficioso para la ruta seguir las áreas de los fondos marinos donde hay mucho sedimento, de una naturaleza que es buena tanto para arar como para brindar protección adecuada al cable instalado de amenazas externas.

Esto generalmente significa que las áreas de topografía rugosa (rocas, cantos rodados) y batimetría ondulada (ondas de arena, marcas de agua) siempre se evitan, si es posible. Al seleccionar un terreno que proporcione buenas condiciones para la operación de enterrio, el impacto sobre el fondo marino se mantiene al mínimo, en la medida en que se reduce la cantidad de fuerza necesaria para penetrar en el fondo marino.

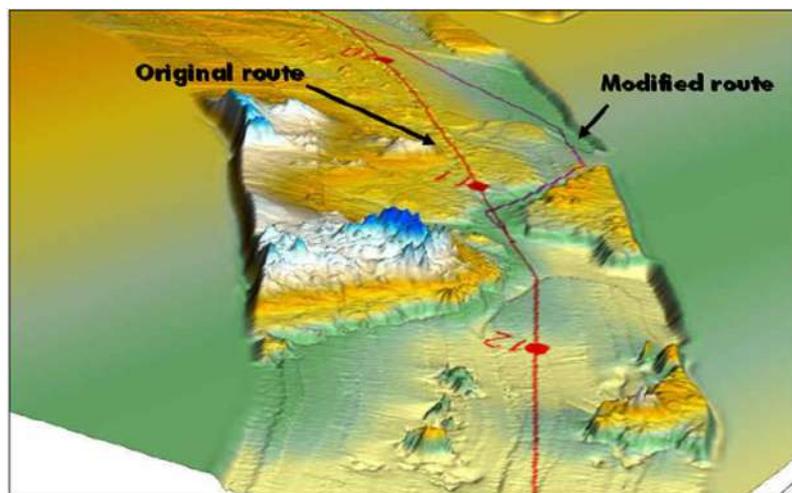


Figura 9: Ejemplo de selección de ruta

Esta ilustración es un ejemplo de ingeniería de ruta y modificación basada en los datos disponibles para garantizar un enrutamiento, protección y fiabilidad óptimos.



Durante el análisis de los datos del relevamiento efectuado, se realizan modificaciones en la ruta para encontrar la ruta óptima del cable submarino, siempre dentro del corredor estudiado.

Los ingenieros que analizan la ruta del cable relevada luego diseñarán el cable para que se ajuste a la ruta seleccionada. Esto significa que el tipo de cable variará según la profundidad del agua, el tipo de fondo marino y el lugar donde se puede enterrar el cable.

En este proyecto, para el tramo que conecta con Las Toninas y que entra en la plataforma continental Argentina, el tipo de cable a utilizar es el denominado SL17 y las longitudes estimadas y el tipo de protección del cable luego del relevamiento efectuado se muestran en la Tabla 3. Cabe destacar que la posición final del cable, una vez instalado, será compartida con la Prefectura Naval, para ser incorporada en las cartas de navegación correspondientes.

Pos No.	Position (WGS-84)		Depth (m)	Cable Type	Comentarios
	Latitude	Longitude			
0	S36 29.1600	W056 41.5940	0	17DA	Las Toninas, Argentina (Lumen BMH Firmina Proposed)
	S36 29.1600	W056 41.5940	0	17DA	
1	S36 29.1477	W056 41.4294	2	17DA	
2	S36 29.1408	W056 41.3370	3	17DA	
3	S36 29.1445	W056 41.1070	5	17DA	5m
4	S36 29.1697	W056 39.5572	10	17DA	10m
5	S36 29.1951	W056 38.9081	11	17DA	
6	S36 29.3987	W056 33.7109	13	17DA	
7	S36 29.6788	W056 26.5586	14	17DA	Exit Argentina TS/Enter Argentina CZ; Enter Joint Argentina/Uruguay Fishing Zone/Joint EEZ
8	S36 29.7869	W056 23.7995	15	17DA	End of PLSE, Initial Splice, Plow Down/Start of Main Lay Burial at 15m WD (BA Chart, Approx)
9	S36 30.0984	W056 12.5931	14	17DA	
10	S36 30.1485	W056 11.5577	15	17DA	Exit Argentina CZ/Enter Argentina EEZ. Remains within Joint Argentina/Uruguay Fishing Zone/Joint EEZ
11	S36 30.1618	W056 11.2836	15	17DA	
12	S36 30.7971	W055 58.1683	19	17DA	
13	S36 30.9100	W055 55.8366	19	17DA	
14	S36 31.0614	W055 52.7101	20	17DA	RPT-A
15	S36 31.1494	W055 50.8939	20	17DA	20m
16	S36 31.2100	W055 49.6420	20	17DA	
17	S36 31.7988	W055 45.7955	20	17LWA	
18	S36 33.0372	W055 37.7029	24	17LWA	
19	S36 34.4342	W055 28.4758	29	17LWA	
20	S36 34.8037	W055 26.0135	30	17LWA	
21	S36 35.0158	W055 24.6006	30	17LWA	
22	S36 37.4888	W055 07.9755	42	17LWA	
23	S36 38.0601	W055 04.0818	50	17LWA	50m
24	S36 38.7336	W054 59.4913	58	17LWA	
25	S36 39.9663	W054 51.0005	60	17LWA	
26	S36 40.4526	W054 47.6500	60	17LWA	
27	S36 40.6759	W054 46.1118	60	17LWA	
28	S36 41.8876	W054 39.6085	85	17LWA	Exit Argentina EEZ/Enter Uruguay EEZ. Remains within Joint Argentina/Uruguay Fishing Zone/Joint EEZ.
29	S36 42.1509	W054 38.1953	90	17LWA	

30	S36 42.4704	W054 36.0782	90	17LWA	
31	S36 44.5167	W054 22.4955	100	17LWA	100m
32	S36 44.5504	W054 22.2713	103	17LWA	
33	S36 46.8746	W054 06.4797	132	17LWA	
34	S36 47.5505	W054 01.8469	200	17LWA	200m
35	S36 48.2270	W053 57.2092	396	17LWA	
36	S36 48.3761	W053 53.4700	500	17LWA	500m
37	S36 48.5482	W053 49.1527	500	17LWA	RPT-A
38	S36 48.7319	W053 44.5428	695	17LWA	
39	S36 48.9102	W053 40.0703	1000	17LWA	1,000m
40	S36 49.0349	W053 36.9420	1048	17LWA	
41	S36 49.0762	W053 33.9477	1094	17LWA	
42	S36 49.0804	W053 33.6437	1098	17LWA	
43	S36 49.0948	W053 32.5991	1156	17LWA	
44	S36 49.4120	W053 29.2985	1500	17LWA	
45	S36 49.8421	W053 25.8199	1700	17LWA	
46	S36 50.5026	W053 22.3004	1700	17LWA	
47	S36 49.6330	W053 09.5843	2000	17LWA	2,000m
48	S36 49.5879	W053 08.9239	2037	17LWA	
49	S36 49.5735	W053 08.7139	2048	17LWA	
50	S36 49.2263	W053 03.6377	2300	17LWA	
51	S36 50.5234	W052 48.5182	3005	17LWA	
52	S36 50.2173	W052 46.7788	3048	17SPA	
53	S36 50.2171	W052 46.7775	3048	17SPA	
54	S36 50.1961	W052 46.6581	3051	17SPA	
55	S36 45.9080	W052 22.3020	3052	17SPA	
56	S36 41.6201	W051 57.9701	3483	17SPA	
57	S36 40.8249	W051 53.4605	3540	17SPA	
58	S36 38.8329	W051 44.1634	3651	17LW	
59	S36 33.9308	W051 21.3018	3875		Exit Joint Uruguay/Argentina Fishing Zone/Joint EEZ

Tabla 3: Tipos de cable por tramo

### Componentes del Sistema

Los componentes del proyecto FIRMINA a instalar son:

- Cable de fibra óptica
- Puesta a tierra (Ánodos)
- Beach Manhole (BMH)
- Ductos subterráneos
- Estación Terminal del Cable (CLS), de propiedad de LUMEN.

## 2.7 Características del Cable Submarino

Los cables y uniones por utilizar en el sistema FIRMINA han sido diseñados y calificados por SubCom LLC bajo estándares internacionales de cable submarino (Recomendación UIT-T G976) para sistemas ópticos que operan en longitudes de onda del orden de los 1550 nanómetros.

La función de diseño principal de un cable es proteger la ruta de transmisión de fibra óptica durante toda la vida útil del sistema (estimada en 25 años), incluidas las operaciones de colocación, enterramiento y recuperación. Una función secundaria es que sus elementos metálicos se usan para alimentar una corriente eléctrica a los repetidores o para monitorear de forma permanente el estado del sistema de transmisión y para localizar roturas de cables.

El diseño del cable SL17 liviano (Lightweight) 17LW para aguas profundas cuenta con 16 pares de fibras. Las fibras están alojadas en un tubo de acero relleno con un gel rodeado por dos capas de alambres de acero que forman una cámara protectora contra la presión y las agresiones externas, a la vez que proporcionan resistencia a la tracción.



Para aplicaciones en aguas poco profundas, se agregan al cable capas externas de armadura de acero para adaptarse a las condiciones de ruta y los métodos de instalación, se utilizan los cables SL17 Lightweight Armor (17LWA) o SL17 Double Armor (17DA)

El diseño del cable garantiza que se aplique una tensión insignificante y presión ultra baja a las fibras en el funcionamiento normal. Incluso si se rompe el cable, la alta tensión en las fibras y el ingreso de agua de mar se limitan a una longitud corta, de modo que la mayor parte del cable seguirá siendo útil.

Estos altos rendimientos son posibles gracias a una estructura de cable que aísla las fibras de los esfuerzos mecánicos en condiciones normales de operación. Esto se logra con un diseño único en el que las fibras descansan libremente en un tubo de acero. Como resultado, el cable puede alojar prácticamente cualquier tipo de fibra siempre que pueda soportar una prueba de calidad.

Incluso en las condiciones más adversas, como la recuperación en caso de daño o reparación, los cables están dimensionados de modo que la tensión aplicada a las fibras nunca alcance niveles críticos. La combinación de estructura suelta y prueba de fibra evita cualquier rotura de la fibra que podría ser causada por la tensión del envejecimiento durante la vida de diseño del sistema.

## 2.8 Datos del Cable

Tipo de Cable	Diametro Exterior (mm)
SL 17 LW	17.0 mm
SL 17 LWA	28.9 mm
SL 17 DA	35.9 mm
SL 17 SPA	22.4 mm

Tabla 4: Características de los cables (Fuente: SubCom)

El cable submarino se selecciona por la cantidad de fibras para cada segmento. Para segmentos de hasta 12 pares de fibra se usa el cable SL17-A1, para los segmentos de 16 pares de fibra se usa el SL17 y para segmentos de más de 16 pares de fibra se usa el SL17-SDM. En el proyecto Firmina se usarán los siguientes cables de tipo SL17:

- Lightweight (LW) Cable: para aguas profundas.
- Special Applications (SPA): para fondo marino desigual, rocoso o tosco
- Lightweight Armored (LWA) Cable: provee protección contra terreno rocoso en áreas de bajo riesgo de agresiones externas.
- Double-Armored (DA) Cable: para aguas poco profundas donde se requiere protección contra agresiones externas

En los tramos en los que se usan SL17-A1 y SL17, una pequeña cantidad de SL17-SDM se usa también a proximidad de las branching unit (BU) de profundidad.

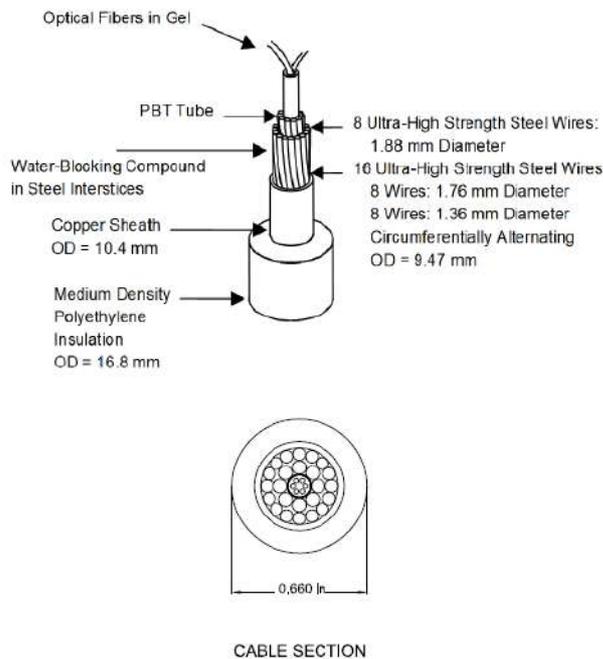
Cable for each proposed cable type	
Manufacturer and model	SubCom
Cable brand name	SL17-SDM / SL17/SL17-A1
Conductor Resistance (Ω/km)	0.83 / 0.96 / 1.33 (Ref. at 3°C)
Insulation Resistance (Ω/km)	> 2.0 / 1.5 / 1.5 TΩ/km
Conductor Capacitance (mF/km)	0.18 / 0.20 / 0.17 uf /km
Max. power feeding Voltage (V)	18kV
	SL17-SDM LW/SPA: B1
	SL17-SDM LWA: 216
	SL17-SDM DA: 414
	SL17 LW/SPA: 58
	SL17 LWA: 200
	SL17 DA: 395
	SL17-A1 LW/SPA: 50
	SL17-A1 LWA: 200
	SL17-A1 DA: 395
NTTS (kN)	
Cable Diameter	Various. See cable descriptives.
UJ Supporting Status	Qualified
List all cable types proposed	SL17-SDM , SL17, and SL17-A1

Tabla 5: Resumen de las características eléctricas de los cables

## 2.9 Características eléctricas de los Cables

### 2.9.1 Cable Armadura Simple (SA)

El cable armadura simple (SA) se hace tendiendo una sola capa de alambres de acero galvanizado de alta resistencia sobre la estructura de cable liviano (LW). Los alambres de acero están inundados con un compuesto para bloquear el agua y cubiertos por un polietileno de densidad media. El cable que se muestra a continuación se usa normalmente donde es posible la protección total por enterramiento. Se puede utilizar a cualquier profundidad del mar de entre 0 y 2000m.



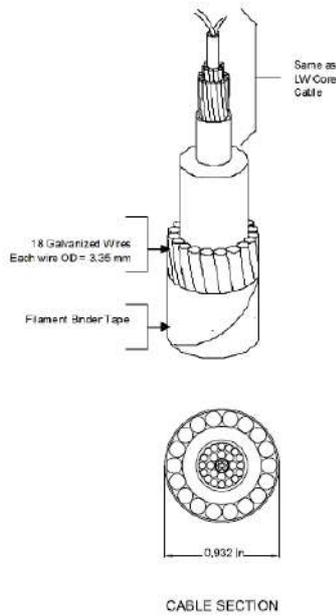
CABLE PARAMETERS

Parameter	English	Metric
UPS diameter	0.117	2.97
8 inner steel wire size	0.0742 in	1.88 mm
Lay length (LHL)	12 in	305 mm
Lay angle for 0.0742 in. wires	2.50°	2.90°
8 outer steel wire size (larger)	0.0695 in	1.76 mm
Lay length (LHL)	12 in	305 mm
Lay angle for 0.0592 in. wires	4.50°	4.50°
8 outer steel wire size (smaller)	0.0534 in	1.36 mm
Lay length (LHL)	12 in	305 mm
Lay angle for 0.0446 in. wires	4.80°	4.80°
Diameter over strand package	0.775 in	9.52 mm
Power conductor copper diameter	0.410 in	10.4 mm
MDPE jacket diameter	0.66 in	16.8 mm

Figura 10: El cable SL17LW

### 2.9.2 Cable de armadura liviana (LWA) y de doble armadura (DA)

El cable de armadura liviana (LWA) y doble armadura (DA) se hace agregando capas de alambres de acero galvanizado alrededor del cable SA, puede ser una sola (LWA) o dos capas de alambres (DA), inundado con un compuesto para bloquear el agua y cubiertos por un polietileno de densidad media. Estos cables que se muestran a continuación son usados normalmente en tendidos superficiales o para agregar protección adicional en aquellas aplicaciones donde está previsto su enterramiento. Se puede usar a cualquier profundidad del mar entre 0 y 500 metros, pero generalmente se usa entre 0 y 200 metros.



CABLE PARAMETERS

Parameter	English	Metric
Armor wire size	0.132 in	3.35 mm
Lap length (LHL)	15 ± 1 in	381 ± 25.4 mm
Lap angle for armor wires	9.53°	9.53°
Armor wire coverage factor (K)	95.6%	95.6%
Diameter over armor wires	0.924 in	23.5 mm
Filament Inset	6.5 in	165 mm
Lap angle (RHL)	24°	24°
Cable diameter over binder tape	0.932 in	23.7 mm

Figura 11: El cable SL17 LWA

### SL17 Double Armor (DA) Cable

Figure 10 SL17 Double Armor (DA) Cable

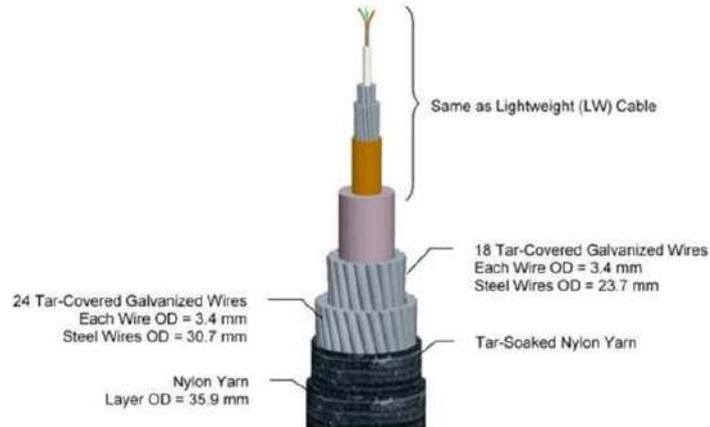
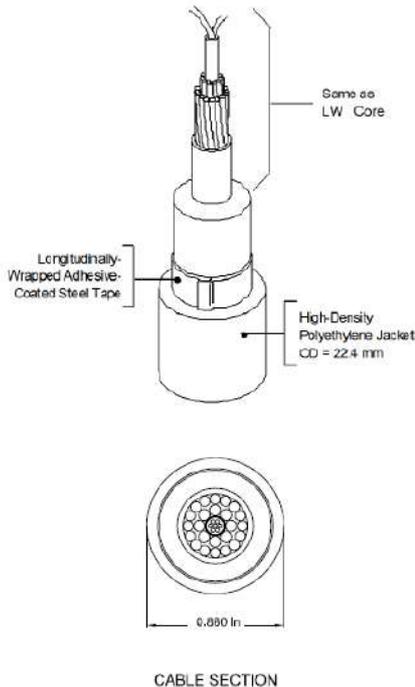


Table 11 SL17 DA Cable Parameters

Figura 12: El cable SL17 DA



CABLE PARAMETERS

Parameter	English	Metric
Adhesive coated steel tape thickness	0.0061 in steel tape with 0.0023 in adhesive coated on both sides	0.15 mm steel tape with 0.06 mm adhesive coated on both sides
Steel tape overlap length	0.210 in	5.33 mm
Diameter of overlap	0.681 in	17.3 mm
Diameter on overlap	0.692 in	17.6 mm
HDPE jacket diameter	0.880 ± 0.015 in	22.4 ± 0.4 mm

Figura 13: El cable SL17 SPA



- Diferentes niveles de protección para las fibras ópticas y el conductor eléctrico para poder transmitir comunicaciones de voz y datos a aproximadamente 10 TB / segundo;
- Durable pero flexible para soportar la implementación, recuperación, reparación y rediseño del sistema;
- Son ambientalmente benignos, por sus características no causan daños sociales o ambientales a lo largo de su vida útil;
- Ofrecen varios niveles de protección contra peligros, tales como: terreno rocoso, actividad pesquera, abrasión y anclas de embarcaciones.

Figura 14: Características Generales del cable de fibra óptica (Fuente: SubCom)

## 2.10 Instalaciones marinas

Los métodos de trabajo, las herramientas y los recursos que se utilizan normalmente relacionados con la instalación de cables submarinos son de gran importancia en una obra de un sistema de comunicaciones por fibra óptica, ya que deben asegurar la operatividad y eficiencia de éste durante toda su vida útil.

A continuación, se enumeran las distintas operaciones que se efectúan para la instalación marina de un cable y su conexión con los elementos terrestres del mismo sistema.

- ✓ Operaciones de Acondicionamiento pre-tendido (PLGR) y Despeje de Ruta (RC)
- ✓ Tendido del cable y dirección de tendido
- ✓ Navegación y posicionamiento
- ✓ Recorrido del Cable - Posicionamiento en superficie
- ✓ Tendido del Cable - Arado
- ✓ Cruces de cables
- ✓ Cruces de tuberías

- ✓ Inspección post entierro (PLIB)
- ✓ Aterrizaje del Cable
- ✓ Empalme inicial y/o final
- ✓ Aterrizaje en playa
- ✓ Enterramiento en la zona marina poco profunda (-15 a 0 m.s.n.m.)
- ✓ Enterramiento en zona de playa emergida y duna costera

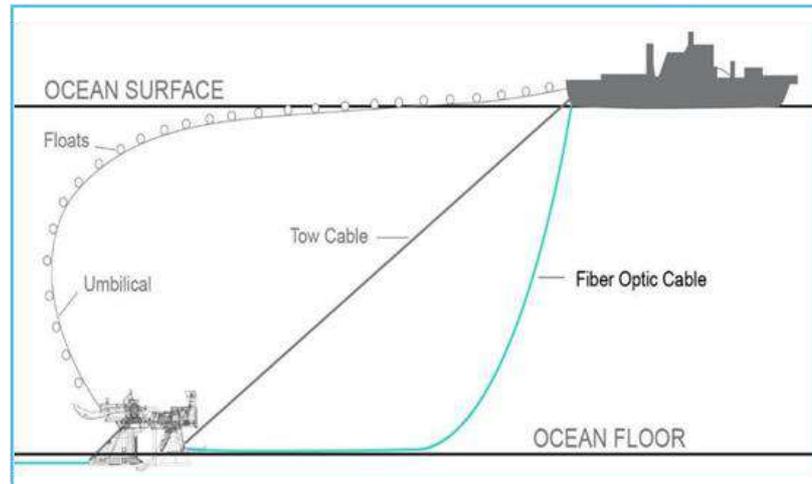


Figura 15: Instalación del cable submarino

## 2.11 Sistema de Puesta a Tierra

Cada sistema de cable submarino con equipamiento eléctrico necesita energía alimentada desde la costa para operar la planta submarina. Esta energía es suministrada por un equipo de alimentación de energía (PFE), que se encuentra en las estaciones terminales en cada extremo del sistema. La tecnología de 18kV de SubCom permitiría al cable más largo del mundo funcionar completamente desde una sola fuente de alimentación.

Cada conjunto de equipos de alimentación de energía requiere una puesta a tierra dedicada, separada de la tierra de la estación, para un funcionamiento óptimo. Este sistema de tierra dedicado también se conoce como "tierra del sistema" o "lecho de tierra oceánica" (OGB: Ocean Ground Bed).

Se considera para este trabajo ánodos de instalación vertical conforme la figura 16 que se muestra más adelante, en donde se ven representados 4 ánodos en línea.

Los ánodos serán tubulares con Corpro M 754 de óxido metálico. Los ánodos podrán estar empaquetados con cánula de acero corrugado con relleno de polvo de coque, si se considera necesario.

Un ensayo de campo es necesario previo a definir el número mínimo de ánodos. Se entierran un mínimo de tres (3) ánodos para cumplir con el estándar mínimo que requiere el lecho de tierra oceánica (OGB).

La profundidad de las perforaciones debe ser tal que la parte superior del ánodo se encuentre a mínimo de 0,3 metros por debajo del nivel inferior del agua (MLW), la separación entre los ánodos debe respetar un mínimo para acomodar la instalación y el relleno.

Las barras de tierra se utilizarán como OGB donde el suelo tenga la conductividad adecuada.

En cuanto a la descripción del cable de tierra MV-90-1 (cable usado solo en tierra); 8kV AC 12kV DC (mínimo); con conductor compacto I/C # 6 AWG (7x); 0,115" (2,92mm) (mínimo) aislamiento Okoguard (EPR); 0,024" (0,61mm) Extruded semicon (EPR), 0,005" (0,13mm) Bare Copper Shield Tape; envuelto en capa de polietileno de baja densidad o cable equivalente de espesor 0,068" (1,72mm) radio de curvatura mínimo es 0,22 metros (8,5").



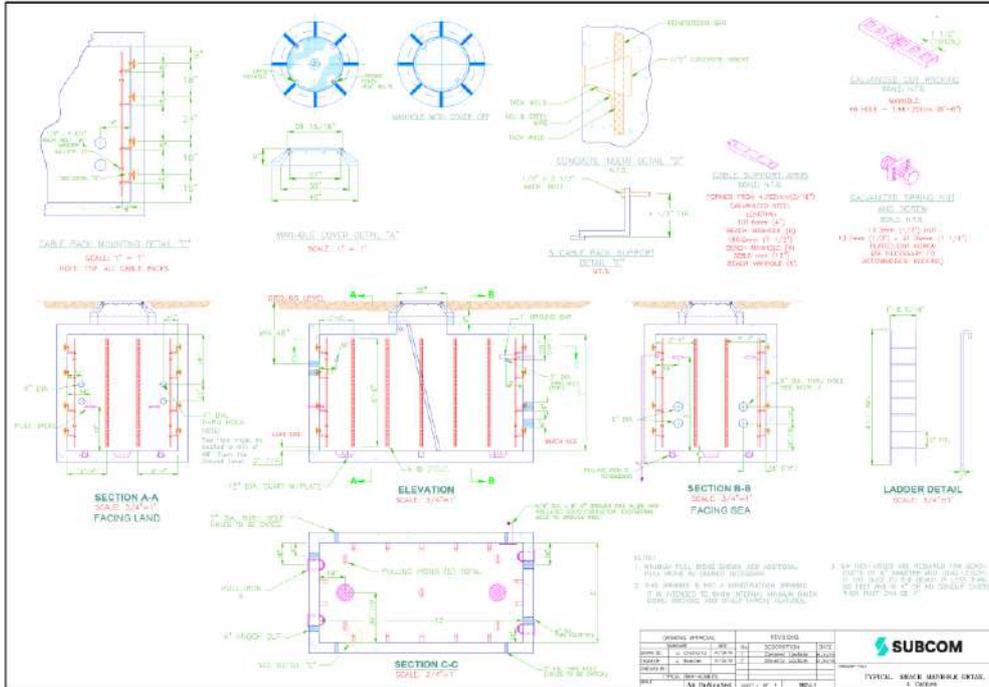


Figura 17: Detalles del BMH

### 2.13 Cronograma de instalación

- ✓ Estudio Preliminar de Oficina 2 T 2021.
- ✓ Visitas de confirmación de puntos de atraque 3 T 2021.
- ✓ Introducción de Sistema Agencias Gubernamentales 3-4 T 2021.
- ✓ (Agencias regulatorias nacionales, estatales y locales)
- ✓ Estudio de Ruta Marina 3 T 2021 – 1T 2022
- ✓ Adquisición de Permisos 3 T 2021 – 4 T 2022.
- ✓ Manufactura de Equipos (wet & dry plant) 1 T – 3 T 2022
- ✓ Instalación de equipo estación 2-4 T 2023.
- ✓ Instalación Marina 3 T 2022 – 2 T 2023.
- ✓ Sistema listo para entrega al cliente 4 T 2023.
- ✓ Ready For Provisional Acceptance (RFPA)

### 3. TRAZADO EN TIERRA

#### 3.1 Información específica de la zona de aterrizaje

Toda la información específica del sitio proporcionada aquí es un reflejo de los datos disponibles y asumidos al momento de preparar este documento, conforme lo requiere la resolución CNC N.º 1703/2000.

Las herramientas finales y los niveles de personal también pueden cambiar y estarán sujetos a la ubicación, el tiempo, las condiciones del permiso, la disponibilidad de recursos y el equipo local disponible para apoyar la instalación.

Algunos cambios, quizás menores, a los requisitos iniciales basados en las recomendaciones hechas por SubCom podrían implementarse después de que se hayan revisado todos los datos del relevamiento.

Además, se deberá tener en cuenta que la descripción final tal como está construida, puede diferir ligeramente de lo planeado el día de la instalación. Esto significa que el cable se instalará lo más cerca posible de la ruta planificada y el entierro, cuando sea necesario, se realizará siempre que sea posible el día de la instalación.

La profundidad del entierro solo puede ser correcta en el momento de la instalación, ya que la erosión costera y los posibles sedimentos migratorios estacionales no se pueden controlar. Sin embargo, la profundidad del entierro se basará en los resultados de los estudios geológicos realizados para este proyecto específico en Las Toninas.

La instalación de la dirección puede cambiar durante el proyecto, y podría estar impulsada por la disponibilidad del permiso, el cambio en la secuencia de instalación y también puede introducir puntos de empalme finales adicionales para desplegarse en el fondo marino. Esto no cambiará el rendimiento técnico contractual del sistema de cable submarino.

#### 3.2 Localización Beach Manhole (BMH) en Las Toninas y coordenadas

El ingreso es por la calle 24 hasta un BMH (nuevo, entre avenida Costanera y calle 1) ubicado en las coordenadas 36° 29'9.59" S, 56° 41'35.66" O. La ruta continua por la Calle 24 hasta la calle 11(MH4) donde gira al norte hacia la esquina de la calle 22. Luego la ruta continua recto por la calle 22 hasta la Calle 29, donde gira al sur hasta la esquina de la Calle 24, entrando en la estación terrestre (CLS) de propiedad de LUMEN.

Dirección de la Ubicación: Calle 24 entre avenida Costanera y calle 1

Coordenadas del BMH: 36°29.1600' S 56° 41.5940' O



Figura 18: Vista general de la ruta marítima en Las Toninas (Fuente: SubCom)

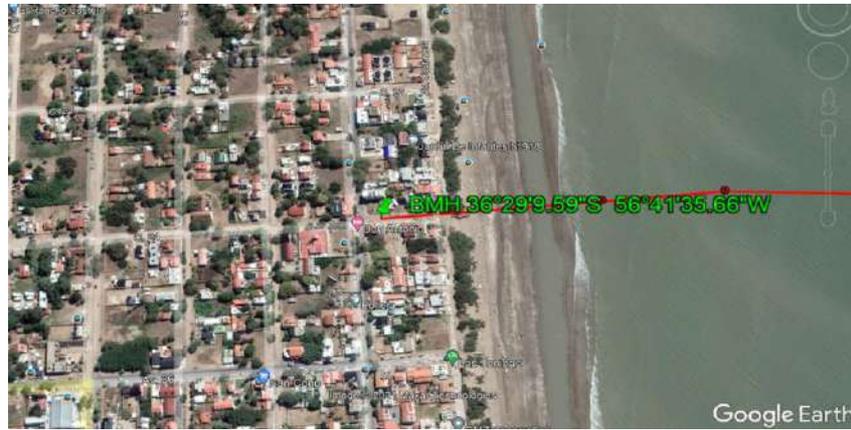


Figura 19: Vista general de la ubicación del BMH en Las Toninas (Fuente: SubCom)



Figura 20: Vista general de llegada a Las Toninas (fuente: SubCom)

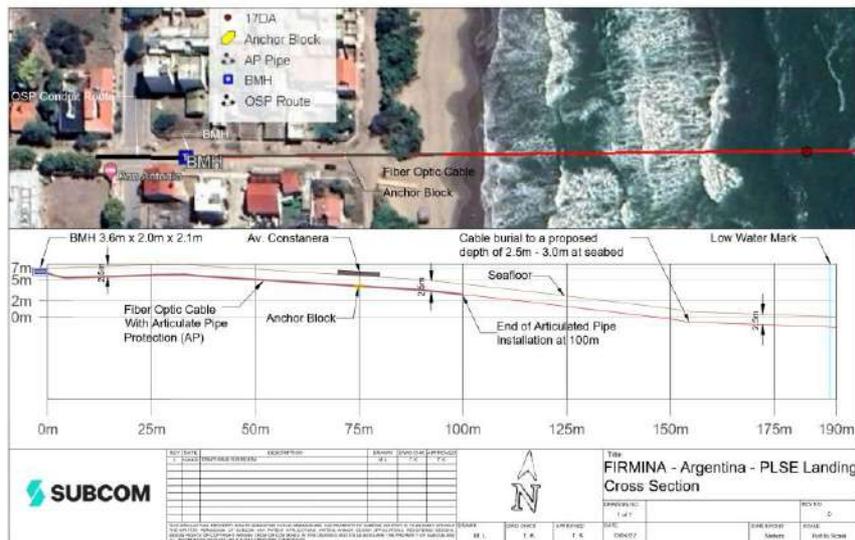


Figura 21: Vista lateral del aterrizaje. Tendido en aguas someras del cable

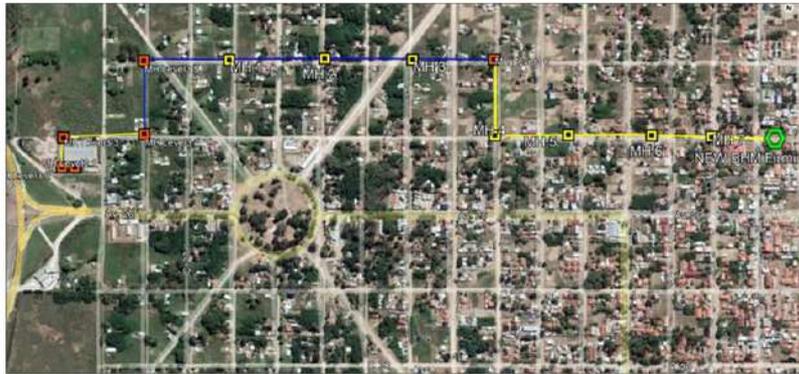


Figura 22: Vista general de la ruta terrestre hasta la Estación Terrestre (CLS) en Las Toninas (Fuente: SubCom)

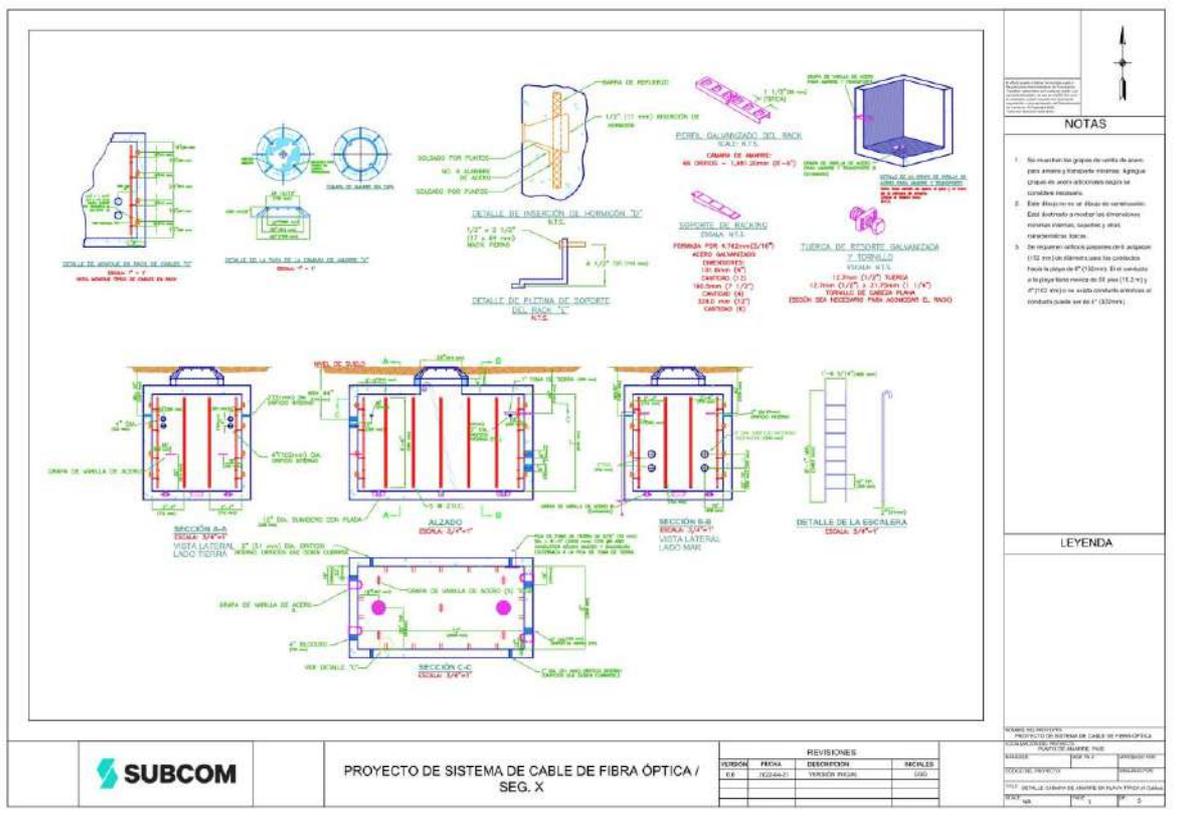


Figura 23: Bloque de anclaje del cable- Av. Costanera. Se muestra las grapas de varilla de acero para amarre y transporte mínimas. Esta figura está destinada a mostrar las dimensiones mínimas internas, soportes y otras características típicas.

### 3.2.1 Perfil de canalización

Desde el BMH hasta 100 metros hacia la línea de costa se canaliza el cable con cañerías articuladas para lograr una mayor protección del mismo. También se colocan a la entrada y salida de los cables articulados, bridas de reparo que tienen como finalidad brindar una mayor protección. En las figuras de abajo se puede ver el perfil de la cañería articuladas y las brida de reparo.

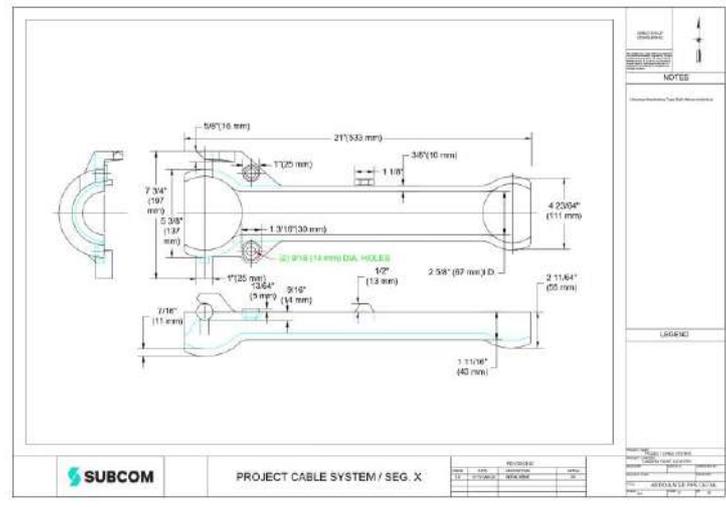


Figura 24: detalle de cañería articulada

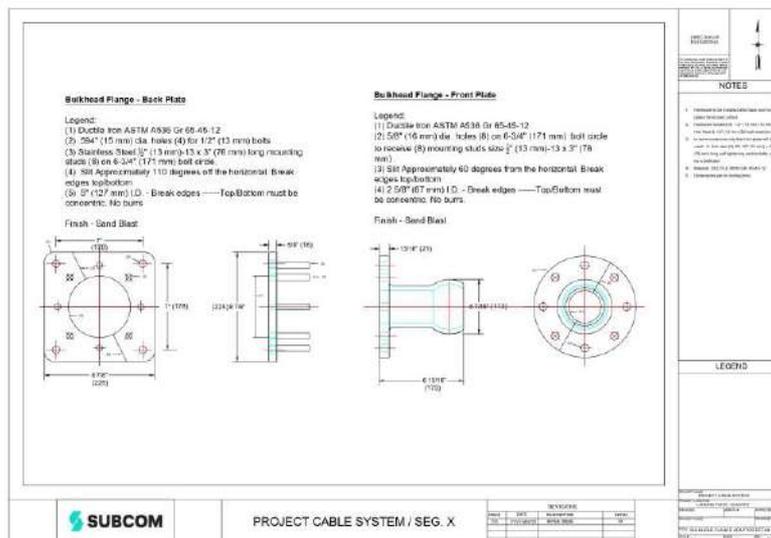


Figura 25: Detalle de bridas de anclaje

### 3.3 Ubicación estación terminal Las Toninas y coordenadas

Dirección de la Estación Terminal: Calle 31, No 1049 entre las calles 26 y 24

Coordenadas de la Estación Terminal: 36°29'14.30" S, 56°42'37.42" O

Se deberá efectuar un relevamiento del trazado de la ruta terrestre para confirmar las longitudes exactas de los conductos hacia el mar y la posición de las bocas de inspección entre el punto de aterrizaje y la estación de cable.



Figura 26: Estación Terrestre (CLS) de Lumen



Figura 27: Estación Terrestre (CLS) de Lumen

### 3.4 Requerimientos de soterramiento en playas, costas, secciones aradas

#### Las Toninas

Profundidades de soterramiento a alcanzar:

- Del BMH a la línea de agua: 2m o suelo duro, lo que ocurra primero.
- Desde la línea de agua hasta el inicio/final de la zona arada @ 12-15m de WD: 1,5m (después del soterrado cuando sea posible)
- Desde el inicio/final de la zona arada @ 12-15m WD hasta 1700m WD: 1,5m (si es posible)

El perfil de profundidades de arado se conocerá después de la revisión de relevamientos de detalles de la zona. El arado se realizará hasta una profundidad de agua de 1000m, donde los sedimentos del fondo marino permitan el arado, y las pendientes longitudinales y laterales estén dentro de los límites de seguridad para su operación.

Las secciones de entierro del arado normalmente deben tener una longitud mínima de 500 m, de lo contrario, estarán sujetas a un entierro posterior utilizando el Vehículo de Operación Remota ROV y la técnica de inyección.

La línea de agua es normalmente la marca de nivel bajo de agua (LWM: low-water mark), pero a menudo puede limitarse a la línea de nivel bajo de agua el día de la instalación.

## 4. TRAZADO PLANTA SUBMARINA

### 4.1 Tendido del Cable -Tendido sobre la superficie del fondo marino

La instalación del cable por tendido sobre la superficie en una profundidad de agua de más de 1000 m se realizará normalmente a una velocidad de 4 nudos o alrededor de un promedio de 170 km por día, sujeto a las condiciones climáticas y actuales.

El tendido marino y el posicionamiento de la toma de contacto del cable se basa en un modelo matemático 2D basado en la fuerza que normalmente se utiliza como el estándar de la industria.

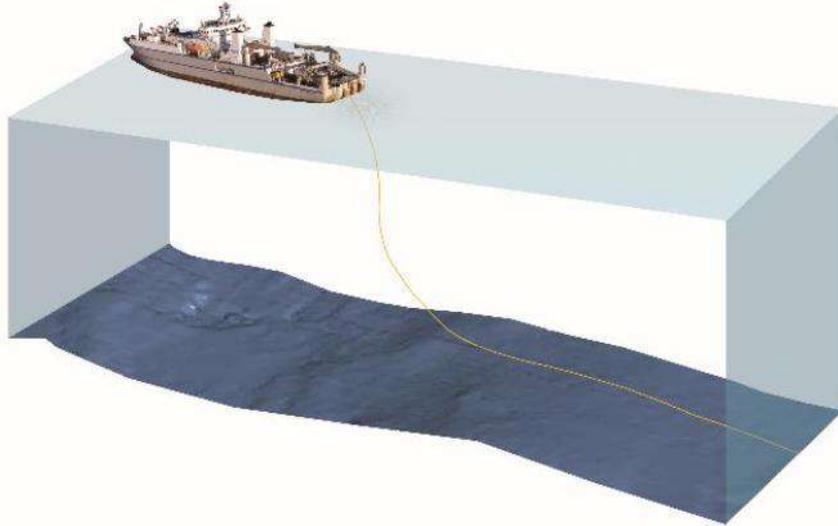


Figura 28: Instalación de cable sobre fondo marino a más de 1 000m de profundidad (Fuente: SubCom)

### 4.2 Características del buque cablero

La embarcación para utilizar en el proyecto será del tipo RELIANCE CLASS de la flota de barcos instaladores de cable de la empresa SubCom, contratada por el titular del proyecto para realizar la instalación del cable submarino. Los datos generales de este tipo de embarcaciones son los siguientes

- Bandera: Islas Marshall
- Propietario: SubCom
- Tonelaje bruto: 12.184 t
- Peso muerto: 9.200 t
- Eslora: 139 m
- Manga: 21 m
- Calado: 8,4 m
- Año de construcción: 2001-2003
- Constructor: Keppel Seghers
- Velocidad máxima: 14 nudos



Figura 29: Embarcación instaladora de tipo Reliance Class de SubCom (Fuente: SubCom)

Todas las embarcaciones cableras que navegan por aguas internacionales cumplen con las regulaciones establecidas en el Protocolo de la Convención Internacional de Contaminación de las Embarcaciones, conocido como Protocolo MARPOL 73/78.

Después del estudio del fondo marino el cable será colocado en el fondo marino por la misma embarcación de instalación de cable, que como principal equipamiento de instalación tiene:

- Arado submarino de tendido de cable, para instalación de cable enterrado en el fondo
- Vehículo de Operación Remota, para inspección y corrección de la instalación

Para la instalación del cable la embarcación tiene incorporados en su equipamiento de planta bobinas de cable en sus bodegas, winches, desarrolladores lineales, grúas, cuadrantes y sistema dinámico de posicionamiento, entre otros.

### 4.3 Tendido del Cable con Arado

Para el sistema de cable FIRMINA, la profundidad de enterramiento objetivo será de 1.5 m para la plataforma continental Argentina.

El arado se llevará a cabo desde alrededor de los 15 m de profundidad del agua desde Las Toninas hasta una profundidad de 1700 metros en la plataforma continental. El arado se llevará a cabo donde sea posible enterrarlo en el sedimento y donde el fondo marino permita la operación segura del arado. El tipo de fondos marinos, arriba, abajo y laderas laterales determinarán dónde se puede realizar el arado de manera segura.

La posición del arado detrás de la embarcación se calcula en base a:

- Posicionamiento acústico (HPR): la precisión del rango de inclinación es mejor que el 1% en condiciones normales, asumiendo una velocidad de sonido constante en la columna de agua.
- Longitud del cable de remolque desplegado y profundidad del agua.

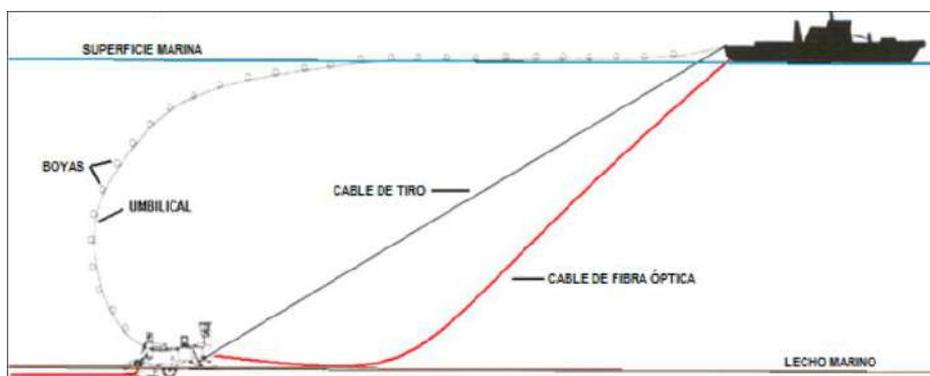


Figura 30: Esquema de dirección del cable y dirección del tendido. Operación típica de arado donde el arado a menudo será 2-3 veces la profundidad del agua detrás del barco. Fuente: SubCom

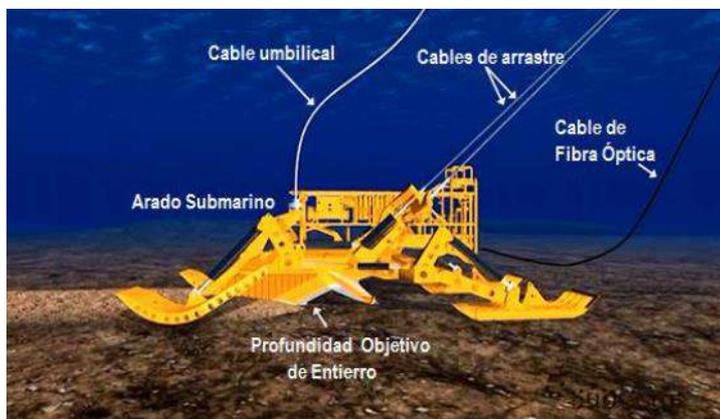


Figura 31: Modelo de equipamiento para el arado del lecho marino (Fuente: SubCom)

#### 4.4 Cruce de cables

El arado no se realizará dentro de una distancia especificada a los cables o tuberías en servicio que pudiesen cruzarse. Generalmente, esta distancia es de 500 m, pero se puede reducir a 250 m para el cruce de cables en servicio que se han identificado positivamente durante las operaciones de relevamiento

#### 4.5 Inspección posterior a la colocación y entierro (PLIB: Post-Lay Inspection & Burial)

Después de la instalación del cable se realizará la PLIB (Post Lay Inspection and Burial - inspección y entierro después de la colocación), para maximizar la protección del cable (enterrado) donde sea posible. Las operaciones de inspección y/o entierro después de la colocación pueden llevarse a cabo en profundidades de agua mayores a 20 m, utilizando el ROV marinos. El ROV puede desplegarse desde una embarcación específicamente movilizada o desde la embarcación de instalación del cable principal, y se puede rastrear o nadar libremente dependiendo del fondo marino y las corrientes.

La inspección posterior a la colocación (PLI) es un procedimiento para validar los datos de entierro del arado. La inspección visual está sujeta a la visibilidad del agua en el momento de la inspección. Si se reduce la claridad del agua, la inspección se basará en sensores de seguimiento de cables y sonar orientado hacia adelante.

#### 4.6 Entierro posterior a la colocación (PLB)

Las operaciones de soterramiento del cable (PLB) se realizarán en áreas planeadas de arado enterrado en los siguientes lugares:

- En la costa termina alrededor del punto de lanzamiento / recuperación del arado.
- Empalmes iniciales, intermedios y finales.
- Cruces de cables y tuberías de energía y telecomunicaciones en servicio.
- Unidades de ramificación.
- Saltos de arado no planificados.
- Áreas donde las pendientes de los fondos marinos no son aptas para arados y es posible el enterramiento en chorro.



Figura 32: Esquema de operaciones PLB por ROV

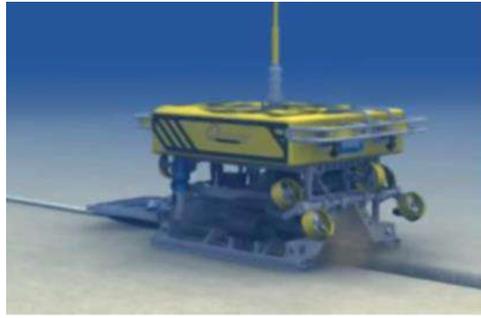


Figura 33: Esquema de operaciones PLB por ROV

#### 4.7 Localización del cable submarino en la Plataforma continental Argentina (PCA)



Figura 34: Localización del cable en la PCA

A continuación, se ilustra una vista de la red submarina

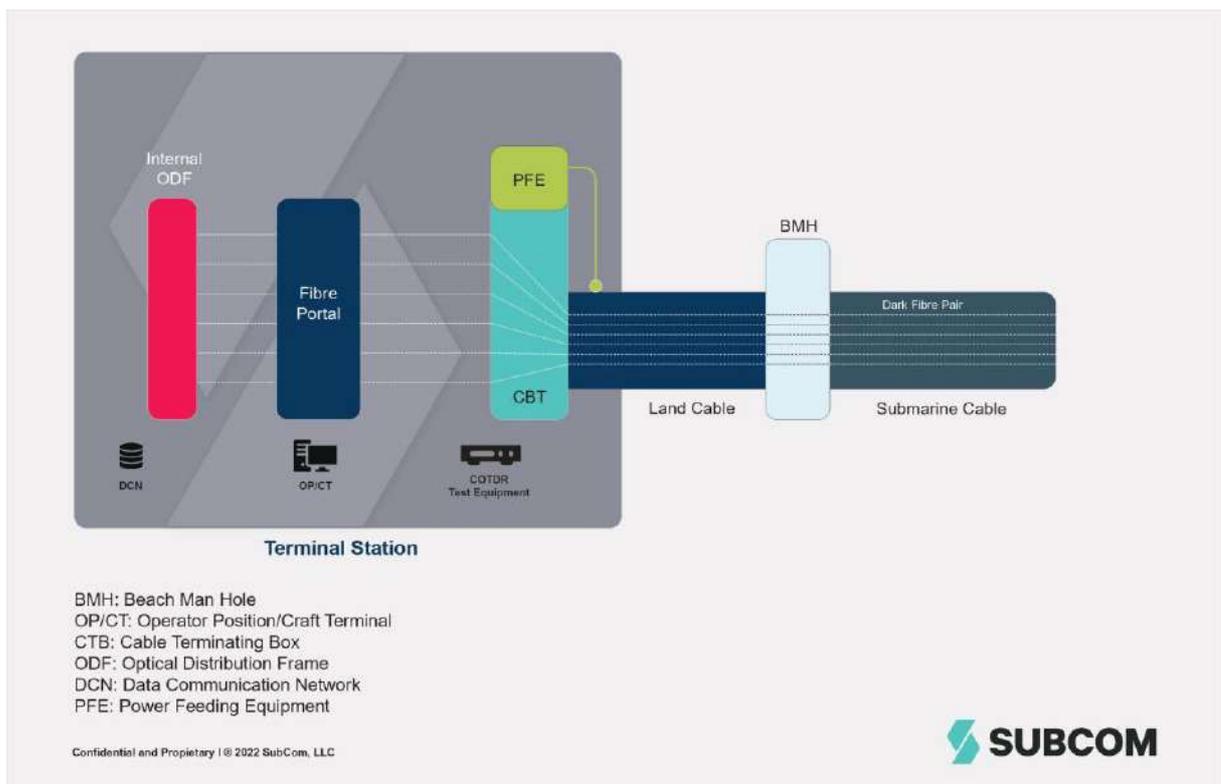


Figura 35: Vista de Red Submarina Fuente: SubCom

#### 4.8 Coordenadas trazado del cable y profundidades

La tabla siguiente es el detalle del relevamiento submarino de la traza planificada para el tendido del cable denominado FIRMINA del Segmento 1, que unirá la localidad de Myrtle Beach, Estados Unidos de América con Las Toninas en la República Argentina.

Pos No.	Posición (WGS-84)		Profundidad (m)	Tipo de cable	Comentarios
	Latitud	Longitud			
0	36 29.1600 S	056 41.5940 O	0	17DA	Las Toninas, Argentina (Se construirá un nuevo BMH por Lumen para Firmina)
	36 29.1600 S	056 41.5940 O	0	17DA	
1	36 29.1477 S	056 41.4294 O	2	17DA	
2	36 29.1408 S	056 41.3370 O	3	17DA	
3	36 29.1445 S	056 41.1070 O	5	17DA	5m
4	36 29.1697 S	056 39.5572 O	10	17DA	10m
5	36 29.1951 S	056 38.9081 O	11	17DA	
6	36 29.3987 S	056 33.7109 O	13	17DA	
7	36 29.6788 S	056 26.5586 O	14	17DA	Fin mar territorial AR/Comienzo Zona contigua AR; Comienzo EEZ conjunta AR/UY
8	36 29.7869 S	056 23.7995 O	15	17DA	Fin PLSE, Empalme inicial, Plow Down/Start of Main Lay Burial at 15m WD (BA Chart, Aprox.)
9	36 30.0984 S	056 12.5931 O	14	17DA	
10	36 30.1485 S	056 11.5577 O	15	17DA	Fin zona contigua AR/Comienzo EEZ AR, aun dentro de la EEZ conjunta AR/UY
11	36 30.1618 S	056 11.2836 O	15	17DA	
12	36 30.7971 S	055 58.1683 O	19	17DA	
13	36 30.9100 S	055 55.8366 O	19	17DA	
14	36 31.0614 S	055 52.7101 O	20	17DA	RPT-A
15	36 31.1494 S	055 50.8939 O	20	17DA	20m
16	36 31.2100 S	055 49.6420 O	20	17DA	
17	36 31.7988 S	055 45.7955 O	20	17LWA	
18	36 33.0372 S	055 37.7029 O	24	17LWA	
19	36 34.4342 S	055 28.4758 O	29	17LWA	
20	36 34.8037 S	055 26.0135 O	30	17LWA	
21	36 35.0158 S	055 24.6006 O	30	17LWA	
22	36 37.4888 S	055 07.9755 O	42	17LWA	
23	36 38.0601 S	055 04.0818 O	50	17LWA	50m
24	36 38.7336 S	054 59.4913 O	58	17LWA	
25	36 39.9663 S	054 51.0005 O	60	17LWA	
26	36 40.4526 S	054 47.6500 O	60	17LWA	
27	36 40.6759 S	054 46.1118 O	60	17LWA	
28	36 41.8876 S	054 39.6085 O	85	17LWA	Fin EEZ AR/Comienza ZEE UY. Aún dentro de la EEZ conjunta AR/UY.
29	36 42.1509 S	054 38.1953 O	90	17LWA	

30	36 42.4704 S	054 36.0782 O	90	17LWA	
31	36 44.5167 S	054 22.4955 O	100	17LWA	100m
32	36 44.5504 S	054 22.2713 O	103	17LWA	
33	36 46.8746 S	054 06.4797 O	132	17LWA	
34	36 47.5505 S	054 01.8469 O	200	17LWA	200m
35	36 48.2270 S	053 57.2092 O	396	17LWA	
36	36 48.3761 S	053 53.4700 O	500	17LWA	500m
37	36 48.5482 S	053 49.1527 O	500	17LWA	RPT-A
38	36 48.7319 S	053 44.5428 O	695	17LWA	
39	36 48.9102 S	053 40.0703 O	1000	17LWA	1,000m
40	36 49.0349 S	053 36.9420 O	1048	17LWA	
41	36 49.0762 S	053 33.9477 O	1094	17LWA	
42	36 49.0804 S	053 33.6437 O	1098	17LWA	
43	36 49.0948 S	053 32.5991 O	1156	17LWA	
44	36 49.4120 S	053 29.2985 O	1500	17LWA	
45	36 49.8421 S	053 25.8199 O	1700	17LWA	
46	36 50.5026 S	053 22.3004 O	1700	17LWA	
47	36 49.6330 S	053 09.5843 O	2000	17LWA	2,000m
48	36 49.5879 S	053 08.9239 O	2037	17LWA	
49	36 49.5735 S	053 08.7139 O	2048	17LWA	
50	36 49.2263 S	053 03.6377 O	2300	17LWA	
51	36 50.5234 S	052 48.5182 O	3005	17LWA	
52	36 50.2173 S	052 46.7788 O	3048	17SPA	
53	36 50.2171 S	052 46.7775 O	3048	17SPA	
54	36 50.1961 S	052 46.6581 O	3051	17SPA	
55	36 45.9080 S	052 22.3020 O	3052	17SPA	
56	36 41.6201 S	051 57.9701 O	3483	17SPA	
57	36 40.8249 S	051 53.4605 O	3540	17SPA	
58	36 38.8329 S	051 44.1634 O	3651	17LW	
59	36 33.9308 S	051 21.3018 O	3875		Fin EEZ conjunta AR/UY

Tabla 6: Profundidad de cada segmento

## 5. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA PLANTA SUMERGIDA

### 5.1 Cables

Las características de estos elementos se incluyeron en las secciones 2.8 y 2.9 del presente documento

### 5.2 Repetidores

Los repetidores son aparatos que amplifican la señal óptica tras largas distancias de recorrido de cable (80 – 100 Km), y también contiene sensores que determinan la ubicación de fallas en la señal a lo largo del recorrido de la línea, las cuales son captadas en las estaciones terminales de control en tierra para un eventual mantenimiento o recuperación de la línea. Su perfil alargado y estructura resistente facilitan su instalación. Sus dimensiones son 5 metros de longitud y 33 cm de diámetro

Los repetidores SubCom utilizan tecnología de amplificadores ópticos de última generación para lograr un alto rendimiento y confiabilidad. Los repetidores SubCom están equipados con varios pares amplificadores, cada uno de los cuales admite los requisitos de ancho de banda completo de un par de líneas. Cada par amplificador proporciona amplificación óptica con bombas láser redundantes y proporciona una línea de monitoreo de línea pasiva. Para admitir un alto número de fibras, el diseño del repetidor propuesto garantiza que cada amplificador de par de fibra sea bombeado por cuatro bombas láser para una alta confiabilidad, con bombas compartidas entre múltiples pares amplificadores para una operación eficiente y una línea de monitoreo de línea pasiva. Los repetidores SubCom pueden soportar hasta 24 pares de fibra.

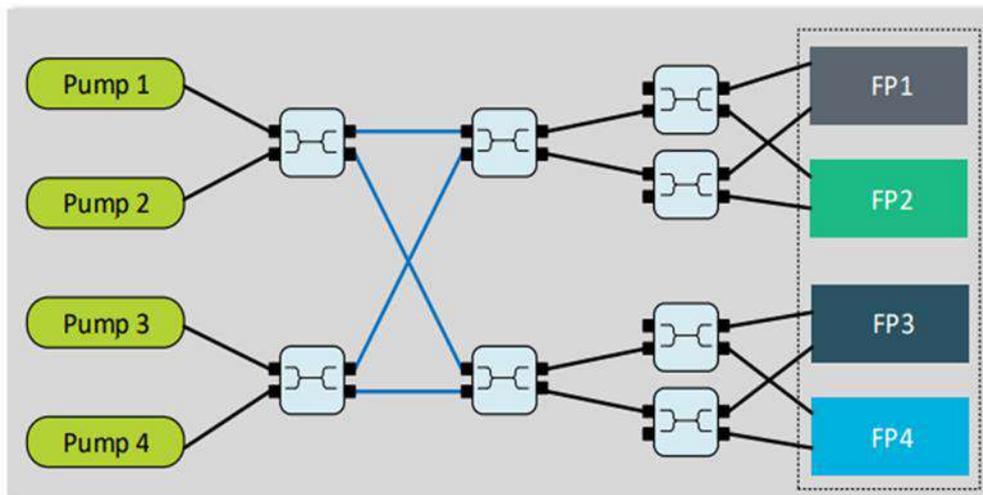


Figura 36: Esquema de arquitectura de un amplificador con 4 bombas y 8 fibras (Fuente: SubCom)



Figura 37: Vista del repetidor SubCom Amp-Quad (Fuente: SubCom)



Figura 38: Vista del repetidor SubCom Amp-Quad (Fuente: SubCom)



Figura 39: Vista del repetidor SubCom Amp-Quad (Fuente: SubCom)



Figura 40: Vista del repetidor SubCom Amp-Quad (Fuente: SubCom)

2 Repeater	
2.01 Manufacturer and model	SubCom
2.02 Gain/optical power control method, supervisory method	Constant output power within input power range with high loss loopback supervisory method
2.03 Pumping laser wavelength(s)	980 nm range pump lasers, 4 pump 8 fibers pump
2.04 Pump sharing count (N pumps into M FPs)	4 pumps into 4 FP
2.05 FIT rate of repeater	502 / 373
2.06 Nominal Repeater output power	See Line 1.06
2.07 Maximum and minimum input power to Repeater;	+/- 3dB from nominal input power
2.08 Repeater gain versus input power, nominal gain compression	Details will be provided at design review.
2.09 Nominal repeater NF at operating point	See Line 1.06
2.10 Average Repeater PDL	Details will be provided at design review.
2.11 Average Repeater PMD	Details will be provided at design review.
2.12 Amplifiers optical bandwidth and auto filtering wavelength	4.5 THz. Total available data BW from first to last channel edge is : 196.11875 - 191.60125 THz
2.13 Supervisory monitoring items	SubCom eLMS (Input Power, Output Power, Span Loss, Tilt, Span Length)
Supervisory method (dedicated wavelength or superimposed signal)	High loss loopback method with dedicated 2 wavelengths at ends of the bandwidth
2.14 signal)	All
2.15 How many FPs have supervisory (if not all, list which ones)	LME : 191.55 - 196.2THz
For dedicated wavelength method:	LME launch power is tunable
Frequency and bandwidth of control signal(s) (THz)	TBD (Design Review)
2.16 Launch power of control signal, average and peak (dBm)	
For superimposed signal method:	
Noise figure (dB)	
Expected tilt (dB/THz)	
Modulation depth (% of TOP), min, max and granularity	
2.17 PMD (ps), PDL (dB), Rx detector power range (max, min dBm)	N/A
2.18 Contents of supervisory information provided by the Repeater	Utilizes standard SubCom telemetry architecture, including redundant TX and RX modules, operating on the two reserved LMS frequencies, with connectivity to multiple fiber pairs for robust operation.
Northeast Supervisory interface type	
2.19 (e.g. SNMP, TL1, REST API)	REST API
2.20 Supply Current (mA)	-817
2.21 Trunk repeaters polarity (Unipolar/Bipolar)	Unipolar
2.22 Voltage Drop (V)	43.0 (12FPs)

Tabla 7: Características técnicas del repetidor (Fuente: SubCom)

### 5.3 Nodos OADM

El equipo submarino en una unidad de derivación (BU: Branching Unit) entre pares de fibras troncales y derivadas se implementa típicamente con dos unidades. Una unidad de derivación (BU) enruta los pares de fibra troncal al cable de ramificación y, a continuación, una unidad OADM contiene los elementos de filtrado óptico necesario para la multiplexación óptica de add-drop (OADM). Los pares de fibra también se pueden enrutar directamente desde la BU a la rama CLS para una rama de fibra completa. La unidad OADM de SubCom implementa derivaciones dependientes del ancho de banda en el sistema submarino.

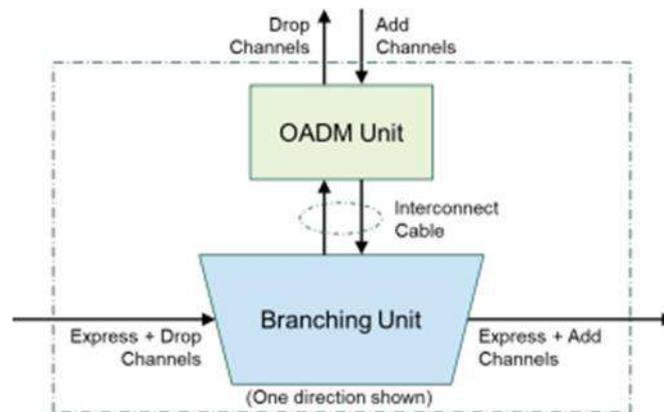


Figura 41: Nodo OADM (Fuente: SubCom)

### 5.4 Unidades de derivación (BU Branching Units)

Es un equipo que conecta más de dos secciones de cable submarino de fibra óptica, lo que permite que una línea principal se divida en dos ramas de forma que pueda alimentar múltiples estaciones terminales. Las aplicaciones de la unidad de derivación submarina óptica pueden tener las siguientes funciones adicionales

Permite que una línea principal se divida en dos ramas, de forma que pueda alimentar múltiples estaciones terminales. Dimensiones: Longitud: 4.8 m, Diámetro: 46 cm. Las unidades de derivación mejoradas de SubCom proporcionan capacidad de cambiar la alimentación eléctrica entre el troncal y las derivaciones. Las eBU ("Enhanced Branching Unit") tienen capacidad hasta 24 pares de fibras para ser usadas en sistemas de alta capacidad. La eBU se controla mediante canales de telemetría óptica que llegan al circuito de control en la terminal. Existen caminos redundantes de control para una operación robusta durante situaciones de fallo.

Se utilizará la unidad de derivación de SubCom tipo eBU. Se pueden conectar varios tipos de cable SL a una BU SubCom según requerimientos del proyecto, tales como la profundidad de instalación y las condiciones del fondo. El cable conectado al extremo de cable único de la BU se denomina cable troncal y los pares de fibra dentro de ese cable se denominan pares de fibra troncal. Los dos cables conectados al otro extremo de la BU son los llamados cables A1 y A2. Los cables troncales y A1 de la BU generalmente se conectan al cable troncal general del sistema. El cable A2 suele ser el cable derivado. Las BU de SubCom se pueden tender y recuperar utilizando equipos estándar del buque cablero, sin modificaciones que puedan impedir que el buque funcione en otros sistemas de cable submarino óptico.

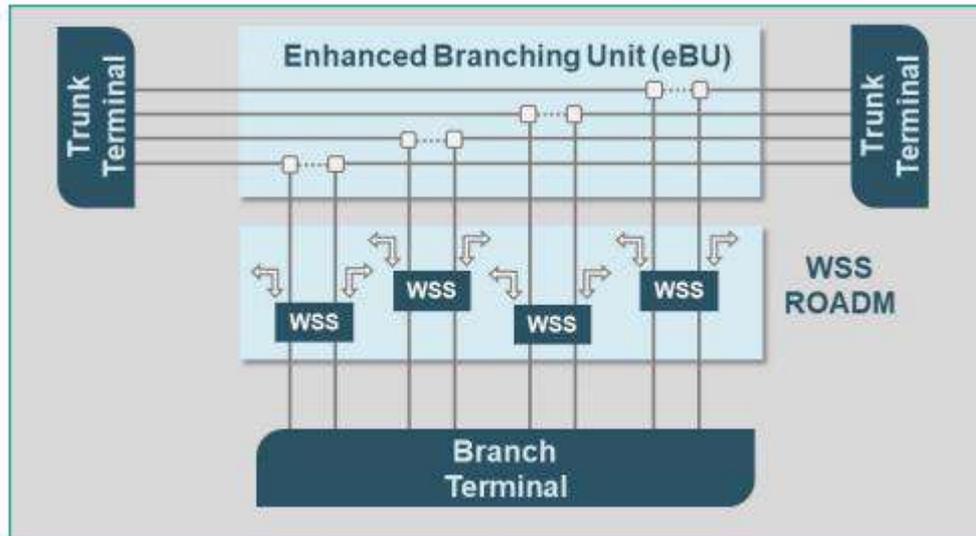


Figura 42: Nodo OADM con WSS ROADM (Fuente: SubCom)

El sistema FIRMINA estará equipado con OADM reconfigurable (ROADM), que admitan conexiones bidireccionales basadas en los requisitos de diseño del sistema actual. La plataforma WSS ROADM proporciona filtrado OADM reconfigurable basado en WSS (conmutación selectiva por longitud de onda) para una verdadera flexibilidad de red. Los componentes ópticos cuentan con una granularidad espectral de 3,125 GHz que admite un filtrado WSS extremadamente bien definido, lo que da como resultado bandas de guarda despreciables entre las bandas de paso y las bandas de paso compatibles con Flexi-grid que se configuran en la red ITU de 6,25 GHz. El WSS también proporciona atenuación configurable para admitir el ajuste de la forma de ganancia. Consulte la Figura 42 para ver un diagrama de bloques de alto nivel. La plataforma SubCom WSS ROADM puede admitir hasta 4 pares de fibra troncal en un solo cuerpo. El WSS ROADM para cada nodo OADM se selecciona para soportar los requerimientos de filtrado de la derivación y la conectividad de rama requerida en ambas direcciones del tráfico troncal. Al igual que la BU, los ROADM se controlan a través de un canal de telemetría terminado en los circuitos de Equipo de Respuesta de Comando (CRE) en las estaciones terminales. Se proporcionan rutas de control redundantes para una operación robusta durante eventos de falla.

El proyecto FIRMINA prevé en esta etapa dos derivaciones: una a Praia Grande, Brasil y otra a Punta del Este, Uruguay, pudiendo, si fuera necesario, ampliarse las derivaciones a República Dominicana, Puerto Rico y Fortaleza, Brasil.



Figura 43: Branching Unit (BU)

3 Branching Unit			
3.01	Manufacturer and model	SubCom Enhanced BU	
3.02	Switching Type for Power feeding reconfiguration	Separate BU and ROADM configuration	
3.03	Supply Current (mA)	500-1600	
3.04	Voltage Drop (V)	102	
3.05	Maximum Voltage for hot switching of BU	15000	
3.06	FIT rate of the BU	240	For an eBU that can switch 10 trunk FP; Lower values apply to eBUs with fewer switches
3.07	Optical device Characteristic	High reliability optical switches with latching capability	
3.08	Insertion loss (dB)	N/A	
3.09	Contents of supervisory information provided by the BU (if applicable), details on the supervisory channels	Command response at LME wavelengths	
3.10	Northbound Supervisory interface type (e.g. SNMP, TL1, REST API)	REST API	

Tabla 8: Características técnicas de la BU (Fuente: SubCom)

## 5.5 Ecuallizadores de ganancia

Las distancias extremas de los sistemas de transmisión submarinos requieren una gestión cuidadosa de la forma de ganancia. En los sistemas SubCom, la ecualización de ganancia para cada fibra de transmisión se proporciona mediante una combinación adecuada de los siguientes elementos de ecualización de ganancia:

- Filtros de aplanamiento de ganancia (GFF) que forman parte de cada amplificador en el repetidor, para compensar la forma de ganancia del amplificador.
- Elementos de ecualización de ganancia para inclinación y/o forma insertados junto con el cable, para corregir la inclinación acumulada en el espectro de ganancia y cualquier ganancia residual dependiente de la longitud de onda a intervalos periódicos.

SubCom realiza el monitoreo a bordo a medida que instala el sistema con los ajustes correctivos realizados según sea necesario.

## 5.6 Instalación Marina

Las características de estos elementos se incluyeron en las secciones de la 4.1 a la 4.6. del presente documento.

## 5.7 Aterrizaje del cable en aguas marinas someras

Antes de las operaciones de aterrizaje de cable, las notificaciones a las autoridades pertinentes se emitirán según sea necesario y/o acordado según la práctica normal.

En áreas con tráfico local significativo de embarcaciones costeras, se utilizarán embarcaciones de apoyo pequeñas / embarcaciones de trabajo adicionales para evitar daños al cable flotante durante las operaciones de aterrizaje.

La operación de aterrizaje directo del cable normalmente se realizará dentro de un día normal de trabajo, comenzando a la primera luz del día, generalmente alrededor de las 06:00 a.m. hora local.

El barco de cable se colocará en modo DP entre 12m y 15m de profundidad y a una distancia segura de la costa y los arrecifes. No se utilizará anclaje. Existe también la posibilidad de un aterrizaje con apoyo de barcos de menor calado (lo cual se conoce como tendido en aguas someras del cable (PLSE - Pre-Lay Shore End), cuando la disponibilidad del barco se retrasa y/o los tiempos de instalación son reducidos, como pudiera ser el caso de Las Toninas, con las restricciones de instalación por la temporada de verano.

Para transportar el cable desde el barco de instalación, situado a 15 metros de profundidad del agua, hasta el BMH, se establece una línea de acarreo desde el barco hasta la costa utilizando embarcaciones de apoyo y buzos. La línea de acarreo se conecta al cable del barco. El transporte de equipo en la playa se utiliza para transportar el cable a tierra mientras el barco baja simultáneamente el cable. Como el cable se baja desde el barco, se puede requerir que los buzos conecten flotadores al cable, generalmente cada 3m a 5m.

Una vez que el extremo del cable esté asegurado en tierra, se abrirá para el aislamiento eléctrico y las pruebas de fibra. Tan pronto como se completen las pruebas, los buzos recibirán instrucciones para comenzar a hundirse y colocar el cable en el lecho marino. Los flotadores se cortarán progresivamente de la línea de la costa hacia el barco de cable. Antes de cortar cada flotador, los buceadores colocarán el cable manualmente o, con la ayuda de un bote pequeño, para que caiga en la ubicación deseada.

Después de colocar el cable en el fondo marino, el extremo del cable, actualmente en la playa, se instalará en el BMH.



## **5.8 Empalme inicial y/o final**

El empalme inicial es la unión marina que unirá el cable existente al cable a bordo del cable antes de que continúe la instalación en áreas de mayor profundidad.

El empalme final es la unión marina final una vez finalizada la colocación donde el extremo del cable se conectará al cable existente ya instalado. Esto provocará que se despliegue una reserva final en el fondo marino, que normalmente es de 1,5 a 2 veces la profundidad del agua. Esta curva se bajará con cuidado al fondo marino y se liberará con un dispositivo de liberación acústica.

## 6. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS COMPONENTES PLANTA TERRESTRE

### 6.1 Aterrizaje en playa

Para transportar el cable desde el barco de instalación hasta el BMH, se establece una línea de acarreo desde el barco hasta la costa utilizando embarcaciones menores (Un Pre-Lay Shore End) de apoyo y buzos. La línea de acarreo se conecta al cable del barco. El transporte de equipo en la playa se utiliza para transportar el cable a tierra mientras el barco baja simultáneamente el cable.

Cuando el extremo del cable esté asegurado en tierra cerca del BMH, se abrirá para aislamiento eléctrico y pruebas de fibra.



Figura 44: Trabajos en la playa

Una vez que el cable está conectado a tierra y conectado al BMH, el cable estará protegido con un tubo articulado. Luego se entierra a una profundidad de 1.5 m debajo del nivel del fondo del mar entre el límite inferior de la marea baja a los 15 m de profundidad de agua, usando buzos con herramientas de chorro de agua a presión.



Figura 45: Trabajos de buzos en el fondo (Fuente: SubCom)

### 6.2 Equipo de Alimentación Eléctrica (PFE: Power Feed Equipment)

Un sistema de cable submarino consiste en una planta sumergida con estaciones terminales. La planta sumergida comprende el cable, los repetidores y, según el sistema, las unidades de ramificación y las unidades de eculización pasiva. El cable consta de fibras ópticas para la transmisión de datos y un núcleo de cable metálico para alimentar corriente eléctrica a los repetidores.

La planta sumergida requiere corriente constante, y el propósito del PFE es suministrarla.



Figura 46: Modelo de PFE en un rack de una columna (Fuente: SubCom)

Para un sistema de extremo a extremo en funcionamiento normal, repetidores sumergidos a lo largo del enlace son alimentados desde la estación terminal. El PFE alimenta de un solo extremo el cable desde una de las terminales.

La alimentación del sistema para los segmentos repetidores es proporcionada por el PFE en las estaciones de aterrizaje de cable (CLS: Cable Landing Station). La redundancia se incluye en todos los diseños de PFE para una operación de alta confiabilidad.

Para el diseño de bajo voltaje (LV), se utilizan dos convertidores de potencia idénticos y eléctricamente independientes para lograr una alta confiabilidad. El diseño de alto voltaje (HV) utiliza un diseño de redundancia N+1. Tres o más convertidores activos proporcionan energía al sistema submarino. Si uno de los convertidores se apaga, los N convertidores restantes ajustan automáticamente sus salidas para manejar la carga.

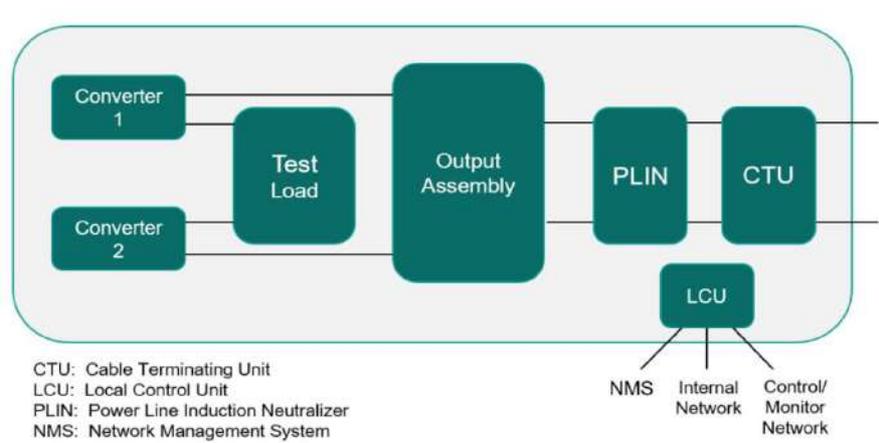


Figura 47: Esquema del PFE de baja tensión (Fuente: SubCom)

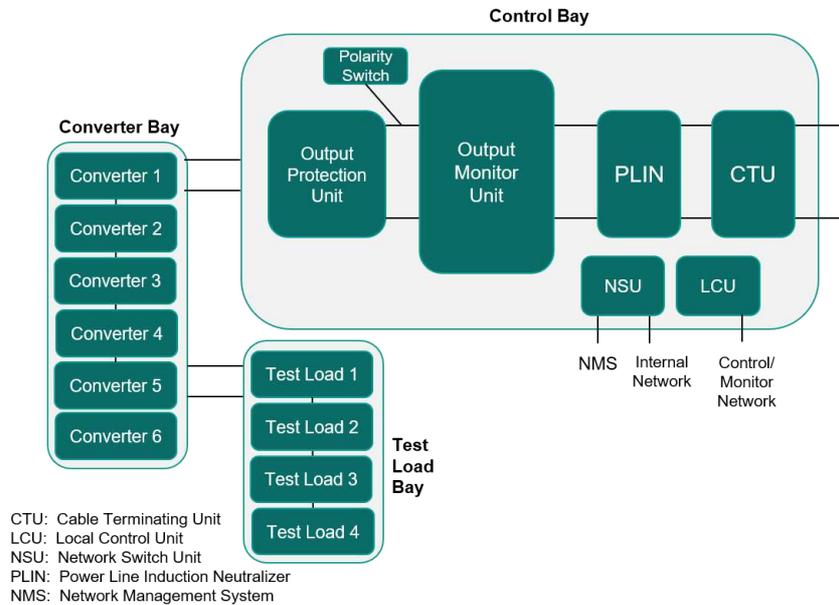


Figura 48: Esquema del PFE de alto voltaje (Fuente: SubCom)

La configuración de alimentación troncal SEF (Single End Feeding) consiste en alimentación por dos extremos desde los CLS de Praia Grande y Myrtle Beach, que están equipados con PFE de alto voltaje (18 kV). Cada segmento derivado recibe energía de un PFE de bajo voltaje (5 kV) en el CLS del ramal. Esta configuración de alimentación del sistema se muestra en la Figura 49.

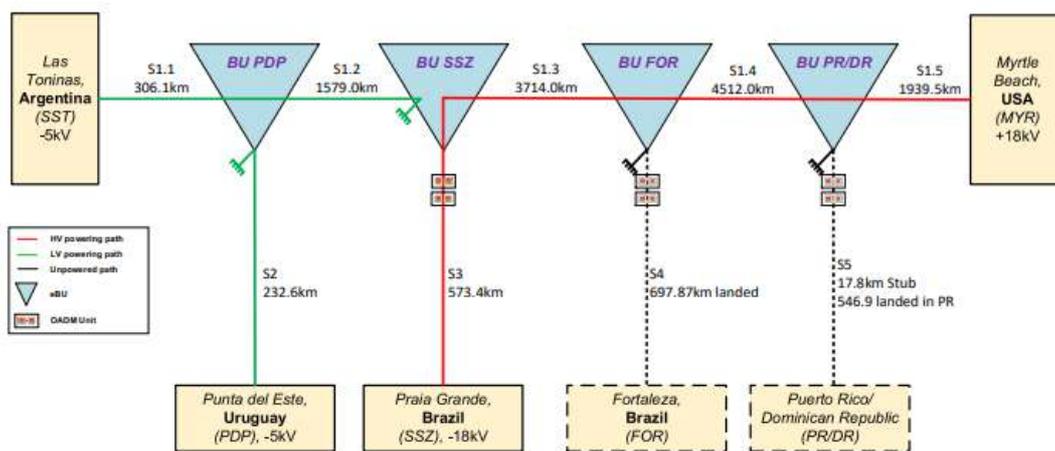


Figura 49: Configuración de alimentación de FIRMINA (Fuente: SubCom)

La alimentación de un solo extremo durante las condiciones de falla de derivación es compatible con cualquiera de los dos CLS en inicio de vida (BOL: Beginning Of Life) y en fin de vida (EOL: End of Life), ya que la tolerancia de desviación del potencial de tierra en fin de vida se limita a 0,01 V/km. SubCom presentó un artículo en SubOptic 2019 sobre "Ciclos solares y voltajes en el potencial de la tierra"<sup>1</sup>. Establecido en ese documento, SubCom recomienda usar una tolerancia (EPA: Earth Potential Allowances) reducida para el cálculo de fin de vida en configuraciones SEF. Los parámetros de alimentación de un solo extremo que se utilizan para calcular los voltajes PFE requeridos para cada segmento se muestran en la Tabla 9: Voltajes del sistema FIRMINA.

<sup>1</sup> <https://suboptic2019.com/co-chair-papers-portal/entry/559/>

Segment(s)	Trunk: Praia Grande – Myrtle Beach	Trunk Repair Allowance	Las Toninas – BU SSZ	Punta del Este – BU PDP (\$2)	Fortaleza – BU FOR (\$5) (Option)
Length (km)	10,739	133	1885	233	698
Line Current (A)	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817
Cable Resistance (Ohms/km)	1.33 and 0.83	0.96 and 0.83	0.96	0.83	0.83
Total Cable Voltage (Volts)	11,435	112	1478	158	473
Number of Repeaters	122	6	22	3	8
Number of Fiber Pairs	12 / 24	12 / 24	16	20	16
Voltage Drop per Repeater	43.0 / 85.5	46.6 / 89.1	60.8	74.9	60.8
Total Repeater Voltage (Volts)	5547	322	1337	225	486
Number of eBU	3	0	1	0	0
Voltage Drop per eBU	102	102	102	102	102
Total eBU Voltage (Volts)	307	0	102	0	0
Number of WSS ROADMs	2	0	0	0	2
Voltage Drop per WSS ROADM	263	263	263	263	263
Total WSS ROADM Voltage	527	0	0	0	527
Earth Potential (Volts/km)	0.01	0.01	0.05	0.05	0.05
Total EPA Voltage	107	1	94	12	35
Total Segment / Branch Voltage	17,923	436	3012	394	1595
PFE Type	HV - 18kV		LV - 5kV	LV - 5kV	LV - 5kV

Tabla 9: Voltajes del sistema FIRMINA (Fuente: SubCom)

La salida de los convertidores se puede regular tanto en regulación por corriente o por voltaje. Durante la operación normal, se regula por corriente. Si el voltaje sube por encima de un nivel predeterminado, el regulador por voltaje toma el control y limita el voltaje.

En los sistemas de cable ramificado, las estaciones terminales se ramifican desde la troncal principal que cuenta con su propio PFE. Estas estaciones terminales suministran energía a los repetidores sumergidos en su propia rama, que luego se conecta a tierra en la unidad de ramificación (BU).

El conjunto de módulos que componen el PFE a suministrar por SubCom para el proyecto FIRMINA consta de los siguientes elementos:

- ✓ Módulo de control
- ✓ Módulo convertidor de potencia
- ✓ Módulo convertidor de potencia duplicado
- ✓ Módulo de carga simulada

El PFE comprende varias celdas dependiendo de la potencia máxima de salida necesaria. Los convertidores de potencia se utilizan para convertir el suministro de la estación de 18 kV; para la salida solo se requiere un convertidor de potencia que sea alojado en el módulo de control.

El PFE monitorea los siguientes parámetros de voltaje y corriente:

- ✓ Voltaje y corriente de salida PFE
- ✓ Voltaje y corriente de salida del convertidor
- ✓ Corriente desbalanceada PFE
- ✓ Corriente de retorno PFE



- ✓ Corriente de tierra de la estación
- ✓ Voltaje de tierra en el océano

El PFE proporciona los siguientes tipos de alarmas:

- ✓ Visual principal
- ✓ Audible principales
- ✓ Visual secundaria
- ✓ Audible secundaria

El PFE ofrece varias características remotas asociadas con las alarmas, que incluyen:

- ✓ Corte remoto
- ✓ Interfaz remota de alarma de estación para comunicar las alarmas al Centro de Operaciones de Red (NOC).

El diseño PFE proporciona protección de alto voltaje tanto del personal operativo como del equipo, que incluye:

- ✓ Dispositivos de seguridad que se extienden entre las bahías para evitar que el personal entre en contacto con los circuitos de alto voltaje. (Solo diseño de alto voltaje)
- ✓ Una sonda de tierra aislante que permite descargar puntos de alto voltaje a tierra.
- ✓ Un interruptor de cable que aísla todo el PFE de alto voltaje para permitir de forma segura que el personal preste servicio al PFE local, mientras el sistema todavía se alimenta desde el segundo PFE (alimentación de doble extremo).
- ✓ Todas las conexiones de terminales se realizan dentro del equipo y los voltajes están cubiertos con barreras aislantes.

El PFE contiene las siguientes características para proteger aún más al personal operativo de los peligros de alto voltaje:

- ✓ **Apagado de emergencia local y remoto**, que permite al personal des-energizar todo el PFE.
- ✓ **Función de apagado automático** que actúa si no se han alcanzado los umbrales de voltaje y corriente de entrada, se han excedido los umbrales de voltaje y corriente de salida y / o se han excedido los límites de temperatura.
- ✓ **Dispositivo de llave cautiva** que evitan que el personal acceda inadvertidamente a áreas de alto voltaje.

## 6.2.1 Módulo de control

8 Line Monitoring Equipment (LME)	
8.01 Wet plant supervisory equipment name	G4e Line Monitoring Equipment
8.02 Line supervisory signal Transmission method	ASK (2 to 50 usec pulse width)
8.03 Line supervisory response reception method	Direct Detection
8.04 Line supervisory coupler Insertion Loss/Gain specifications	10/90 couplers
Line supervisory maximum and minimum Input power	
8.05 specifications	0 to +10 dBm
Line supervisory maximum and minimum Output power	
8.06 specifications	-25 to +5 dBm
Northbound Supervisory interface type	
8.07 (e.g. SNMP, TL1, REST API)	REST API

Tabla 10: Características técnicas del módulo de control (Fuente: SubCom)

## 6.2.2 Interfaz de “Cable Abierto – Open Cable” de SubCom

La Interfaz de Cable Abierto (OCI: Open Cable Interface) de SubCom sirve para monitorear y controlar cada par de fibra del cable abierto. El sistema de Cable Abierto proporciona al operador de cada par de fibras la posibilidad de adquirir el equipo de cabecera de línea LTE (Line Terminating Equipment) de forma independiente para cada par de fibras en función de los requisitos técnicos, comerciales y de operación de red.

Una vista esquemática de un sistema con tres terminales se muestra en la imagen a continuación. En cada estación terminal, cada par de fibra tiene un sistema OCI de SubCom y el equipo de cabecera de línea LTE suministrado por el cliente.

## SUBCOM OPEN CABLE

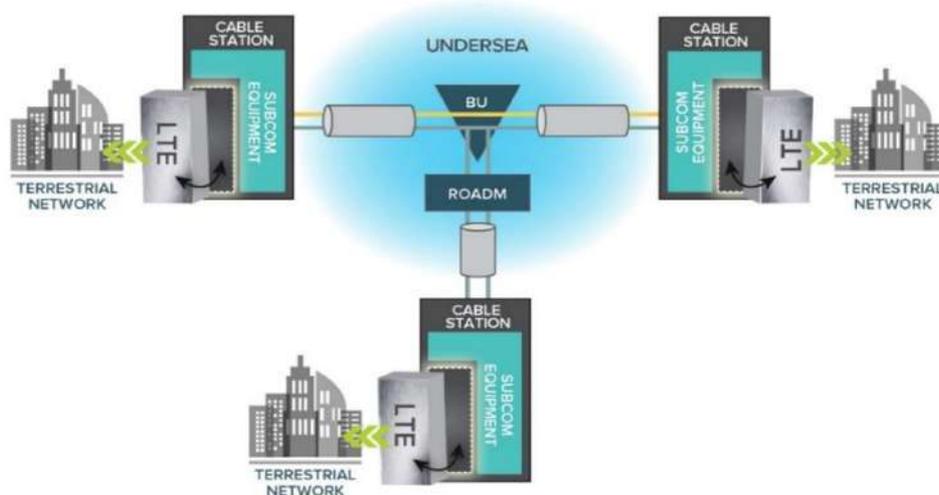


Figura 50: SubCom Open Cable

### 6.2.3 Gestión y supervisión del sistema

La gestión de manejo del sistema de cable FIRMINA estará hecha por del sistema de gestión de redes submarinas de Google.

El sistema de gestión está dedicado al manejo de redes submarinas, proporcionando funciones como gestión de fallas, gestión de rendimiento, gestión de seguridad y gestión de configuración. sirve actividades de operación y mantenimiento (O&M) también con tareas periódicas e instalaciones de detección y localización de fallas.

El Sistema de monitoreo en Línea de SubCom (LMS) proporciona monitoreo del estado de un sistema de cable submarino basándose en las medidas obtenidas por los sistemas LME-HLLB de las diferentes estaciones con el sistema en operación.

Los equipos del sistema de monitoreo en línea incluyen conjuntos de circuitos de LME, Unidades Ópticas Comunes (COU: Common Optic Units) para cada par de fibras y bucles de retorno de alta pérdida (HLLB: High Loss Loop Back) en cada par amplificador en los repetidores submarinos.

El proceso de monitoreo en línea se controla a través del Sistema de Gestión de Red (NMS: Network Management System) con Interfaces Gráficas del Sistema de Monitoreo.

Cuando se detecta un cambio en el sistema, el NMS proporciona al usuario una alarma automática e información del estado del sistema.

El LMS contiene módulos para cubrir las siguientes funciones:

- ✓ Administrador de elementos.
- ✓ Administrador de red.
- ✓ Funciones administrativas.
- ✓ Red de comunicación de datos (DCN).

El sistema de monitoreo de línea SubCom (LMS) controla el estado de la planta submarina a lo largo del tiempo, en función de los datos de monitoreo de los circuitos del equipo de monitoreo de línea (LME) en las estaciones terminales y las rutas de monitoreo de bucle de retorno de alta pérdida en los pares amplificadores de los repetidores submarinos. El NMS soporta una función LMS Manager para programar y coordinar la actividad de medición LMS en todas las localizaciones del sistema. El NMS proporciona un análisis automático de conjuntos de datos LME para detectar fallas en las bombas láser y cambios en la pérdida óptica en la ruta de transmisión a lo largo del tiempo. Dependiendo de las decisiones de diseño, estos resultados se pueden usar para rastrear los cambios en las características generales de pérdida de amplitud y ganancia del amplificador que se incluyen en una "Tabla de parámetros reportables" (RPT: Reportable Parameter Table) y se almacenan a lo largo del tiempo.

### 6.2.4 Interfaz API ReST

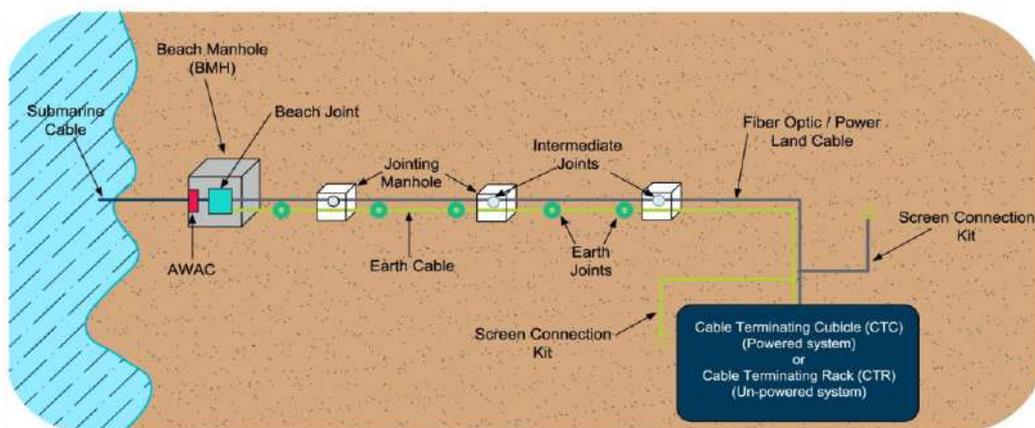
Las API (interfaz de programación de aplicaciones) basadas en ReST (transferencia de estado representacional) de SubCom Ocean Control y las alarmas Websocket proporcionan una capacidad de retroalimentación ascendente de información (NBI: Northbound Interface). Estas características brindan capacidad de programación de red para sistemas NMS de nivel superior, como los sistemas OSS proporcionados por el cliente que administran redes definidas por software (SDN: Software Defined Network).

Las funciones de API soportadas incluyen la gestión de la configuración y la recuperación de información de alarmas y rendimiento. SubCom es el primero en la industria en ofrecer interfaces ReST API para sus equipos, lo que les permite a sus clientes desarrollar monitoreo y control de equipos personalizados. Para elementos de red submarina configurables, los comandos API se ejecutan a través de NMS, con comunicación submarina ejecutada a través de la robusta distribución de los circuitos CRE en múltiples estaciones.

### 6.3 Componentes de la ruta terrestre

La ruta terrestre entre el BMH del cable submarino de la costa y las estaciones terminales comprende varios tipos de cable que aseguran la continuidad de las funciones ópticas / eléctricas / de puesta a tierra.

Además, se utilizan varios componentes ubicados a lo largo de la ruta terrestre con fines de unión, puesta a tierra y anclaje de los cables y elementos del sistema.



Confidential and Proprietary | © 2022 SubCom, LLC



Figura 51: Componentes de la ruta terrestre. (Fuente: SubCom)

Los tipos de cables que se utilizarán en el proyecto FIRMINA son los siguientes:

- ✓ Cable combinado eléctrico y óptico (LCP)
- ✓ Cable terrestre de Potencia
- ✓ Cable terrestre de puesta a Tierra

### 6.4 Características técnicas de los cables eléctricos utilizados

Tabla 11: Cable de potencia y cable de tierra MV-90 1/C#6 AWG cable conductor compacto blindado Okoguard de Okolene

Cable Type	MV-90
Overall Diameter – inches (mm)	0.710 (18)

Weight – lb/ft (kg/m)	0.296 (0.44)
Max Pulling Tension – lbf (N)	250 (1100)
Min Bending Radius – inches (mm)	8.5 (215)
Conductor Res @ 25C – $\Omega$ /1000ft ( $\Omega$ /km)	0.410 (1.345)
Max Sidewall Press – lbf/ft of radius	500
Cable Capacitance – Picofarads/ft	54

(Fuente: SubCom)

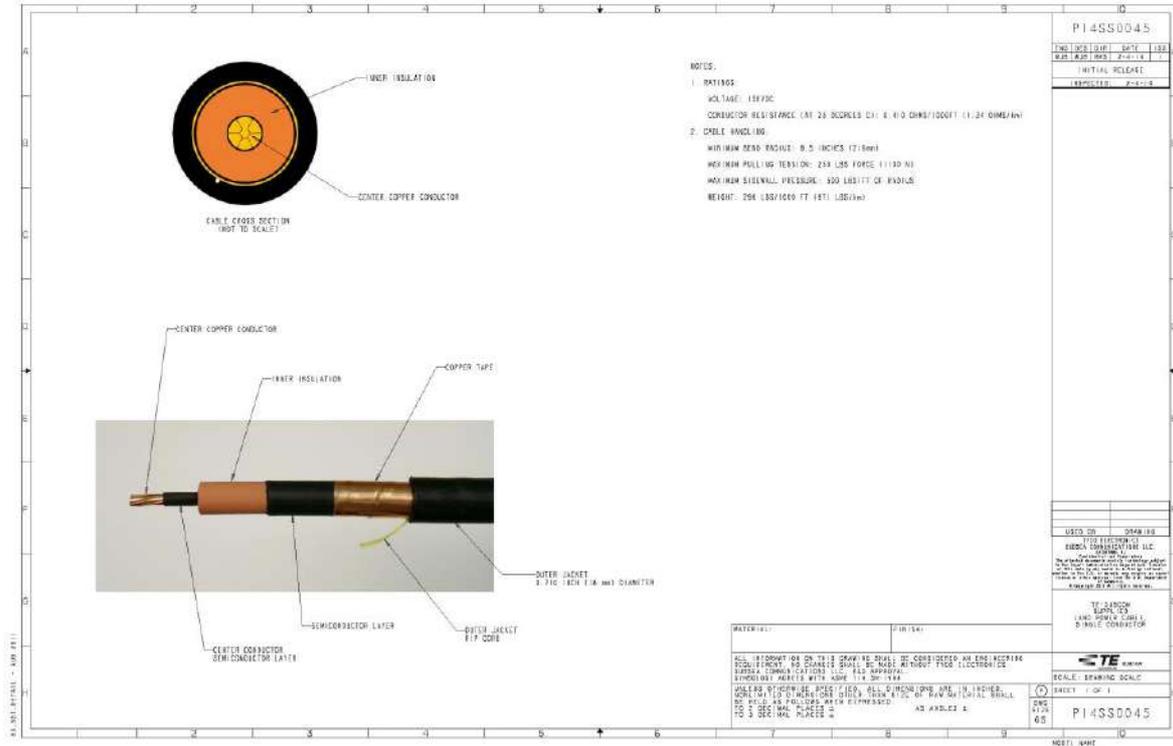
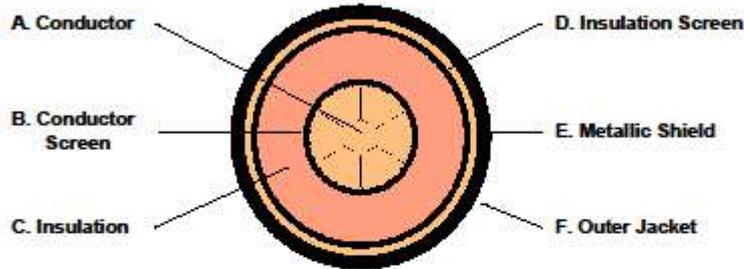


Figura 52: Características del cable terrestre de potencia

**1/C, 8kV Rated, 133% Insulation Level, Type MV-90**

- A. CONDUCTOR: #6 AWG Compact Round Class B Strand Copper
- B. CONDUCTOR SCREEN: Extruded Semiconducting (SC-EPR)
- C. INSULATION: 140 Extruded Ethylene Propylene Rubber OKOGUARD®
- D. INSULATION SCREEN: Extruded Semiconducting (SC-EPR)
- E. METALLIC SHIELD: .005" Bare Copper Tape Shield with 15% Minimum Overlap
- F. JACKET: 068 Extruded OKOLENE® LLDPE (Linear Low Density Polyethylene)



Dimensions	Thickness (in.)		Diameter (in.)		Cable Description	115-23-3910
	Nominal	Minimum Point	Nominal			
Conductor	N/A		0.171		1/C #6 CLASS B COPPER C-RD -SS- 140 OKOGUARD EPR - 024 SC EPR - 005 COPPER TAPE (10% MIN LAP) - 068 OKOLENE PE - SEQ PRINT - 8KV  <b>TEMPERATURE RATINGS</b> 105°C - Continuous, 140°C - Emergency 250°C - Short Circuit	
Cond. Screen	0.015	0.012	0.201			
Insulation	0.140	0.135	0.497			
Insul. Screen	0.027	0.024	0.557			
Metallic Shield	0.005		0.569			
Outer Jacket	0.068	0.060	0.717			
Cable Weight (lbs./M'):			306			

**OKONITE MANUFACTURED SPECIAL**

.C.

Industry Standards: AEIC CS8-13, ICEA S-93-639/S-97-682, UL 1072.

APPROVED BY:	<b>Okonite Product Code 115-23-3910</b>			Date: 04/10/19
PREP. BY RWP 08/22/18 RNR	SCALE None		SERIAL NO. 72947	DRAWING NO. T - 40705
PRDNT LEGEND: OKONITE (PLT) #6 AWG CPT CU OKOGUARD EPR 8KV 133% INSUL LEVEL 140 MILS 105C SHLD PE INSUL JKT (LIGHTING BOLT) (YEAR) (SEQUENTIAL NUMBER)				

[www.okonite.com](http://www.okonite.com)

*Cable Dimensions are Subject to Normal Manufacturing Tolerances.  
 Cable Image is representative and meant to display individual cable components and is not to scale.*

Figura 53: Características del cable terrestre de puesta a tierra

## 6.5 Equipo de Cabecera de Línea LTE (Line Terminating Equipment)

Google utilizará equipamiento de multiplexación por división de longitud de onda (WDM: Wavelength Division Multiplexing) provista por un fabricante de equipos líder, como por ejemplo el Nokia 1830.

El chasis 1830 PSI-L es un nodo altamente configurable para su uso en sistemas submarinos, proporciona conectividad y eficiencia a escala web sin precedentes entre los centros de datos y los puntos de presencia (PoP: Points of Presence), al tiempo que proporciona las herramientas para optimizar los recursos y la capacidad de la fibra. El 1830 OLS SLTE ofrece escalabilidad completa desde la actualización más pequeña hasta los sistemas nuevos más grandes que aprovechan la plataforma 1830 PSI-M actual para una evolución e integración perfectas.

El 1830 OLS es una plataforma de multiplexación por división de longitud de onda densa (DWDM: Dense WDM) diseñada para maximizar la capacidad y el alcance de la transmisión submarina. Tiene las siguientes características y beneficios:

- Proporciona una extensión de conectividad de red submarina de hasta 14 000 km a puntos de presencia (PoP) en el interior con soluciones para reducir el uso de fibra terrestre y submarina, al tiempo que ofrece protección de rutas terrestres desde el pozo de playa hasta el PoP.
- Proporciona una capacidad ultra alta para los nuevos sistemas de cable y desafía los límites de los cables existentes utilizando características de ingeniería de espectro para optimizar el uso de cada parte del espectro
- Utiliza la flexibilidad total de una sola tarjeta de línea coherente que proporciona velocidades de línea de 200G / 300G / 400G / 500G / 600G para una fácil conexión y reproducción, con configuración y aprovisionamiento simplificados.
- Enruta el tráfico a múltiples pares de fibra con cambio de color de la señal a la velocidad de línea óptima por par de fibra.

El 1830 OLS también proporciona una capacidad única de conexión multigrado que optimiza el gasto operacional (OPEX: Operational Expenditure) al reducir el espacio ocupado y el consumo de energía. Su diseño térmicamente eficiente permite acomodar cualquier combinación de tarjetas en el chasis 1830 PSI-L y puede configurarse para proporcionar una familia de nodos para extensiones terrestres con mecanismos de protección rentables (función Layer-0 GMPLS, OLP, OMSP). Como ejemplo de los altos niveles de capacidad que ofrece el 1830 OLS, un ancho de banda de repetidor de 36nm puede admitir los siguientes canales:

- Hasta 136 canales DWDM con espaciado de 33 GHz
- Hasta 90 canales DWDM con espaciado de 50 GHz
- Hasta 60 canales DWDM con espaciado de 75 GHz
- Hasta 45 canales DWDM con espaciado de 100 GHz

La siguiente figura muestra la arquitectura funcional del 1830 OLS como SLTE (Subsea line terminating equipment)

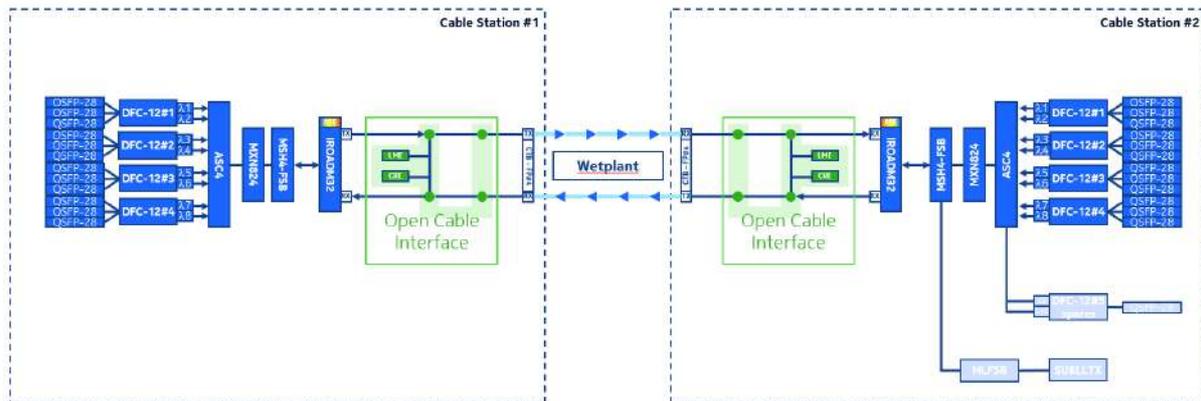


Figura 54: Arquitectura funcional del 1830 OLS

La parte de transmisión del transponder convierte la señal en blanco y negro del equipo del cliente en una señal de color con la corrección de errores y las características ópticas requeridas para la transmisión DWDM sobre una línea submarina ópticamente amplificada. Las señales de diferentes colores se multiplexan, creando el agregado óptico que se transmitirá a lo largo de la línea óptica y el postamplificador amplifica la señal para inyectar la potencia óptica adecuada en la línea. Las unidades de supervisión gestionan los mensajes de supervisión a los equipos sumergidos, utilizando amplificación Raman para sobremodular la señal añadida a baja frecuencia.

Si el diseño de la línea submarina lo requiere, particularmente cuando se trata de actualizaciones, se puede aplicar una compensación de dispersión óptica de baja latencia a cada canal en los lados de transmisión y recepción para optimizar el rendimiento de la transmisión óptica.



En el extremo receptor del sistema, la señal se amplifica y se multiplexa para separar todas las longitudes de onda recibidas. Cada longitud de onda se envía a un transpondedor Rx apropiado donde se detecta la señal, se corrigen errores y se convierte en una señal en blanco y negro en la interfaz cliente.

## 7. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 General del recorrido .....	3
Figura 2: Llegada del cable a Las Toninas .....	4
Figura 3: Posición del tendido de cable y BMH (línea roja) .....	4
Figura 4: Mapa de ubicación .....	5
Figura 5: configuración de conectividad de la red de fibra óptica .....	7
Figura 6: Tramo Principal (Fuente: SubCom) .....	8
Figura 7: relevamiento de ruta .....	9
Figura 8: Estudio de la ruta marina .....	10
Figura 9: Ejemplo de selección de ruta .....	10
Figura 10: El cable SL17LW.....	14
Figura 11: El cable SL17 LWA .....	15
Figura 12: El cable SL17 DA .....	15
Figura 13: El cable SL17 SPA.....	16
Figura 14: Características Generales del cable de fibra óptica (Fuente: SubCom) .....	16
Figura 15: Instalación del cable submarino.....	17
Figura 16: Ánodos en línea. (Fuente: SubCom).....	18
Figura 17: Detalles del BMH .....	19
Figura 18: Vista general de la ruta marítima en Las Toninas (Fuente: SubCom) .....	20
Figura 19: Vista general de la ubicación del BMH en Las Toninas (Fuente: SubCom) .....	21
Figura 20: Vista general de llegada a Las Toninas (fuente: SubCom).....	21
Figura 21: Vista lateral del aterrizaje. Tendido en aguas someras del cable .....	21
Figura 22: Vista general de la ruta terrestre hasta la Estación Terrestre (CLS) en Las Toninas (Fuente: SubCom) .....	22
Figura 23: Bloque de anclaje del cable- Av. Costanera. Se muestra las grapas de varilla de acero para amarre y transporte mínimas. Esta figura esta destinado a mostrar las dimensiones mínimas internas, soportes y otras características típicas. .	22
Figura 24: detalle de cañería articulada .....	23
Figura 25: Detalle de bridas de anclaje.....	23
Figura 26: Estación Terrestre (CLS) de Lumen .....	24
Figura 27:: Estación Terrestre (CLS) de Lumen .....	24
Figura 28: Instalación de cable sobre fondo marino a más de 1 000m de profundidad (Fuente: SubCom) .....	25
Figura 29: Embarcación instaladora de tipo Reliance Class de SubCom (Fuente: SubCom) .....	26
Figura 30: Esquema de dirección del cable y dirección del tendido. Operación típica de arado donde el arado a menudo será 2-3 veces la profundidad del agua detrás del barco. Fuente: SubCom .....	26
Figura 31: Modelo de equipamiento para el arado del lecho marino (Fuente: SubCom).....	27
Figura 32: Esquema de operaciones PLB por ROV.....	27
Figura 33: Esquema de operaciones PLB por ROV.....	28
Figura 34: Localización del cable en la PCA.....	28
Figura 35: Vista de Red Submarina Fuente: SubCom .....	28
Figura 36: Esquema de arquitectura de un amplificador con 4 bombas y 8 fibras (Fuente: SubCom) .....	31
Figura 37: Vista del repetidor SubCom Amp-Quad (Fuente: SubCom) .....	31
Figura 38: Vista del repetidor SubCom Amp-Quad (Fuente: SubCom) .....	32
Figura 39: Vista del repetidor SubCom Amp-Quad (Fuente: SubCom) .....	32
Figura 40: Vista del repetidor SubCom Amp-Quad (Fuente: SubCom) .....	32
Figura 41: Nodo OADM (Fuente: SubCom) .....	33
Figura 42: Nodo OADM con WSS ROADM (Fuente: SubCom) .....	34
Figura 43: Branching Unit (BU) .....	34
Figura 44: Trabajos en la playa.....	37
Figura 45: Trabajos de buzos en el fondo (Fuente: SubCom) .....	37
Figura 46: Modelo de PFE en un rack de una columna (Fuente: SubCom) .....	38
Figura 47: Esquema del PFE de baja tensión (Fuente: SubCom) .....	38
Figura 48: Esquema del PFE de alto voltaje (Fuente: SubCom) .....	39
Figura 49: Configuración de alimentación de FIRMINA (Fuente: SubCom) .....	39
Figura 50: SubCom Open Cable .....	42
Figura 51: Componentes de la ruta terrestre. (Fuente: SubCom).....	43
Figura 52: Características del cable terrestre de potencia.....	44
Figura 53: Características del cable terrestre de puesta a tierra .....	45
Figura 54: Arquitectura funcional del 1830 OLS .....	46



## 8. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Segmentos del sistema FIRMINA .....	6
Tabla 2: Componentes del sistema por subsistema .....	7
Tabla 3: Tipos de cable por tramo.....	12
Tabla 4: Características de los cables (Fuente: SubCom).....	13
Tabla 5: Resumen de las características eléctricas de los cables .....	14
Tabla 6: Profundidad de cada segmento .....	30
Tabla 7: Características técnicas del repetidor (Fuente: SubCom).....	32
Tabla 8: Características técnicas de la BU (Fuente: SubCom) .....	35
Tabla 9: Voltajes del sistema FIRMINA (Fuente: SubCom) .....	40
Tabla 10: Características técnicas del módulo de control (Fuente: SubCom) .....	41
Tabla 11: Cable de potencia y cable de tierra MV-90 1/C#6 AWG cable conductor compacto blindado Okoguard de Okolene .....	43

## 9. ANEXO I ENCOMIENDA PROFESIONAL

### Consejo Profesional de Ingeniería de Telecomunicaciones, Electrónica y Computación

Decreto-Ley 6070/58 - Ley 14467 - Jurisdicción Nacional

### CERTIFICADO DE ENCOMIENDA

Nro: **XHJM060** Emitido el 29-04-2022 16:07:37

El Consejo Profesional de Ingeniería de Telecomunicaciones, Electrónica y Computación certifica que ha registrado la encomienda de tarea profesional abajo mencionada que se encuadra en él, a solicitud del comitente y del/los profesional/es a cargo de la tarea especificada en ella. Este/os último/s está/n inscripto/s en la matrícula de este Consejo Profesional y en condiciones de ejercer las funciones atinentes a su título. La presente encomienda incluye la facultad del profesional para tomar vista y solicitar copia de las actuaciones administrativas.

#### Profesional:

**Nombre y Apellido:** JUAN PABLO COSENTINO **Matrícula:** 16681  
**Título:** INGENIERO EN ELECTRONICA OR TELECOMUNICACIONES  
**Correo Electrónico:** jpcosentino@gmail.com **Teléfono/Fax:** 1131918782  
**Domicilio Legal:** RIO HONDO 500

#### Tareas Involucradas:

Código	Descripción	Objeto
T-GAC	GESTION AUTORIZACION ANTE ENACOM	Presentacion de solicitud de ingreso de cable submarino - Proyecto FIRMINA - a territorio Argentino. Localizacion Las Toninas, Partido de la Costa, Provincia de Buenos Aires, Republica Argentina.

#### Comitente:

**Nombre y Apellido:** GOOGLE INFRAESTRUCTURA CUIT: 30715950576  
 ARGENTINA S.R.L  
**Correo Electrónico:** gonzalo.vacaarenaza@gmail.com  
**Domicilio Legal:** Florida 910 2 B CABA **Teléfono/Fax:** 115424-1800  
**Localidad:** Ciudad autonoma de buenos aires, (C.P.A. CP 1005AAR), buenos aires, argentina

#### Adjuntos

Nombre	Digesto
adobe_scan_29_abr_2022.pdf	a47b6d70fe657b5e7a6e18b6a3a00ab0b872a72a3b2441896a40f7cf92df59bb

#### Domicilios

Domicilio	Georeferencia
Las Toninas (7106) Partido de la costa buenos aires Argentina	

Certificado de Encomienda conformado en base a la Solicitud de Encomienda Nro. 66196-1 del 29-04-2022 15:49:35

**Este documento ha sido firmado electrónicamente según lo normado por la Ley 25.506 de Firma Digital.**

Disponible su descarga desde la url [https://ce.copitec.org.ar/index.php?vipagina=encombencomien\\_dl&anonimo=1&webgui=1](https://ce.copitec.org.ar/index.php?vipagina=encombencomien_dl&anonimo=1&webgui=1) ingresando el Nro. de resolución: XHJM060



Gestión de Encomiendas. \ Permite conducir y controlar el procesos de evaluación de solicitudes de encomiendas

Fecha de generación 29-04-2022 16:07:37





República Argentina - Poder Ejecutivo Nacional  
Las Malvinas son argentinas

**Hoja Adicional de Firmas**  
**Presentación ciudadana**

**Número:**

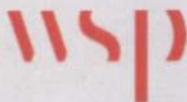
**Referencia:** Presentación de recursos ante ENACOM

---

El documento fue importado por el sistema GEDO con un total de 51 pagina/s.

Digitally signed by Gestion Documental Electronica  
Date: 2022.05.02 15:26:27 -03:00

Digitally signed by Gestion Documental  
Electronica  
Date: 2022.05.02 15:26:27 -03:00



Expediente: EX-2022-42953325- -APN-AMEYS#ENACOM

Ciudad autónoma de Buenos Aires, 2 de mayo de 2022.

Ing. Guillermo Clemente  
Director de Asuntos Internacionales  
ENACOM  
Perú 103 (C1067AAC)  
Ciudad Autónoma de Buenos Aires

60218

Ref: Solicitud de Permiso para la Instalación de  
Cable Submarino en el Mar Argentino -Proyecto FIRMINA

De nuestra consideración:

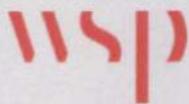
Nos dirigimos a Ud. con el objeto de someter a su consideración y solicitar el permiso de ingresos de cable submarino en la costa de la Pcia. de Buenos Aires por parte de Google Infraestructura Argentina SRL para el proyecto FIRMINA de comunicaciones según lo establece Art. 6 de la Ley de Telecomunicaciones N° 19.798 y el art. 21 del Decreto N° 1185/90 y sus modificatorios. A tales efectos, adjunto acompañamos los requisitos de la Resolución CNC N° 1703/2000 para que se se proceda a su evaluación y se emita la aprobación correspondiente.

Destacamos especialmente que la obra a ejecutarse en la Argentina es parte integrante de un sistema de cable submarino de fibra óptica que está desarrollando la empresa Google Infraestructura Argentina SRL y que vinculará a la Argentina con Estados Unidos de América. Como se desprende de la información técnica adjunta, la autorización que aquí se solicita se refiere a la construcción de dicho cable submarino, lo que permitirá incrementar significativamente la capacidad de infraestructura de larga distancia que dispone la República Argentina.

La empresa responsable de la realización de la obra mencionada es SubCom LLC, la que ha sido contratada por Google Infraestructura Argentina SRL bajo el sistema llave en mano. SubCom, además de tener a su cargo la construcción e instalación del cable submarino, es responsable de la tramitación de todas las autorizaciones y permisos gubernamentales que resultan necesarios a través de la consultora WSP, especialmente contratada por SubCom a esos efectos. Por tal motivo en calidad de representante de WSP y apoderado de Google Infraestructura Argentina SRL, suscribo esta solicitud.

Florida 910 2 piso B (C1005AAR) Buenos Aires Argentina Cel. (+54) 1154241800





Expediente: EX-2022-42953325- -APN-AMEYS#ENACOM

A los efectos que Uds. estimen corresponder informamos que, el uso y mantenimiento del sistema de cable submarino de fibra óptica que se localizará en jurisdicción argentina se encontrará, una vez concluida la obra, bajo la responsabilidad de Google Infraestructura Argentina SRL.

En lo que específicamente se relaciona con las obras y actividades a desarrollarse en jurisdicción argentina, y en tanto se trata de un proyecto en el cual la coordinación entre los distintos países y organismos involucrados es de alta prioridad, informamos con la debida anticipación que la fecha programada para el inicio en las tareas en aguas argentinas es el cuatro trimestre del año 2022.

El matriculado inscripto en el Consejo Profesional de Ingeniería de Telecomunicaciones, Electrónica y Computación (COPITEC) es el Ing. Pablo Cosentino Matrícula Profesional N°IO6681, quien interviene en la presentación como profesional en telecomunicaciones.

Finalmente, quedamos a su disposición para cualquier aclaración sobre los aspectos descriptos y adjuntos en esta nota, solicitando especialmente que cualquier inquietud sea canalizada a través de quien suscribe la presente.

Atentamente,

Gonzalo Vaca Arenaza

[gonzalo.vacaarenaza@gmail.com](mailto:gonzalo.vacaarenaza@gmail.com)

Apoderado Google Infraestructura Argentina SRL

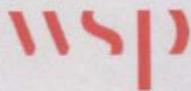
Se adjunta: Informe 51 páginas

Planos - Esquemas

Encomienda profesional N° 66196-1 del 29-04-2022

Florida 910 2 piso B (C1005AAR) Buenos Aires Argentina Cel. (+54) 1154241800





Instalación de Cable Submarino en el Mar Argentino

**PROYECTO FIRMINA**

**Sistema de Cable Submarino**

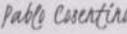
Descripción del Proyecto e Instalación Marina

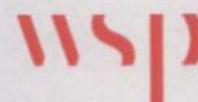
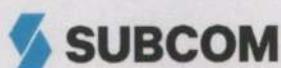
Mayo 2022



PROFESIONALES INTERVINIENTES

DATOS DE CONTACTO

Apoderado	Profesional Telecomunicaciones	Ejecutora del proyecto
Gonzalo J. Vaca Arenaza <a href="mailto:gonzalo.vacaarenaza@gmail.com">gonzalo.vacaarenaza@gmail.com</a> 	Ing. Pablo Cosentino Ingeniero Electrónico Esp. Telecomunicaciones Matricula: 16681 <a href="mailto:pcosentino@gmail.com">pcosentino@gmail.com</a>  SIGNED VIA ILOVEPDF 4A81398C-0AE3-44C0-9B9F-14F5BFA130DA	Google Infraestructura Argentina SRL



RE-2022-42939980-APN-AMEYS#ENACOM

1.	Introducción .....	3
1.1	Objetivos y alcances del proyecto .....	4
2.	Memoria descriptiva del proyecto.....	6
2.1	General .....	6
2.2	Sistema de Cable Submarino .....	6
2.2.1	Componentes del sistema .....	7
2.2.2	Performance de diseño .....	7
2.3	Cuadro General del recorrido .....	8
2.4	Propósito y necesidad del proyecto .....	8
2.5	Antecedentes de la tecnología de cable.....	8
2.6	Planificación y relevamiento de la ruta del cable .....	8
2.7	Características del Cable Submarino .....	12
2.8	Datos del Cable .....	13
2.9	Características eléctricas de los Cables .....	14
2.9.1	Cable Armadura Simple (SA) .....	14
2.9.2	Cable de armadura liviana (LWA) y de doble armadura (DA).....	14
2.10	Instalaciones marinas .....	16
2.11	Sistema de Puesta a Tierra .....	17
2.12	Beach Manhole .....	18
2.13	Cronograma de instalación .....	19
3.	Trazado en tierra .....	20
3.1	Información específica de la zona de aterrizaje .....	20
3.2	Localización Beach Manhole (BMH) en Las Toninas y coordenadas .....	20
3.2.1	Perfil de canalización.....	22
3.3	Ubicación estación terminal Las Toninas y coordenadas.....	23
3.4	Requerimientos de soterramiento en playas, costas, secciones aradas.....	24
4.	Trazado planta submarina.....	25
4.1	Tendido del Cable -Tendido sobre la superficie del fondo marino .....	25
4.2	Características del buque cablero .....	25
4.3	Tendido del Cable con Arado .....	26
4.4	Cruce de cables .....	27
4.5	Inspección posterior a la colocación y entierro (PLIB: Post-Lay Inspection & Burial) .....	27
4.6	Entierro posterior a la colocación (PLB) .....	27
4.7	Localización del cable submarino en la Plataforma continental Argentina (PCA).....	28
4.8	Coordenadas trazado del cable y profundidades .....	29
5.	Características técnicas de la planta sumergida.....	31
5.1	Cables .....	31
5.2	Repetidores.....	31
5.3	Nodos OADM.....	33
5.4	Unidades de derivación (BU Branching Units) .....	33
5.5	Ecuilibradores de ganancia.....	35
5.6	Instalación Marina.....	35
5.7	Aterrizaje del cable en aguas marinas someras.....	35
5.8	Empalme inicial y/o final .....	36
6.	Características técnicas componentes planta terrestre .....	37
6.1	Aterrizaje en playa .....	37
6.2	Equipo de Alimentación Eléctrica (PFE: Power Feed Equipment) .....	37
6.2.1	Módulo de control .....	41
6.2.2	Interfaz de "Cable Abierto – Open Cable" de SubCom .....	41
6.2.3	Gestión y supervisión del sistema .....	42
6.2.4	Interfaz API ReST.....	43
6.3	Componentes de la ruta terrestre .....	43
6.4	Características técnicas de los cables eléctricos utilizados .....	43
6.5	Equipo de Cabecera de Línea LTE (Line Terminating Equipment).....	45
7.	Índice de figuras .....	48
8.	Índice de tablas .....	49
9.	Anexo I Encomienda profesional.....	50



## 1. INTRODUCCIÓN

### NOMBRE Y UBICACIÓN DEL PROYECTO

**Nombre Del Proyecto:** INSTALACION DEL SISTEMA DE CABLE DE FIBRA OPTICA "FIRMINA"

**Ubicación:** FIRMINA está diseñado para ser un sistema de cable submarino de fibra óptica de alta capacidad desde Myrtle Beach, SC, USA, a Las Toninas, Argentina, con una derivación (Branching Unit o BU) a Punta del Este, Uruguay y otra a Praia Grande, Brasil. Figura 1.

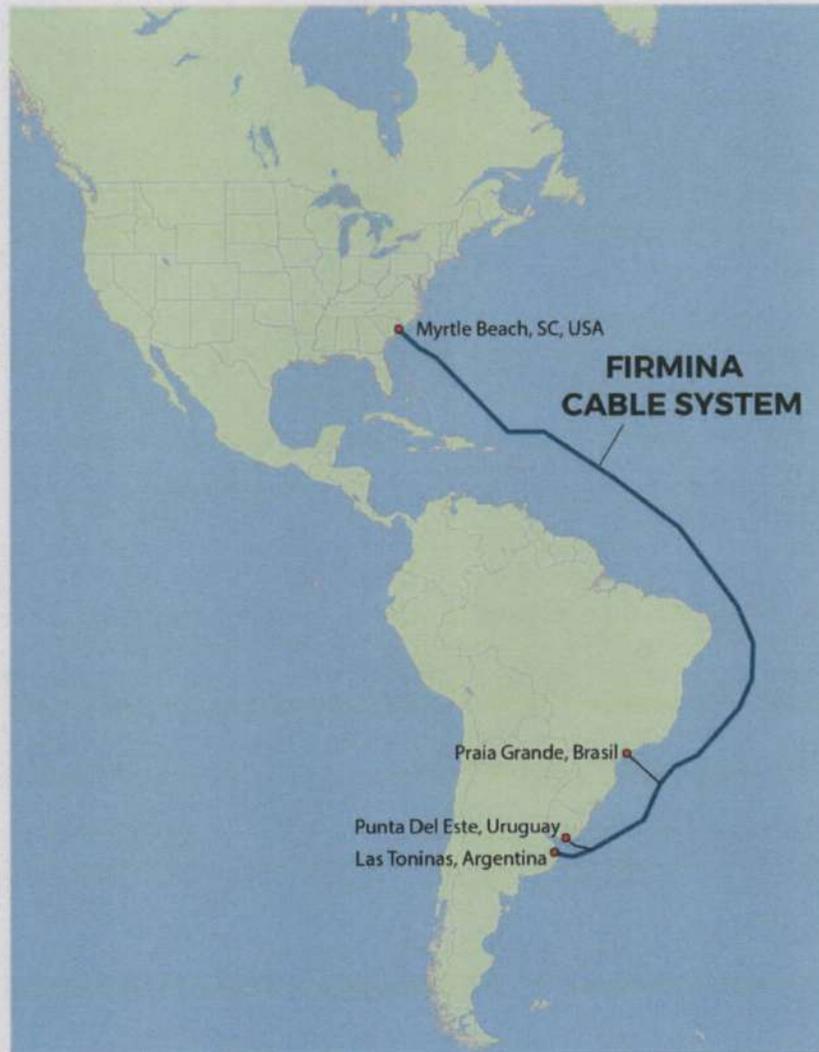


Figura 1 General del recorrido

El tendido del Cable FIRMINA ingresará a Argentina desde el mar por la esquina de la Calle 24 de la Localidad de Las Toninas, perteneciente al Municipio de La Costa como se muestra en la figura 3.



Figura 2: Llegada del cable a Las Toninas

Las coordenadas de la posición del Beach Manhole (BMH) serán:  $36^{\circ} 29' 9,59''$  S,  $56^{\circ} 41' 35,66''$  O. El cable marino llegará al BMH, y el cable terrestre se instalará desde este BMH a la Estación para Cable (CLS).



Figura 3: Posición del tendido de cable y BMH (línea roja)

Toda la información específica del sitio proporcionada aquí es un reflejo de los datos disponibles y asumidos al momento de preparar este documento, conforme lo requiere Resolución CNC N° 1703/2000.

### 1.1 Objetivos y alcances del proyecto

El tráfico de banda ancha está creciendo exponencialmente como la demanda por nuevas aplicaciones como el almacenamiento en la nube y el video a pedido, donde las demandas de los consumidores se están volviendo ilimitadas. Además, la demanda de nueva conectividad refleja un entorno de usuario final y de negocios en el que el acceso de banda ultra ancha es esencial para el crecimiento y desarrollo sostenibles.

El objetivo de la instalación de este sistema de cable submarino es mejorar la capacidad de información digital y la conexión entre las grandes ciudades empleando el estado del arte de la tecnología de la comunicación por fibra óptica. Este nuevo



sistema de cable ampliará la capacidad operativa para abastecer el rápido incremento en el tráfico internacional, como resultado del crecimiento de los usuarios de banda ancha tanto en los hogares como en los negocios.

Las empresas y los consumidores se beneficiarán de una mayor capacidad y fiabilidad para los servicios ofrecidos por Google como por ejemplo acceso a Google Cloud, Gmail, Google meet, etc.

La evolución de estos sistemas se ha revisado en documentos recientes que evalúan proyectos similares de cables submarinos de fibra óptica en el área y/o región del proyecto.

El sistema de cable submarino es una gran obra de infraestructura de construcción personalizada muy específica. Está hecho a medida para seguir el enrutamiento óptimo para minimizar el impacto ambiental y maximizar la protección y la fiabilidad del cable.

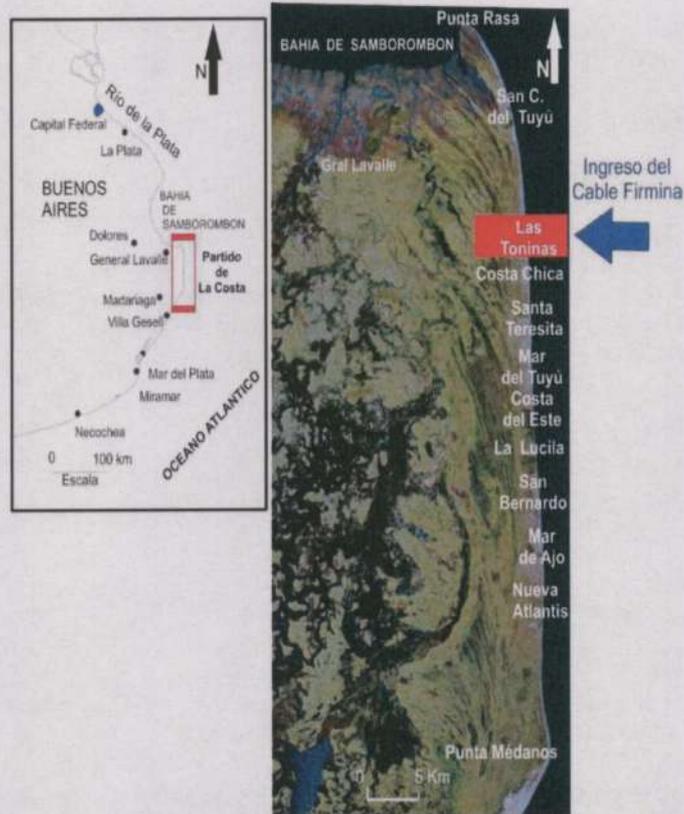


Figura 4: Mapa de ubicación



## 2. MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO

### 2.1 General

Esta presentación general del proyecto proporciona información general sobre el sistema de cable submarino específico y la técnica, los métodos y las prácticas de instalación marina industrial típica que se utilizan actualmente. El método y los procedimientos finales de instalación solo se conocerán en detalle cuando se confirmen todos los recursos / subcontratistas.

El sistema de cable submarino está diseñado específicamente para la conexión de autopistas de información digital de alta capacidad en conjunto con las principales tecnologías de comunicación de fibra óptica proporcionadas por SubCom LLC (SubCom).

El nuevo sistema de cable proporcionará la capacidad necesaria para la creciente cantidad de tráfico de comunicaciones internacionales impulsado por el creciente número de usuarios de banda ancha domésticos y comerciales.

### 2.2 Sistema de Cable Submarino

SubCom ha sido contratada por Google Infraestructura Argentina SRL para diseñar, fabricar e instalar el sistema de cable submarino llamado FIRMINA. WSP desarrollará los Estudios de Impacto Ambiental y tramitará los permisos que exige la normativa para estos proyectos.

El sistema de cable FIRMINA está diseñado para ser un sistema de cable submarino de fibra óptica de alta capacidad desde Myrtle Beach, SC, USA, a Las Toninas, Argentina, con una derivación (Branching Unit o BU) a Punta del Este, Uruguay y otra a Praia Grande, Brasil. El lugar de aterrizaje en cada país se supone como sigue:

Puntos de Amarre:

- Myrtle Beach, SC, USA
- Praia Grande, Brasil
- Punta del Este, Uruguay
- Las Toninas, Argentina

Posible expansión del sistema a futuro:

- República Dominicana / Puerto Rico
- Fortaleza, Brasil

El sistema de cable FIRMINA abarcará aproximadamente 13.500km e incluye cinco (5) segmentos para el trayecto principal y dos (2) derivaciones en su diseño. Estos se describen en la tabla siguiente:

Segment Name	Length (km)	Endpoint 1	Endpoint 2	Fiber Pairs	Repeatered
S1.1	306	Las Toninas (SST)	BU PDP	16	Yes
S1.2	1579	BU PDP	BU SSZ	16	Yes
S1.3	3714	BU SSZ	BU FOR	12	Yes
S1.4	4512	BU FOR	BU PR/DR	12	Yes
S1.5	1939	BU PR/DR	Myrtle Beach (MYR)	12	Yes
S2	233	BU PDP	Punta del Este (PDP)	20	Yes
S3	574	BU SSZ	Praia Grande (SSZ)	24	Yes
S4	13.6	BU FOR	Stub End	16	No
S5	17.8	BU PR/DR	Stub End	8	No

Tabla 1: Segmentos del sistema FIRMINA

RE-2022-42939980-APN-AMEYS#ENACOM

El sistema de cable FIRMINA ofrecerá una capacidad de diseño final de 15.03 Tbps por par de fibra.

Cada aterrizaje tendrá un equipo de alimentación de 18 kV (POWER FEED EQUIPMENT- PFE "EQUIPO DE ALIMENTACION DE ENERGIA") para alimentar los repetidores ópticos integrados en el cable submarino a intervalos regulares. El aterrizaje en Las Toninas tiene un PFE de 5 kV.

Todos los aterrizajes con PFE tendrán sistemas de puesta a tierra adecuados (Ocean Ground Bed u OGB) conectados a las unidades PFE. La puesta a tierra pueden ser jabalinas o sistemas de puesta a tierra cerca de la playa o estación para garantizar la mejor conexión a tierra para alimentar el sistema.

La figura siguiente ilustra la configuración de conectividad de la red de fibra óptica a instalar. El diseño incluye una eBU y dos WSS ROADM en la rama de Praia Grande. Para más información sobre el WSS ROADM, ver sección 5.3. La longitud de los cables y la cantidad de pares de fibra se describen en la Tabla 1: Segmentos del sistema FIRMINA.

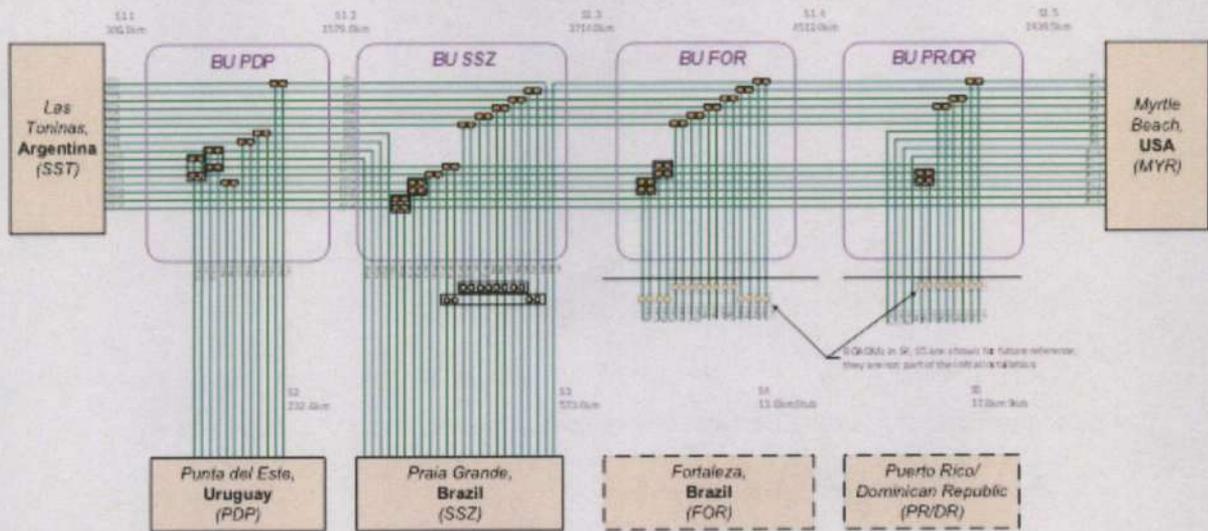


Figura 5: configuración de conectividad de la red de fibra óptica

## 2.2.1 Componentes del sistema

Sub-System	Component(s)
<b>Submersible Equipment</b>	
Fiber	eP-type, 112 $\mu\text{m}^2$
Cable – Land	Optical Land Cable and High Voltage (Power) Cable
Branching Units	SubCom Enhanced BU
OADM Unit	WSS ROADM (Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexer)
Cable – Undersea	SubCom SL17-A1 Undersea Cable SubCom SL17 Undersea Cable SubCom SL17-SDM Undersea Cable
Repeaters	SubCom Repeaters – redundant pump lasers with High-Loss Loop Back (HLLB) monitoring capability

Tabla 2: Componentes del sistema por subsistema

## 2.2.2 Performance de diseño

El Sistema FIRMINA está diseñado para soportar una relación señal ruido geométrica (GSNR: Geometric Signal-to-Noise Ratio) de 8.1dB por par de fibra troncal (entre Las Toninas y Myrtle Beach). Esto representa una capacidad de 15.03 Tbps

RE-2022-42939980-APN-AMEYS#ENACOM

por par de fibra, con base en la ecuación de capacidad de diseño provista en las especificaciones técnicas. El sistema está diseñado para cumplir con la especificación GSNR de 8,1 dB después de cualquier deterioro de la transmisión en los pares de fibra troncal debido a la instalación de ROADM en el futuro en las ramas inicialmente no conectadas (Fortaleza y Puerto Rico /República Dominicana).

### 2.3 Cuadro General del recorrido

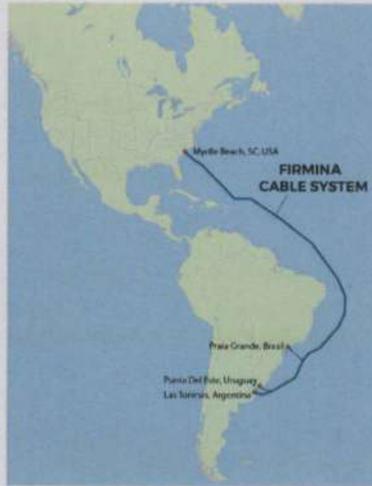


Figura 6: Tramo Principal (Fuente: SubCom)

SubCom es responsable de la instalación del sistema entre Estados Unidos de América (EE. UU.) y Argentina.

### 2.4 Propósito y necesidad del proyecto

El propósito del proyecto de cable submarino es instalar un cable submarino de fibra óptica para proporcionar conectividad y confiabilidad de alta velocidad internacional.

Las empresas y los consumidores se beneficiarán de una mayor capacidad y fiabilidad para los servicios ofrecidos por Google como por ejemplo acceso a Google Cloud, Gmail, Google meet, etc.

El tráfico de banda ancha está creciendo exponencialmente como la demanda de nuevas aplicaciones como el almacenamiento en la nube y el video a pedido, donde las demandas de los consumidores se están volviendo ilimitadas. Además, la demanda de nueva conectividad refleja un entorno de usuario final y de negocios en el que el acceso de banda ultra ancha es esencial para el crecimiento y desarrollo sostenible.

### 2.5 Antecedentes de la tecnología de cable

Aunque los primeros sistemas de cable telegráfico submarino estaban operativos a fines del siglo XIX, los modernos cables submarinos de fibra óptica son capaces de ofrecer una velocidad, capacidad y fiabilidad mucho mayores que los sistemas anteriores.

La evolución de estos sistemas se ha revisado en documentos recientes que evalúan proyectos similares de cables submarinos de fibra óptica en el área y/o región del proyecto.

El sistema de cable de fibra óptica es una gran obra de infraestructura de construcción personalizada muy específica. Está hecho a medida para asegurar un enrutamiento óptimo para minimizar el impacto ambiental y maximizar la protección y la fiabilidad del cable.

### 2.6 Planificación y relevamiento de la ruta del cable

El diseño del cable y la selección del tipo de cable se desarrollan en las etapas de planificación basadas en consideraciones de ingeniería de la ruta del cable identificadas durante el proceso de planificación de la ruta. El aterrizaje seleccionado optimizará el acercamiento a la infraestructura existente, para minimizar la interferencia con los cables existentes, y para utilizar las características del fondo marino que funcionan efectivamente como un corredor natural para la ruta del cable.

La ruta del cable se diseñó para evitar peligros potenciales, otros usuarios de los fondos marinos, la interrupción de los recursos y las operaciones marinas y para garantizar la protección a largo plazo del cable. La ruta del cable y el diseño del proyecto se desarrollan y refinan a través de dos etapas principales:

- Estudio de diseño en oficina (DTS) o Estudio de ruta de cable (CRS): revisión detallada de todos los factores que afectan el enrutamiento del cable, incluidos los aspectos físicos, ambientales, socioeconómicos y regulatorios; esto formará la base para las actividades de inspección de la ruta del cable: el mapeo detallado del fondo marino de la ruta final del cable submarino.
- El relevamiento de la ruta del cable incluye las prospecciones de aguas someras y profundas de la ruta. Los datos batimétricos y otros se recopilan y analizan para definir la ruta óptima para la instalación de cables. Las muestras de los fondos marinos se toman según sea necesario para ayudar a clasificar los sedimentos de los fondos marinos. Las pruebas de CPT (*Cone Penetration Test* o Prueba de Penetración por Cono) se realizan en áreas donde se prevé y se requiere el arado planificado.

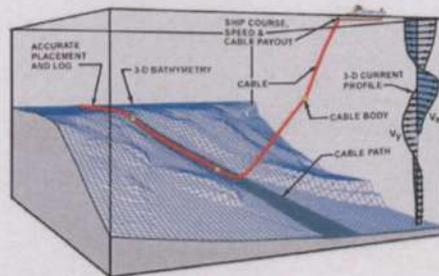


Figura 7: relevamiento de ruta

<b>Corredor</b>	
Zona de aterrizaje	250 m
Tramo de buceador (u otra opción)	250 m
En la costa	250 m
Poco profundo 500 m de ancho en 15 m a 1000 mwd	250 m de ancho en 15 m a 500 mwd, 500 m de ancho en 500 m a 1000 mwd, 1000 m de ancho en 1000 m a 1500 m (a menos que se especifique lo contrario)
Profundo	3 x WD, con un máximo de 10 km, lo que sea mayor
BU	5 x WD prospección en sitio en BU (caja a 1 km como mínimo)

<b>Solapamiento</b>	
Zona de aterrizaje a la costa	50 m
Prospección desde la costa hasta aguas poco profundas	500 m (a menos que lo prohíban las pendientes pronunciadas del fondo marino)
De aguas poco profundas a aguas profundas	1000 m (a menos que lo prohíban las pendientes pronunciadas del fondo marino)
Multihaz	20 % de solapamiento entre líneas
Escáner lateral	Solapamiento del 100 % entre las líneas, incluidas las exteriores (200 % en todo el corredor)
Tramo de buceador (u otra opción)	Superposición de 50 m con la prospección de aterrizaje y la costa

### Resolución y precisión

Solución DGPS	Precisión mínima de +/- 1 m
Latencia del sistema	1PPS
Ecosonda multihaz	En costa: 0,5 % WD poco profunda: 0,5 % WD profunda: 1 % WD
Sonar de barrido lateral	Capaz de resolver un objeto de 0,5 m x 0,5 m x 0,2 m de altura La unidad será capaz de registrar tanto la alta como la baja frecuencia (~400 y 100 Hz respectivamente)

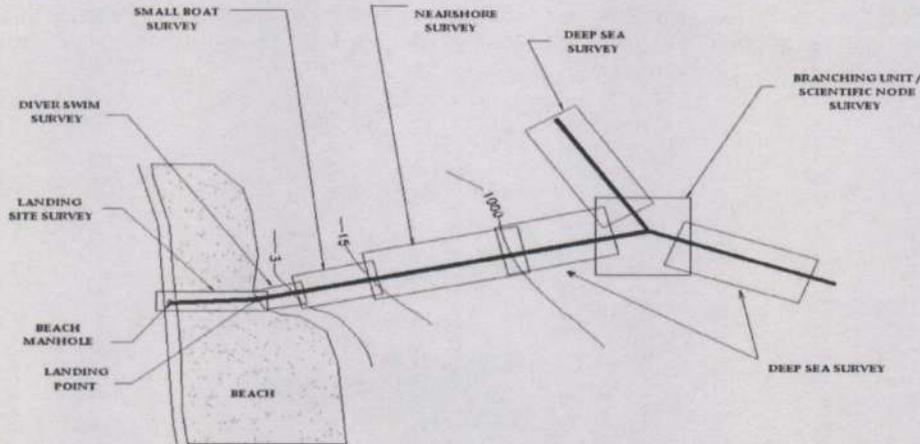


Figura 8: Estudio de la ruta marina

Durante la fase de planificación de los sistemas de cable submarino, los ejercicios de inspección marina y selección de rutas se optimizan para garantizar que se elija una ruta que tendrá el mínimo impacto en el fondo marino durante la fase de instalación.

Debido a la tecnología que se utiliza para realizar la instalación de entierro, siempre ha sido beneficioso para la ruta seguir las áreas de los fondos marinos donde hay mucho sedimento, de una naturaleza que es buena tanto para arar como para brindar protección adecuada al cable instalado de amenazas externas.

Esto generalmente significa que las áreas de topografía rugosa (rocas, cantos rodados) y batimetría ondulada (ondas de arena, marcas de agua) siempre se evitan, si es posible. Al seleccionar un terreno que proporcione buenas condiciones para la operación de entierro, el impacto sobre el fondo marino se mantiene al mínimo, en la medida en que se reduce la cantidad de fuerza necesaria para penetrar en el fondo marino.

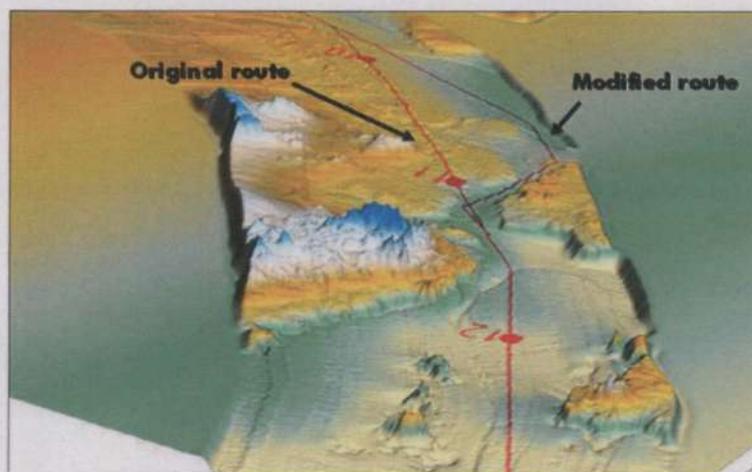


Figura 9: Ejemplo de selección de ruta

Esta ilustración es un ejemplo de ingeniería de ruta y modificación basada en los datos disponibles para garantizar un enrutamiento, protección y fiabilidad óptimos.



Durante el análisis de los datos del relevamiento efectuado, se realizan modificaciones en la ruta para encontrar la ruta óptima del cable submarino, siempre dentro del corredor estudiado.

Los ingenieros que analizan la ruta del cable relevada luego diseñarán el cable para que se ajuste a la ruta seleccionada. Esto significa que el tipo de cable variará según la profundidad del agua, el tipo de fondo marino y el lugar donde se puede enterrar el cable.

En este proyecto, para el tramo que conecta con Las Toninas y que entra en la plataforma continental Argentina, el tipo de cable a utilizar es el denominado SL17 y las longitudes estimadas y el tipo de protección del cable luego del relevamiento efectuado se muestran en la Tabla 3. Cabe destacar que la posición final del cable, una vez instalado, será compartida con la Prefectura Naval, para ser incorporada en las cartas de navegación correspondientes.

Pos No.	Position (WGS-84)		Depth (m)	Cable Type	Comentarios
	Latitude	Longitude			
0	S36 29.1600	W056 41.5940	0	17DA	Las Toninas, Argentina (Lumen BMH Firmina Proposed)
	S36 29.1600	W056 41.5940	0	17DA	
1	S36 29.1477	W056 41.4294	2	17DA	
2	S36 29.1408	W056 41.3370	3	17DA	
3	S36 29.1445	W056 41.1070	5	17DA	5m
4	S36 29.1697	W056 39.5572	10	17DA	10m
5	S36 29.1951	W056 38.9081	11	17DA	
6	S36 29.3987	W056 33.7109	13	17DA	
7	S36 29.6788	W056 26.5586	14	17DA	Exit Argentina TS/Enter Argentina CZ; Enter Joint Argentina/Uruguay Fishing Zone/Joint EEZ
8	S36 29.7869	W056 23.7995	15	17DA	End of PLSE, Initial Splice, Plow Down/Start of Main Lay Burial at 15m WD (BA Chart, Approx)
9	S36 30.0984	W056 12.5931	14	17DA	
10	S36 30.1485	W056 11.5577	15	17DA	Exit Argentina CZ/Enter Argentina EEZ. Remains within Joint Argentina/Uruguay Fishing Zone/Joint EEZ
11	S36 30.1618	W056 11.2836	15	17DA	
12	S36 30.7971	W055 58.1683	19	17DA	
13	S36 30.9100	W055 55.8366	19	17DA	
14	S36 31.0614	W055 52.7101	20	17DA	RPT-A
15	S36 31.1494	W055 50.8939	20	17DA	20m
16	S36 31.2100	W055 49.6420	20	17DA	
17	S36 31.7988	W055 45.7955	20	17LWA	
18	S36 33.0372	W055 37.7029	24	17LWA	
19	S36 34.4342	W055 28.4758	29	17LWA	
20	S36 34.8037	W055 26.0135	30	17LWA	
21	S36 35.0158	W055 24.6006	30	17LWA	
22	S36 37.4888	W055 07.9755	42	17LWA	
23	S36 38.0601	W055 04.0818	50	17LWA	50m
24	S36 38.7336	W054 59.4913	58	17LWA	
25	S36 39.9663	W054 51.0005	60	17LWA	
26	S36 40.4526	W054 47.6500	60	17LWA	
27	S36 40.6759	W054 46.1118	60	17LWA	
28	S36 41.8876	W054 39.6085	85	17LWA	Exit Argentina EEZ/Enter Uruguay EEZ. Remains within Joint Argentina/Uruguay Fishing Zone/Joint EEZ.
29	S36 42.1509	W054 38.1953	90	17LWA	

RE-2022-42939980-APN-AMEYS#ENACOM

30	S36 42.4704	W054 36.0782	90	17LWA	
31	S36 44.5167	W054 22.4955	100	17LWA	100m
32	S36 44.5504	W054 22.2713	103	17LWA	
33	S36 46.8746	W054 06.4797	132	17LWA	
34	S36 47.5505	W054 01.8469	200	17LWA	200m
35	S36 48.2270	W053 57.2092	396	17LWA	
36	S36 48.3761	W053 53.4700	500	17LWA	500m
37	S36 48.5482	W053 49.1527	500	17LWA	RPT-A
38	S36 48.7319	W053 44.5428	695	17LWA	
39	S36 48.9102	W053 40.0703	1000	17LWA	1,000m
40	S36 49.0349	W053 36.9420	1048	17LWA	
41	S36 49.0762	W053 33.9477	1094	17LWA	
42	S36 49.0804	W053 33.6437	1098	17LWA	
43	S36 49.0948	W053 32.5991	1156	17LWA	
44	S36 49.4120	W053 29.2985	1500	17LWA	
45	S36 49.8421	W053 25.8199	1700	17LWA	
46	S36 50.5026	W053 22.3004	1700	17LWA	
47	S36 49.6330	W053 09.5843	2000	17LWA	2,000m
48	S36 49.5879	W053 08.9239	2037	17LWA	
49	S36 49.5735	W053 08.7139	2048	17LWA	
50	S36 49.2263	W053 03.6377	2300	17LWA	
51	S36 50.5234	W052 48.5182	3005	17LWA	
52	S36 50.2173	W052 46.7788	3048	17SPA	
53	S36 50.2171	W052 46.7775	3048	17SPA	
54	S36 50.1961	W052 46.6581	3051	17SPA	
55	S36 45.9080	W052 22.3020	3052	17SPA	
56	S36 41.6201	W051 57.9701	3483	17SPA	
57	S36 40.8249	W051 53.4605	3540	17SPA	
58	S36 38.8329	W051 44.1634	3651	17LW	
59	S36 33.9308	W051 21.3018	3875		Exit Joint Uruguay/Argentina Fishing Zone/Joint EEZ

Tabla 3: Tipos de cable por tramo

### Componentes del Sistema

Los componentes del proyecto FIRMINA a instalar son:

- Cable de fibra óptica
- Puesta a tierra (Ánodos)
- Beach Manhole (BMH)
- Ductos subterráneos
- Estación Terminal del Cable (CLS), de propiedad de LUMEN.

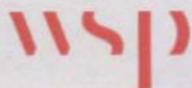
### 2.7 Características del Cable Submarino

Los cables y uniones por utilizar en el sistema FIRMINA han sido diseñados y calificados por SubCom LLC bajo estándares internacionales de cable submarino (Recomendación UIT-T G976) para sistemas ópticos que operan en longitudes de onda del orden de los 1550 nanómetros.

La función de diseño principal de un cable es proteger la ruta de transmisión de fibra óptica durante toda la vida útil del sistema (estimada en 25 años), incluidas las operaciones de colocación, entierro y recuperación. Una función secundaria es que sus elementos metálicos se usan para alimentar una corriente eléctrica a los repetidores o para monitorear de forma permanente el estado del sistema de transmisión y para localizar roturas de cables.

El diseño del cable SL17 liviano (Lightweight) 17LW para aguas profundas cuenta con 16 pares de fibras. Las fibras están alojadas en un tubo de acero relleno con un gel rodeado por dos capas de alambres de acero que forman una cámara protectora contra la presión y las agresiones externas, a la vez que proporcionan resistencia a la tracción.

RE-2022-42939980-APN-AMEYS#ENACOM



Para aplicaciones en aguas poco profundas, se agregan al cable capas externas de armadura de acero para adaptarse a las condiciones de ruta y los métodos de instalación, se utilizan los cables SL17 Lightweight Armor (17LWA) o SL17 Double Armor (17DA)

El diseño del cable garantiza que se aplique una tensión insignificante y presión ultra baja a las fibras en el funcionamiento normal. Incluso si se rompe el cable, la alta tensión en las fibras y el ingreso de agua de mar se limitan a una longitud corta, de modo que la mayor parte del cable seguirá siendo útil.

Estos altos rendimientos son posibles gracias a una estructura de cable que aísla las fibras de los esfuerzos mecánicos en condiciones normales de operación. Esto se logra con un diseño único en el que las fibras descansan libremente en un tubo de acero. Como resultado, el cable puede alojar prácticamente cualquier tipo de fibra siempre que pueda soportar una prueba de calidad.

Incluso en las condiciones más adversas, como la recuperación en caso de daño o reparación, los cables están dimensionados de modo que la tensión aplicada a las fibras nunca alcance niveles críticos. La combinación de estructura suelta y prueba de fibra evita cualquier rotura de la fibra que podría ser causada por la tensión del envejecimiento durante la vida de diseño del sistema.

## 2.8 Datos del Cable

Tipo de Cable	Diametro Exterior (mm)
SL 17 LW	17.0 mm
SL 17 LWA	28.9 mm
SL 17 DA	35.9 mm
SL 17 SPA	22.4 mm

Tabla 4: Características de los cables (Fuente: SubCom)

El cable submarino se selecciona por la cantidad de fibras para cada segmento. Para segmentos de hasta 12 pares de fibra se usa el cable SL17-A1, para los segmentos de 16 pares de fibra se usa el SL17 y para segmentos de más de 16 pares de fibra se usa el SL17-SDM. En el proyecto Firmina se usarán los siguientes cables de tipo SL17:

- Lightweight (LW) Cable: para aguas profundas.
- Special Applications (SPA): para fondo marino desigual, rocoso o tosco
- Lightweight Armored (LWA) Cable: provee protección contra terreno rocoso en áreas de bajo riesgo de agresiones externas.
- Double-Armored (DA) Cable: para aguas poco profundas donde se requiere protección contra agresiones externas

En los tramos en los que se usan SL17-A1 y SL17, una pequeña cantidad de SL17-SDM se usa también a proximidad de las branching unit (BU) de profundidad.

**Cable for each proposed cable type**

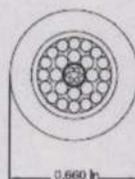
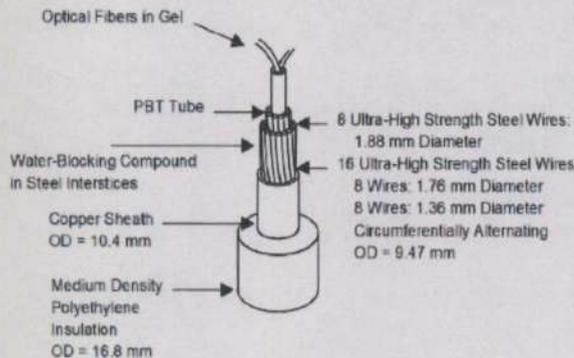
Manufacturer and model	SubCom
Cable brand name	SL17-SDM / SL17/SL17-A1
Conductor Resistance (Ω/km)	0.83 / 0.96 / 1.33 (Ref. at 3°C)
Insulation Resistance (Ω/km)	> 2.0 / 1.5 / 1.5 TΩ/km
Conductor Capacitance (mF/km)	0.18 / 0.20 / 0.17 uF/km
Max. power feeding Voltage (V)	18kV
	SL17-SDM LW/SPA: B1
	SL17-SDM LWA: 216
	SL17-SDM DA: 414
	SL17 LW/SPA: 58
	SL17 LWA: 200
	SL17 DA: 395
	SL17-A1 LW/SPA: 50
	SL17-A1 LWA: 200
	SL17-A1 DA: 395
NTTS (KN)	
Cable Diameter	Various. See cable descriptives.
UJ Supporting Status	Qualified
List all cable types proposed	SL17-SDM, SL17 and SL17-A1

Tabla 5: Resumen de las características eléctricas de los cables

## 2.9 Características eléctricas de los Cables

### 2.9.1 Cable Armadura Simple (SA)

El cable armadura simple (SA) se hace tendiendo una sola capa de alambres de acero galvanizado de alta resistencia sobre la estructura de cable liviano (LW). Los alambres de acero están inundados con un compuesto para bloquear el agua y cubiertos por un polietileno de densidad media. El cable que se muestra a continuación se usa normalmente donde es posible la protección total por enterramiento. Se puede utilizar a cualquier profundidad del mar de entre 0 y 2000m.)



CABLE SECTION

#### CABLE PARAMETERS

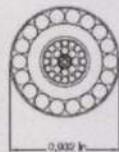
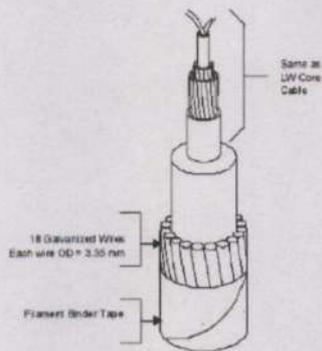
Parameter	English	Metric
UFS diameter	0.117	2.97
8 inner steel wire size	0.0742 in	1.88 mm
Lay length (L1H1)	12 in	305 mm
Lay angle for 0.0742 in. wires	2.90°	2.90°
8 outer steel wire size (larger)	0.0695 in	1.76 mm
Lay length (L1H1)	12 in	305 mm
Lay angle for 0.0695 in. wires	4.50°	4.50°
8 outer steel wire size (smaller)	0.0514 in	1.30 mm
Lay length (L1H1)	12 in	305 mm
Lay angle for 0.0446 in. wires	4.80°	4.80°
Diameter over strand package	0.175 in	4.43 mm
Power conductor copper diameter	0.410 in	10.4 mm
MDPE jacket diameter	0.66 in	16.8 mm

Figura 10: El cable SL17LW

### 2.9.2 Cable de armadura liviana (LWA) y de doble armadura (DA)

El cable de armadura liviana (LWA) y doble armadura (DA) se hace agregando capas de alambres de acero galvanizado alrededor del cable SA, puede ser una sola (LWA) o dos capas de alambres (DA), inundado con un compuesto para bloquear el agua y cubiertos por un polietileno de densidad media. Estos cables que se muestran a continuación son usados normalmente en tendidos superficiales o para agregar protección adicional en aquellas aplicaciones donde está previsto su enterramiento. Se puede usar a cualquier profundidad del mar entre 0 y 500 metros, pero generalmente se usa entre 0 y 200 metros.

RE-2022-42939980-APN-AMEYS#ENACOM



CABLE SECTION

CABLE PARAMETERS

Parameter	English	Metric
Armor wire size	# 117 in	3.35 mm
Lay length (LH)	15.1 in	381 = 25.4 mm
Lay angle for armor wires	9.5°	9.5°
Armor wire coverage factor (K)	95.6%	95.6%
Diameter over armor wires	8.524 in	215 mm
Flame Retardant Tape		
Lay length (DOL)	6.5 in	165 mm
Lay angle	24°	24°
Cable diameter over Helix tape	8.933 in	227 mm

Figura 11: El cable SL17 LWA

### SL17 Double Armor (DA) Cable

Figure 10 SL17 Double Armor (DA) Cable

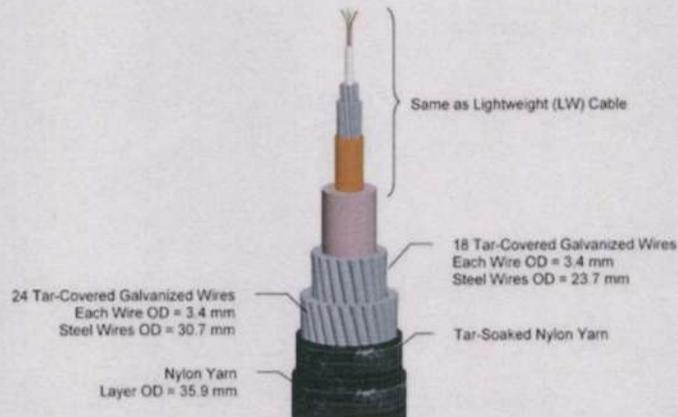
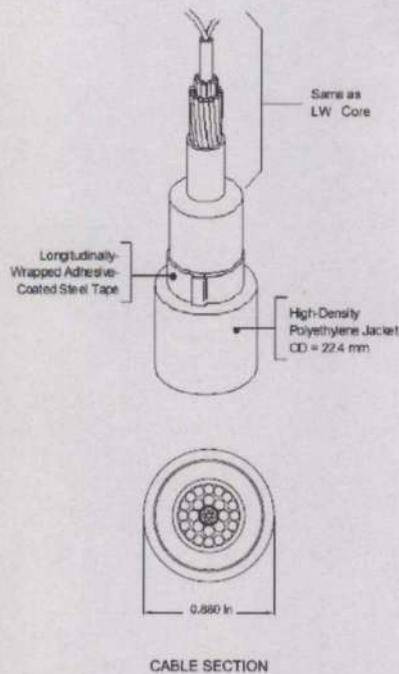


Table 11 SL17 DA Cable Properties

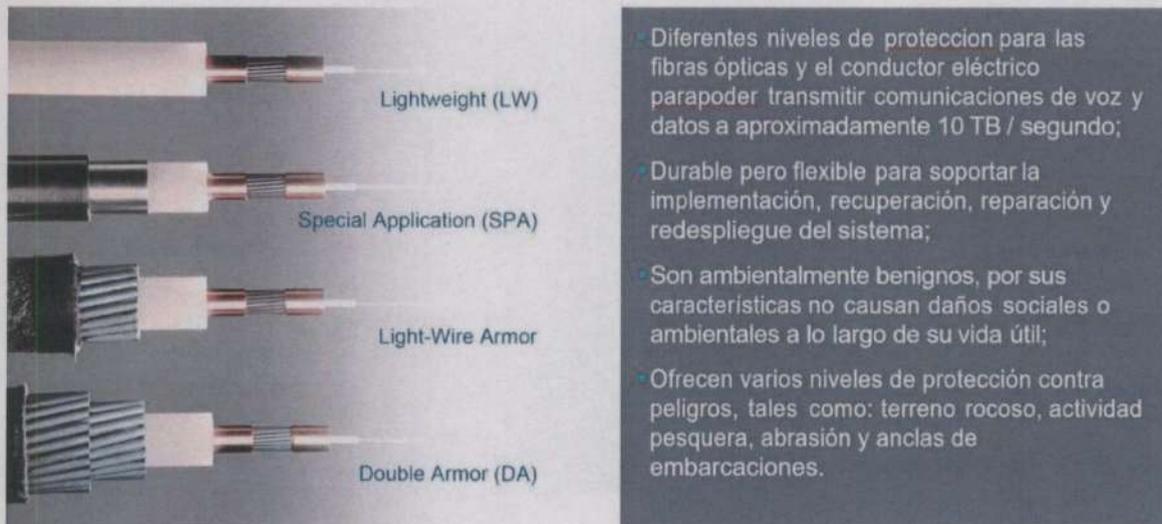
Figura 12: El cable SL17 DA



CABLE PARAMETERS

Parameter	English	Metric
Adhesive coated steel tape thickness	0.006 in steel tape with 0.0024 in adhesive coated on both sides	0.15 mm steel tape with 0.06 mm adhesive coated on both sides
Steel tape overlap length	0.210 in	5.33 mm
Diameter off overlap	0.661 in	16.8 mm
Diameter on overlap	0.692 in	17.6 mm
HDPF jacket diameter	0.880 ± 0.015 in	22.4 ± 0.4 mm

Figura 13: El cable SL17 SPA



- Diferentes niveles de protección para las fibras ópticas y el conductor eléctrico para poder transmitir comunicaciones de voz y datos a aproximadamente 10 TB / segundo;
- Durable pero flexible para soportar la implementación, recuperación, reparación y rediseño del sistema;
- Son ambientalmente benignos, por sus características no causan daños sociales o ambientales a lo largo de su vida útil;
- Ofrecen varios niveles de protección contra peligros, tales como: terreno rocoso, actividad pesquera, abrasión y anclas de embarcaciones.

Figura 14: Características Generales del cable de fibra óptica (Fuente: SubCom)

## 2.10 Instalaciones marinas

Los métodos de trabajo, las herramientas y los recursos que se utilizan normalmente relacionados con la instalación de cables submarinos son de gran importancia en una obra de un sistema de comunicaciones por fibra óptica, ya que deben asegurar la operatividad y eficiencia de éste durante toda su vida útil.

A continuación, se enumeran las distintas operaciones que se efectúan para la instalación marina de un cable y su conexión con los elementos terrestres del mismo sistema.

- ✓ Operaciones de Acondicionamiento pre-tendido (PLGR) y Despeje de Ruta (RC)
- ✓ Tendido del cable y dirección de tendido
- ✓ Navegación y posicionamiento
- ✓ Recorrido del Cable - Posicionamiento en superficie
- ✓ Tendido del Cable - Arado
- ✓ Cruces de cables
- ✓ Cruces de tuberías

- ✓ Inspección post entierro (PLIB)
- ✓ Aterrizaje del Cable
- ✓ Empalme inicial y/o final
- ✓ Aterrizaje en playa
- ✓ Enterramiento en la zona marina poco profunda (-15 a 0 m.s.n.m.)
- ✓ Enterramiento en zona de playa emergida y duna costera

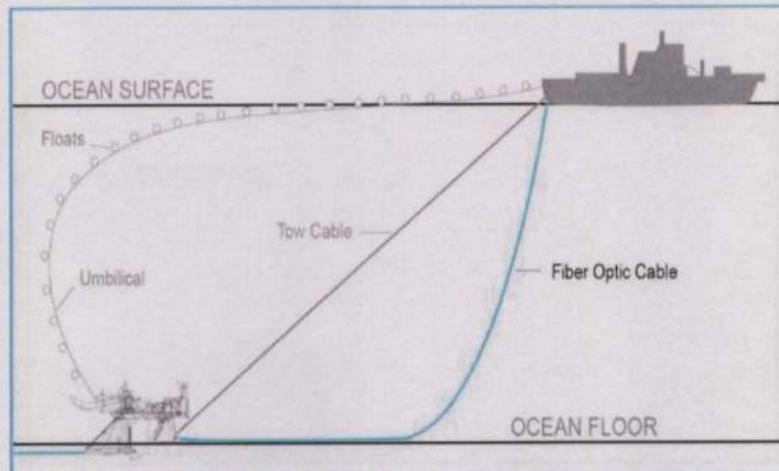


Figura 15: Instalación del cable submarino

## 2.11 Sistema de Puesta a Tierra

Cada sistema de cable submarino con equipamiento eléctrico necesita energía alimentada desde la costa para operar la planta submarina. Esta energía es suministrada por un equipo de alimentación de energía (PFE), que se encuentra en las estaciones terminales en cada extremo del sistema. La tecnología de 18kV de SubCom permitiría al cable más largo del mundo funcionar completamente desde una sola fuente de alimentación.

Cada conjunto de equipos de alimentación de energía requiere una puesta a tierra dedicada, separada de la tierra de la estación, para un funcionamiento óptimo. Este sistema de tierra dedicado también se conoce como "tierra del sistema" o "lecho de tierra oceánica" (OGB: Ocean Ground Bed).

Se considera para este trabajo ánodos de instalación vertical conforme la figura 16 que se muestra más adelante, en donde se ven representados 4 ánodos en línea.

Los ánodos serán tubulares con Corpro M 754 de óxido metálico. Los ánodos podrán estar empaquetados con cánula de acero corrugado con relleno de polvo de coque, si se considera necesario.

Un ensayo de campo es necesario previo a definir el número mínimo de ánodos. Se entierran un mínimo de tres (3) ánodos para cumplir con el estándar mínimo que requiere el lecho de tierra oceánica (OGB).

La profundidad de las perforaciones debe ser tal que la parte superior del ánodo se encuentre a mínimo de 0,3 metros por debajo del nivel inferior del agua (MLW), la separación entre los ánodos debe respetar un mínimo para acomodar la instalación y el relleno.

Las barras de tierra se utilizarán como OGB donde el suelo tenga la conductividad adecuada.

En cuanto a la descripción del cable de tierra MV-90-1 (cable usado solo en tierra); 8kV AC 12kV DC (mínimo); con conductor compacto I/C # 6 AWG (7x); 0,115" (2,92mm) (mínimo) aislamiento Okoguard (EPR); 0,024" (0,61mm) Extruded semicon (EPR), 0,005" (0,13mm) Bare Copper Shield Tape; envuelto en capa de polietileno de baja densidad o cable equivalente de espesor 0,068" (1,72mm) radio de curvatura mínimo es 0,22 metros (8,5").

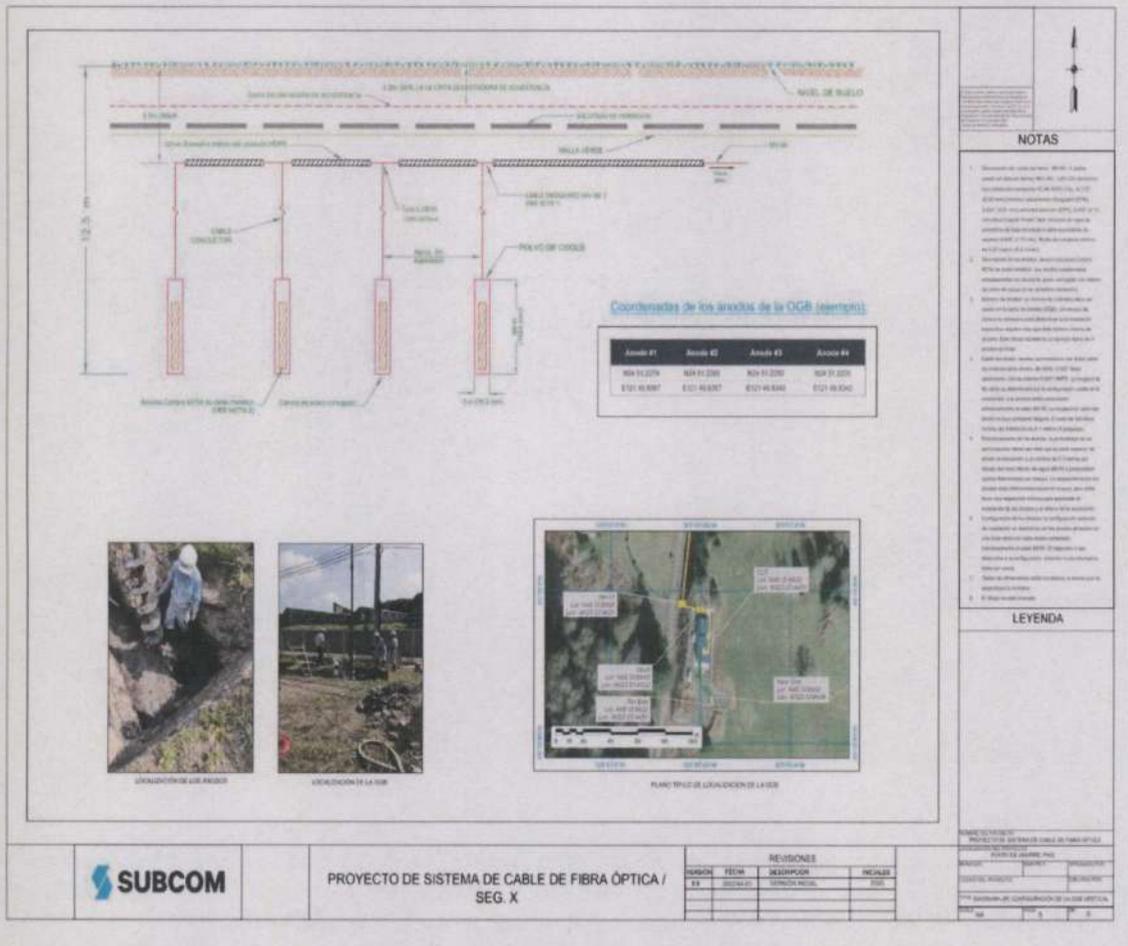


Figura 16: Ánodos en línea. (Fuente: SubCom)

## 2.12 Beach Manhole

El Beach Manhole (BMH) es la transición entre el cable submarino y el cable terrestre. El BMH normalmente debe ubicarse como máximo a 200 m de la línea de flotación y en las proximidades, p. ej. Se prefiere una línea de visión recta al punto de aterrizaje. La longitud de los conductos hacia el mar puede variar y estará sujeta a la ubicación. Los conductos hacia el mar pueden extenderse hasta el punto de desembarco en la playa.

El plano a continuación muestra los detalles de una estructura tipo para el BMH

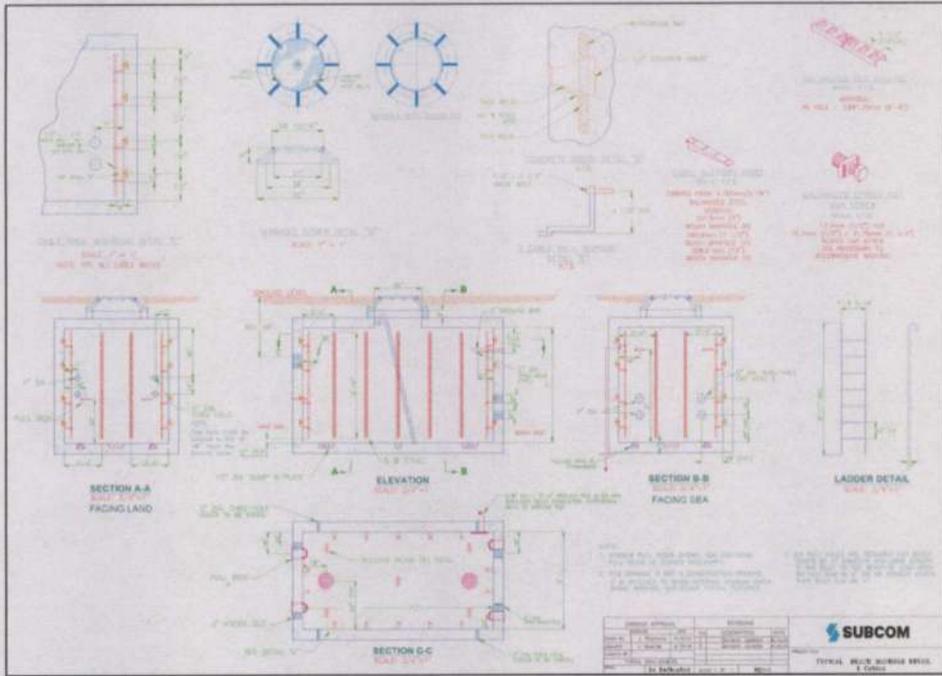


Figura 17: Detalles del BMH

### 2.13 Cronograma de instalación

- |   |                      |
|---|----------------------|
| ✓ Estudio Preliminar de Oficina   | 2 T 2021.            |
| ✓ Visitas de confirmación de puntos de atraque  | 3 T 2021.            |
| ✓ Introducción de Sistema Agencias Gubernamentales<br>(Agencias regulatorias nacionales, estatales y locales) | 3-4 T 2021.          |
| ✓ Estudio de Ruta Marina  | 3 T 2021 – 1T 2022   |
| ✓ Adquisición de Permisos   | 3 T 2021 – 4 T 2022. |
| ✓ Manufactura de Equipos (wet & dry plant)  | 1 T – 3 T 2022       |
| ✓ Instalación de equipo estación  | 2-4 T 2023.          |
| ✓ Instalación Marina  | 3 T 2022 – 2 T 2023. |
| ✓ Sistema listo para entrega al cliente   | 4 T 2023.            |
| ✓ Ready For Provisional Acceptance (RFPA)   |                      |

### 3. TRAZADO EN TIERRA

#### 3.1 Información específica de la zona de aterrizaje

Toda la información específica del sitio proporcionada aquí es un reflejo de los datos disponibles y asumidos al momento de preparar este documento, conforme lo requiere la resolución CNC N.º 1703/2000.

Las herramientas finales y los niveles de personal también pueden cambiar y estarán sujetos a la ubicación, el tiempo, las condiciones del permiso, la disponibilidad de recursos y el equipo local disponible para apoyar la instalación.

Algunos cambios, quizás menores, a los requisitos iniciales basados en las recomendaciones hechas por SubCom podrían implementarse después de que se hayan revisado todos los datos del relevamiento.

Además, se deberá tener en cuenta que la descripción final tal como está construida, puede diferir ligeramente de lo planeado el día de la instalación. Esto significa que el cable se instalará lo más cerca posible de la ruta planificada y el entierro, cuando sea necesario, se realizará siempre que sea posible el día de la instalación.

La profundidad del entierro solo puede ser correcta en el momento de la instalación, ya que la erosión costera y los posibles sedimentos migratorios estacionales no se pueden controlar. Sin embargo, la profundidad del entierro se basará en los resultados de los estudios geológicos realizados para este proyecto específico en Las Toninas.

La instalación de la dirección puede cambiar durante el proyecto, y podría estar impulsada por la disponibilidad del permiso, el cambio en la secuencia de instalación y también puede introducir puntos de empalme finales adicionales para desplegarse en el fondo marino. Esto no cambiará el rendimiento técnico contractual del sistema de cable submarino.

#### 3.2 Localización Beach Manhole (BMH) en Las Toninas y coordenadas

El ingreso es por la calle 24 hasta un BMH (nuevo, entre avenida Costanera y calle 1) ubicado en las coordenadas 36° 29'9.59" S, 56° 41'35.66" O. La ruta continua por la Calle 24 hasta la calle 11(MH4) donde gira al norte hacia la esquina de la calle 22. Luego la ruta continua recto por la calle 22 hasta la Calle 29, donde gira al sur hasta la esquina de la Calle 24, entrando en la estación terrestre (CLS) de propiedad de LUMEN.

Dirección de la Ubicación: Calle 24 entre avenida Costanera y calle 1

Coordenadas del BMH: 36°29.1600' S 56° 41.5940' O



Figura 18: Vista general de la ruta marítima en Las Toninas (Fuente: SubCom)



Figura 19: Vista general de la ubicación del BMH en Las Toninas (Fuente: SubCom)



Figura 20: Vista general de llegada a Las Toninas (fuente: SubCom)

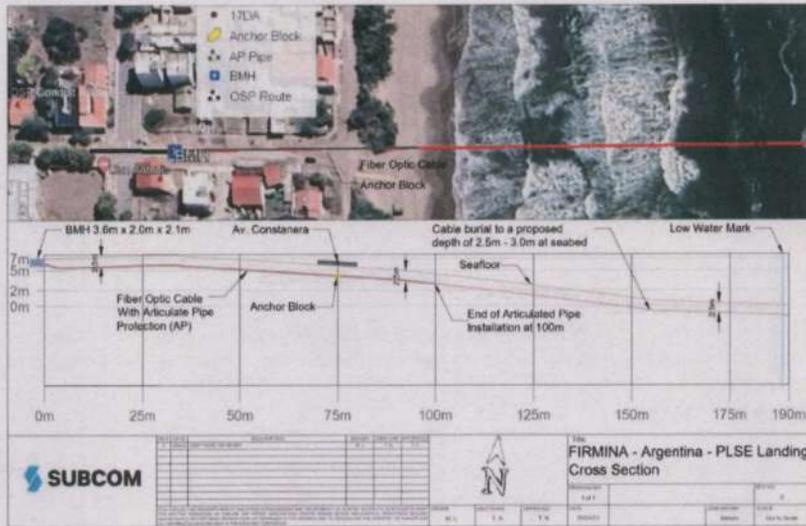


Figura 21: Vista lateral del aterrizaje. Tendido en aguas someras del cable



Figura 22: Vista general de la ruta terrestre hasta la Estación Terrestre (CLS) en Las Toninas (Fuente: SubCom)

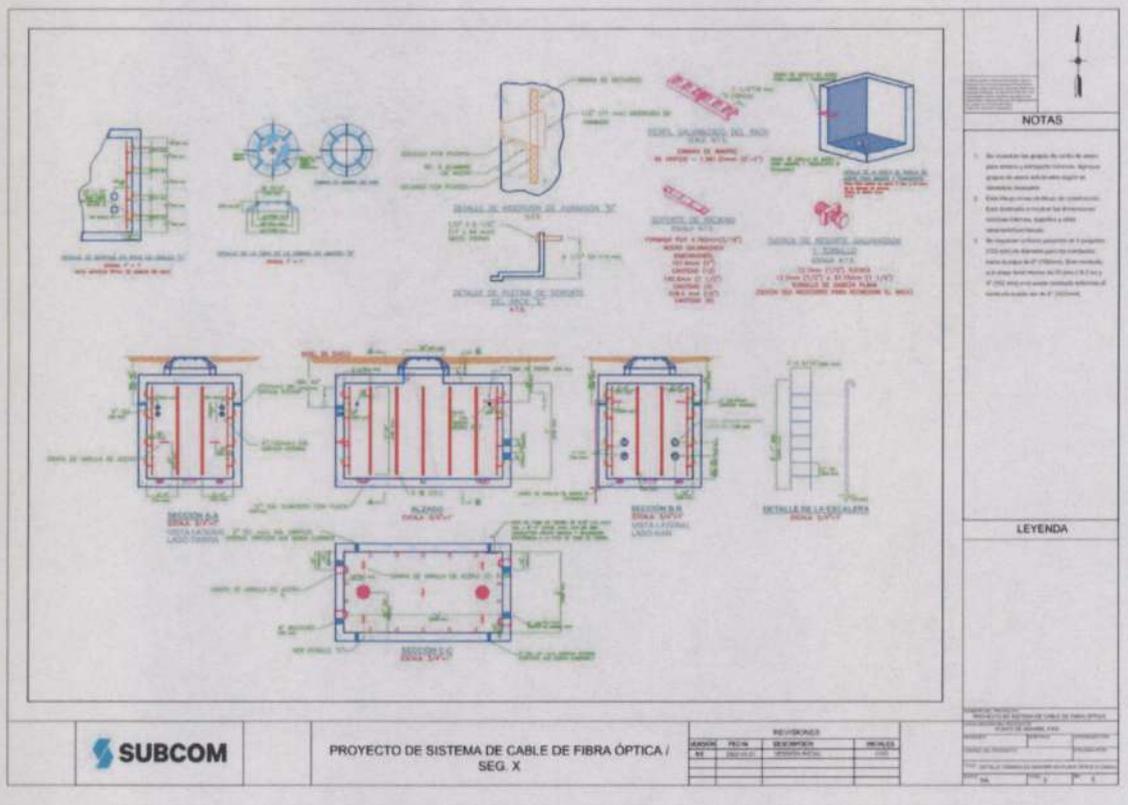


Figura 23: Bloque de anclaje del cable- Av. Costanera. Se muestra las grapas de vanilla de acero para amarrar y transporte mínimas. Esta figura esta destinado a mostrar las dimensiones mínimas internas, soportes y otras características típicas.

### 3.2.1 Perfil de canalización

Desde el BMH hasta 100 metros hacia la línea de costa se canaliza el cable con cañerías articuladas para lograr una mayor protección del mismo. También se colocan a la entrada y salida de los cables articulados, bridas de reparo que tienen como finalidad brindar una mayor protección. En las figuras de abajo se puede ver el perfil de la cañería articuladas y las bridas de reparo.

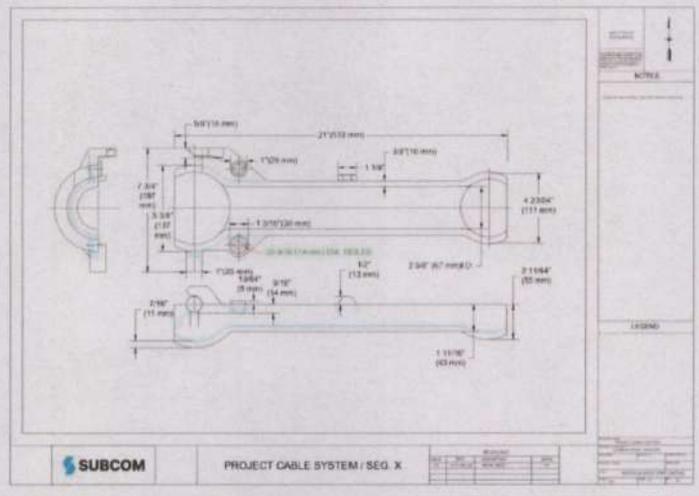


Figura 24: detalle de cañería articulada

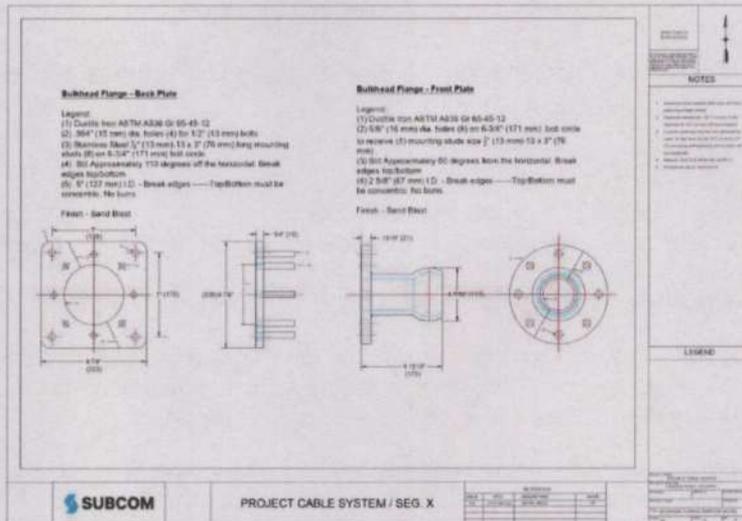


Figura 25: Detalle de bridas de anclaje

### 3.3 Ubicación estación terminal Las Toninas y coordenadas

Dirección de la Estación Terminal: Calle 31, No 1049 entre las calles 26 y 24

Coordenadas de la Estación Terminal: 36°29'14.30" S, 56°42'37.42" O

Se deberá efectuar un relevamiento del trazado de la ruta terrestre para confirmar las longitudes exactas de los conductos hacia el mar y la posición de las bocas de inspección entre el punto de aterrizaje y la estación de cable.



Figura 26: Estación Terrestre (CLS) de Lumen



Figura 27: Estación Terrestre (CLS) de Lumen

### 3.4 Requerimientos de soterramiento en playas, costas, secciones aradas

#### Las Toninas

Profundidades de soterramiento a alcanzar:

- Del BMH a la línea de agua: 2m o suelo duro, lo que ocurra primero.
- Desde la línea de agua hasta el inicio/final de la zona arada @ 12-15m de WD: 1,5m (después del soterrado cuando sea posible)
- Desde el inicio/final de la zona arada @ 12-15m WD hasta 1700m WD: 1,5m (si es posible)

El perfil de profundidades de arado se conocerá después de la revisión de relevamientos de detalles de la zona. El arado se realizará hasta una profundidad de agua de 1000m, donde los sedimentos del fondo marino permitan el arado, y las pendientes longitudinales y laterales estén dentro de los límites de seguridad para su operación.

Las secciones de entierro del arado normalmente deben tener una longitud mínima de 500 m, de lo contrario, estarán sujetas a un entierro posterior utilizando el Vehículo de Operación Remota ROV y la técnica de inyección.

La línea de agua es normalmente la marca de nivel bajo de agua (LWM: low-water mark), pero a menudo puede limitarse a la línea de nivel bajo de agua el día de la instalación.

## 4. TRAZADO PLANTA SUBMARINA

### 4.1 Tendido del Cable -Tendido sobre la superficie del fondo marino

La instalación del cable por tendido sobre la superficie en una profundidad de agua de más de 1000 m se realizará normalmente a una velocidad de 4 nudos o alrededor de un promedio de 170 km por día, sujeto a las condiciones climáticas y actuales.

El tendido marino y el posicionamiento de la toma de contacto del cable se basa en un modelo matemático 2D basado en la fuerza que normalmente se utiliza como el estándar de la industria.

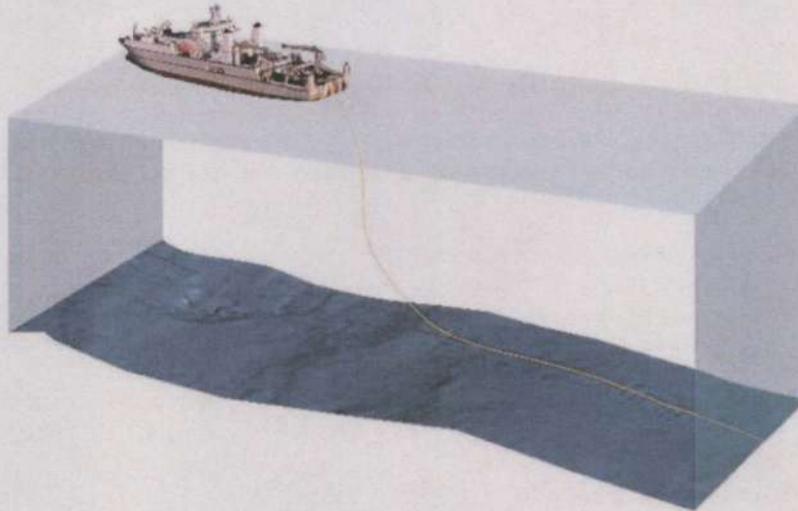


Figura 28: Instalación de cable sobre fondo marino a más de 1 000m de profundidad (Fuente: SubCom)

### 4.2 Características del buque cableador

La embarcación para utilizar en el proyecto será del tipo RELIANCE CLASS de la flota de barcos instaladores de cable de la empresa SubCom, contratada por el titular del proyecto para realizar la instalación del cable submarino. Los datos generales de este tipo de embarcaciones son los siguientes

- Bandera: Islas Marshall
- Propietario: SubCom
- Tonelaje bruto: 12.184 t
- Peso muerto: 9.200 t
- Eslora: 139 m
- Manga: 21 m
- Calado: 8,4 m
- Año de construcción: 2001-2003
- Constructor: Keppel Seghers
- Velocidad máxima: 14 nudos



Figura 29: Embarcación instaladora de tipo Reliance Class de SubCom (Fuente: SubCom)

Todas las embarcaciones cableras que navegan por aguas internacionales cumplen con las regulaciones establecidas en el Protocolo de la Convención Internacional de Contaminación de las Embarcaciones, conocido como Protocolo MARPOL 73/78.

Después del estudio del fondo marino el cable será colocado en el fondo marino por la misma embarcación de instalación de cable, que como principal equipamiento de instalación tiene:

- Arado submarino de tendido de cable, para instalación de cable enterrado en el fondo
- Vehículo de Operación Remota, para inspección y corrección de la instalación

Para la instalación del cable la embarcación tiene incorporados en su equipamiento de planta bobinas de cable en sus bodegas, winches, desarrolladores lineales, grúas, cuadrantes y sistema dinámico de posicionamiento, entre otros.

### 4.3 Tendido del Cable con Arado

Para el sistema de cable FIRMINA, la profundidad de enterramiento objetivo será de 1.5 m para la plataforma continental Argentina.

El arado se llevará a cabo desde alrededor de los 15 m de profundidad del agua desde Las Toninas hasta una profundidad de 1700 metros en la plataforma continental. El arado se llevará a cabo donde sea posible enterrarlo en el sedimento y donde el fondo marino permita la operación segura del arado. El tipo de fondos marinos, arriba, abajo y laderas laterales determinarán dónde se puede realizar el arado de manera segura.

La posición del arado detrás de la embarcación se calcula en base a:

- Posicionamiento acústico (HPR): la precisión del rango de inclinación es mejor que el 1% en condiciones normales, asumiendo una velocidad de sonido constante en la columna de agua.
- Longitud del cable de remolque desplegado y profundidad del agua.

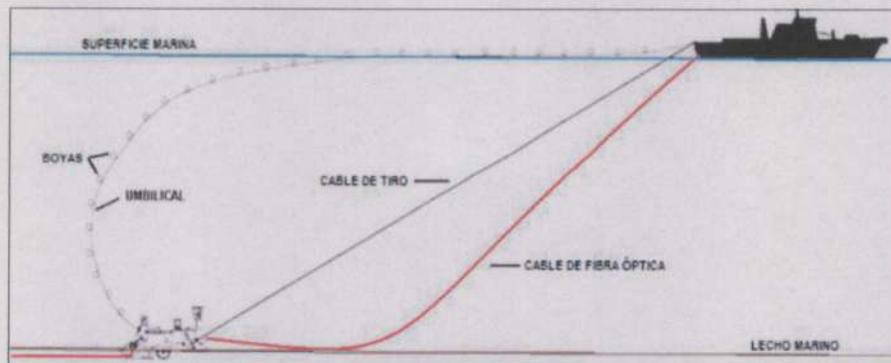


Figura 30: Esquema de dirección del cable y dirección del tendido. Operación típica de arado donde el arado a menudo será 2-3 veces la profundidad del agua detrás del barco. Fuente: SubCom

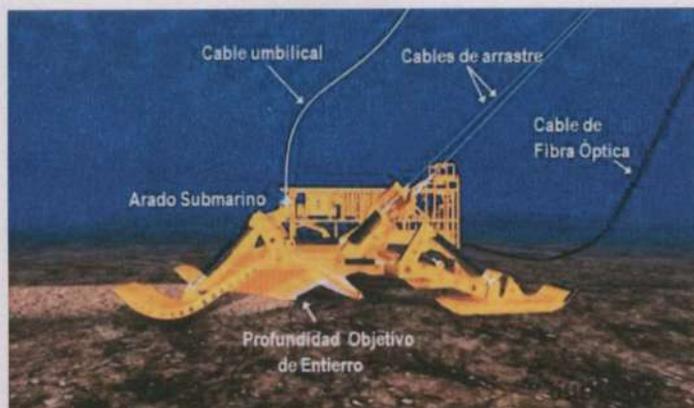


Figura 31: Modelo de equipamiento para el arado del lecho marino (Fuente: SubCom)

#### 4.4 Cruce de cables

El arado no se realizará dentro de una distancia especificada a los cables o tuberías en servicio que pudiesen cruzarse. Generalmente, esta distancia es de 500 m, pero se puede reducir a 250 m para el cruce de cables en servicio que se han identificado positivamente durante las operaciones de relevamiento

#### 4.5 Inspección posterior a la colocación y entierro (PLIB: Post-Lay Inspection & Burial)

Después de la instalación del cable se realizará la PLIB (Post Lay Inspection and Burial - inspección y entierro después de la colocación), para maximizar la protección del cable (enterrado) donde sea posible. Las operaciones de inspección y/o entierro después de la colocación pueden llevarse a cabo en profundidades de agua mayores a 20 m, utilizando el ROV marinos. El ROV puede desplegarse desde una embarcación específicamente movilizada o desde la embarcación de instalación del cable principal, y se puede rastrear o nadar libremente dependiendo del fondo marino y las corrientes.

La inspección posterior a la colocación (PLI) es un procedimiento para validar los datos de entierro del arado. La inspección visual está sujeta a la visibilidad del agua en el momento de la inspección. Si se reduce la claridad del agua, la inspección se basará en sensores de seguimiento de cables y sonar orientado hacia adelante.

#### 4.6 Entierro posterior a la colocación (PLB)

Las operaciones de soterramiento del cable (PLB) se realizarán en áreas planeadas de arado enterrado en los siguientes lugares:

- En la costa termina alrededor del punto de lanzamiento / recuperación del arado.
- Empalmes iniciales, intermedios y finales.
- Cruces de cables y tuberías de energía y telecomunicaciones en servicio.
- Unidades de ramificación.
- Saltos de arado no planificados.
- Áreas donde las pendientes de los fondos marinos no son aptas para arados y es posible el enterramiento en chorro.



Figura 32: Esquema de operaciones PLB por ROV



Figura 33: Esquema de operaciones PLB por ROV

#### 4.7 Localización del cable submarino en la Plataforma continental Argentina (PCA)



Figura 34: Localización del cable en la PCA

A continuación, se ilustra una vista de la red submarina

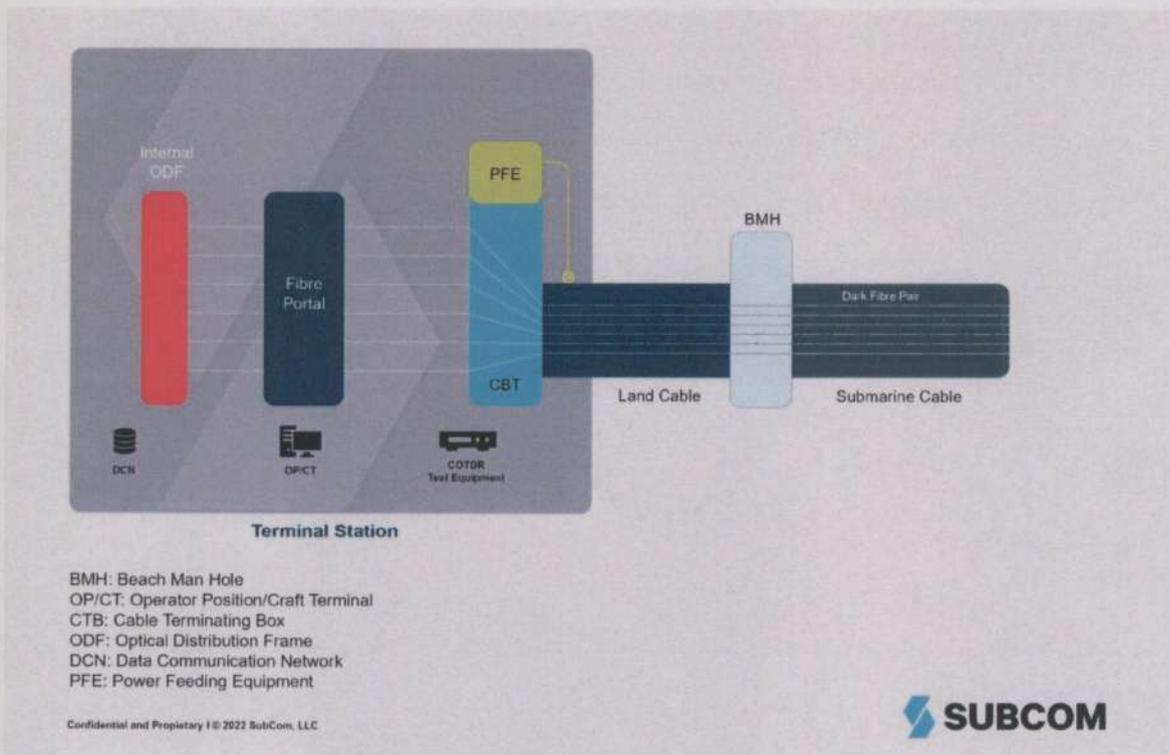


Figura 35: Vista de Red Submarina Fuente: SubCom

#### 4.8 Coordenadas trazado del cable y profundidades

La tabla siguiente es el detalle del relevamiento submarino de la traza planificada para el tendido del cable denominado FIRMINA del Segmento 1, que unirá la localidad de Myrtle Beach, Estados Unidos de América con Las Toninas en la República Argentina.

Pos No.	Posición (WGS-84)		Profundidad (m)	Tipo de cable	Comentarios
	Latitud	Longitud			
0	36 29.1600 S	056 41.5940 O	0	17DA	Las Toninas, Argentina (Se construirá un nuevo BMH por Lumen para Firmina)
	36 29.1600 S	056 41.5940 O	0	17DA	
1	36 29.1477 S	056 41.4294 O	2	17DA	
2	36 29.1408 S	056 41.3370 O	3	17DA	
3	36 29.1445 S	056 41.1070 O	5	17DA	5m
4	36 29.1697 S	056 39.5572 O	10	17DA	10m
5	36 29.1951 S	056 38.9081 O	11	17DA	
6	36 29.3987 S	056 33.7109 O	13	17DA	
7	36 29.6788 S	056 26.5586 O	14	17DA	Fin mar territorial AR/Comienzo Zona contigua AR; Comienzo EEZ conjunta AR/UY
8	36 29.7869 S	056 23.7995 O	15	17DA	Fin PLSE, Empalme inicial, Plow Down/Start of Main Lay Burial at 15m WD (BA Chart, Aprox.)
9	36 30.0984 S	056 12.5931 O	14	17DA	
10	36 30.1485 S	056 11.5577 O	15	17DA	Fin zona contigua AR/Comienzo EEZ AR, aun dentro de la EEZ conjunta AR/UY
11	36 30.1618 S	056 11.2836 O	15	17DA	
12	36 30.7971 S	055 58.1683 O	19	17DA	
13	36 30.9100 S	055 55.8366 O	19	17DA	
14	36 31.0614 S	055 52.7101 O	20	17DA	RPT-A
15	36 31.1494 S	055 50.8939 O	20	17DA	20m
16	36 31.2100 S	055 49.6420 O	20	17DA	
17	36 31.7988 S	055 45.7955 O	20	17LWA	
18	36 33.0372 S	055 37.7029 O	24	17LWA	
19	36 34.4342 S	055 28.4758 O	29	17LWA	
20	36 34.8037 S	055 26.0135 O	30	17LWA	
21	36 35.0158 S	055 24.6006 O	30	17LWA	
22	36 37.4888 S	055 07.9755 O	42	17LWA	
23	36 38.0601 S	055 04.0818 O	50	17LWA	50m
24	36 38.7336 S	054 59.4913 O	58	17LWA	
25	36 39.9663 S	054 51.0005 O	60	17LWA	
26	36 40.4526 S	054 47.6500 O	60	17LWA	
27	36 40.6759 S	054 46.1118 O	60	17LWA	
28	36 41.8876 S	054 39.6085 O	85	17LWA	Fin EEZ AR/Comienza ZEE UY. Aún dentro de la EEZ conjunta AR/UY.
29	36 42.1509 S	054 38.1953 O	90	17LWA	

RE-2022-42939980-APN-AMEYS#ENACOM

30	36 42.4704 S	054 36.0782 O	90	17LWA	
31	36 44.5167 S	054 22.4955 O	100	17LWA	100m
32	36 44.5504 S	054 22.2713 O	103	17LWA	
33	36 46.8746 S	054 06.4797 O	132	17LWA	
34	36 47.5505 S	054 01.8469 O	200	17LWA	200m
35	36 48.2270 S	053 57.2092 O	396	17LWA	
36	36 48.3761 S	053 53.4700 O	500	17LWA	500m
37	36 48.5482 S	053 49.1527 O	500	17LWA	RPT-A
38	36 48.7319 S	053 44.5428 O	695	17LWA	
39	36 48.9102 S	053 40.0703 O	1000	17LWA	1,000m
40	36 49.0349 S	053 36.9420 O	1048	17LWA	
41	36 49.0762 S	053 33.9477 O	1094	17LWA	
42	36 49.0804 S	053 33.6437 O	1098	17LWA	
43	36 49.0948 S	053 32.5991 O	1156	17LWA	
44	36 49.4120 S	053 29.2985 O	1500	17LWA	
45	36 49.8421 S	053 25.8199 O	1700	17LWA	
46	36 50.5026 S	053 22.3004 O	1700	17LWA	
47	36 49.6330 S	053 09.5843 O	2000	17LWA	2,000m
48	36 49.5879 S	053 08.9239 O	2037	17LWA	
49	36 49.5735 S	053 08.7139 O	2048	17LWA	
50	36 49.2263 S	053 03.6377 O	2300	17LWA	
51	36 50.5234 S	052 48.5182 O	3005	17LWA	
52	36 50.2173 S	052 46.7788 O	3048	17SPA	
53	36 50.2171 S	052 46.7775 O	3048	17SPA	
54	36 50.1961 S	052 46.6581 O	3051	17SPA	
55	36 45.9080 S	052 22.3020 O	3052	17SPA	
56	36 41.6201 S	051 57.9701 O	3483	17SPA	
57	36 40.8249 S	051 53.4605 O	3540	17SPA	
58	36 38.8329 S	051 44.1634 O	3651	17LW	
59	36 33.9308 S	051 21.3018 O	3875		Fin EEZ conjunta AR/UY

Tabla 6: Profundidad de cada segmento

## 5. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA PLANTA SUMERGIDA

### 5.1 Cables

Las características de estos elementos se incluyeron en las secciones 2.8 y 2.9 del presente documento

### 5.2 Repetidores

Los repetidores son aparatos que amplifican la señal óptica tras largas distancias de recorrido de cable (80 – 100 Km), y también contiene sensores que determinan la ubicación de fallas en la señal a lo largo del recorrido de la línea, las cuales son captadas en las estaciones terminales de control en tierra para un eventual mantenimiento o recuperación de la línea. Su perfil alargado y estructura resistente facilitan su instalación. Sus dimensiones son 5 metros de longitud y 33 cm de diámetro

Los repetidores SubCom utilizan tecnología de amplificadores ópticos de última generación para lograr un alto rendimiento y confiabilidad. Los repetidores SubCom están equipados con varios pares amplificadores, cada uno de los cuales admite los requisitos de ancho de banda completo de un par de líneas. Cada par amplificador proporciona amplificación óptica con bombas láser redundantes y proporciona una línea de monitoreo de línea pasiva. Para admitir un alto número de fibras, el diseño del repetidor propuesto garantiza que cada amplificador de par de fibra sea bombeado por cuatro bombas láser para una alta confiabilidad, con bombas compartidas entre múltiples pares amplificadores para una operación eficiente y una línea de monitoreo de línea pasiva. Los repetidores SubCom pueden soportar hasta 24 pares de fibra.

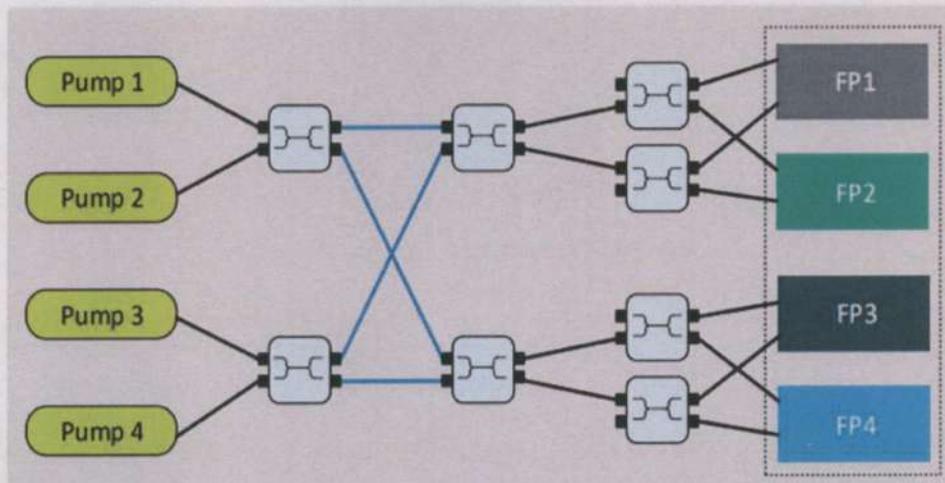


Figura 36: Esquema de arquitectura de un amplificador con 4 bombas y 8 fibras (Fuente: SubCom)



Figura 37: Vista del repetidor SubCom Amp-Quad (Fuente: SubCom)



Figura 38: Vista del repetidor SubCom Amp-Quad (Fuente: SubCom)



Figura 39: Vista del repetidor SubCom Amp-Quad (Fuente: SubCom)



Figura 40: Vista del repetidor SubCom Amp-Quad (Fuente: SubCom)

2 Repeater	
2.01 Manufacturer and model	SubCom
2.02 Gain/optical power control method, supervisory method	Constant output power within input power range with high loss loopback supervisory method
2.03 Pumping laser wavelength(s)	980nm range pump lasers, 4 pump 8 fibers pump
2.04 Pump sharing count (N pumps into M FPs)	4 pumps into 4 FP
2.05 Fit rate of repeater	502/373
2.06 Nominal Repeater output power	See Line 1.05
2.07 Maximum and minimum input power to Repeater;	+/- 3dB from nominal input power
2.08 Repeater gain versus input power, nominal gain compression	Details will be provided at design review.
2.09 Nominal repeater NF at operating point	See Line 1.05
2.10 Average Repeater PDL	Details will be provided at design review.
2.11 Average Repeater PMD	Details will be provided at design review.
2.12 Amplifiers optical bandwidth and auto filtering wavelength	4.5 THz, Total available data BW from first to last channel edge is: 196.11875 - 1916.0125 THz
2.13 Supervisory monitoring items	SubCom eLMS (Input Power, Output Power, Span Loss, Tilt, Span Length)
Supervisory method (dedicated wavelength or superimposed signal)	High loss loopback method with dedicated 2 wavelengths at ends of the bandwidth
2.14	As
2.15 How many FPs have supervisory (if not all, list which ones)	LME : 191.55 - 196.2THz
For dedicated wavelength method:	LME launch power is tunable
Frequency and bandwidth of control signal(s) (THz)	TBD (Design Review)
2.16 Launch power of control signal, average and peak (dBm)	
For superimposed signal method:	
Noise figure (dB)	
Expected tilt (dB/THz)	
Modulation depth (% of TDP), min, max and granularity	
2.17 PMD (ps), PDL (dB), Rx detector power range (max, min dBm)	N/A
2.18 Contents of supervisory information provided by the Repeater	Utilizes standard SubCom telemetry architecture, including redundant TX and RX modules, operating on the two reserved LMS frequencies, with connectivity to multiple fiber pairs for robust operation.
Northbound Supervisory interface type	
2.19 (e.g. SNMP, TL1, REST API)	REST API
2.20 Supply Current (mA)	-817
2.21 Trunk repeaters polarity (Unipolar/Bipolar)	Unipolar
2.22 Voltage Drop (V)	43.0 (12FPs)

Tabla 7: Características técnicas del repetidor (Fuente: SubCom)

### 5.3 Nodos OADM

El equipo submarino en una unidad de derivación (BU: Branching Unit) entre pares de fibras troncales y derivadas se implementa típicamente con dos unidades. Una unidad de derivación (BU) enruta los pares de fibra troncal al cable de ramificación y, a continuación, una unidad OADM contiene los elementos de filtrado óptico necesario para la multiplexación óptica de add-drop (OADM). Los pares de fibra también se pueden enrutar directamente desde la BU a la rama CLS para una rama de fibra completa. La unidad OADM de SubCom implementa derivaciones dependientes del ancho de banda en el sistema submarino.

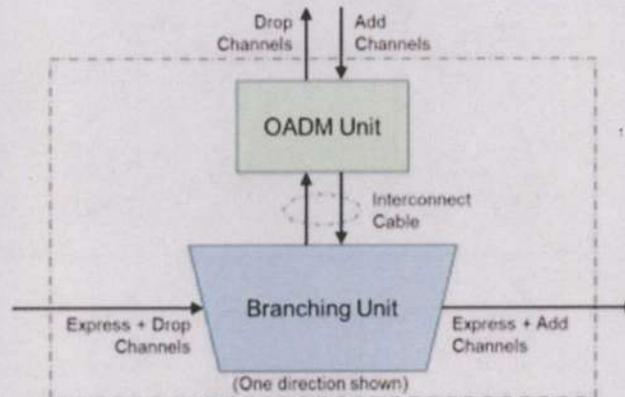


Figura 41: Nodo OADM (Fuente: SubCom)

### 5.4 Unidades de derivación (BU Branching Units)

Es un equipo que conecta más de dos secciones de cable submarino de fibra óptica, lo que permite que una línea principal se divida en dos ramas de forma que pueda alimentar múltiples estaciones terminales. Las aplicaciones de la unidad de derivación submarina óptica pueden tener las siguientes funciones adicionales

Permite que una línea principal se divida en dos ramas, de forma que pueda alimentar múltiples estaciones terminales. Dimensiones: Longitud: 4.8 m, Diámetro: 46 cm. Las unidades de derivación mejoradas de SubCom proporcionan capacidad de cambiar la alimentación eléctrica entre el troncal y las derivaciones. Las eBU ("Enhanced Branching Unit") tienen capacidad hasta 24 pares de fibras para ser usadas en sistemas de alta capacidad. La eBU se controla mediante canales de telemetría óptica que llegan al circuito de control en la terminal. Existen caminos redundantes de control para una operación robusta durante situaciones de fallo.

Se utilizará la unidad de derivación de SubCom tipo eBU. Se pueden conectar varios tipos de cable SL a una BU SubCom según requerimientos del proyecto, tales como la profundidad de instalación y las condiciones del fondo. El cable conectado al extremo de cable único de la BU se denomina cable troncal y los pares de fibra dentro de ese cable se denominan pares de fibra troncal. Los dos cables conectados al otro extremo de la BU son los llamados cables A1 y A2. Los cables troncales y A1 de la BU generalmente se conectan al cable troncal general del sistema. El cable A2 suele ser el cable derivado. Las BU de SubCom se pueden tender y recuperar utilizando equipos estándar del buque cablero, sin modificaciones que puedan impedir que el buque funcione en otros sistemas de cable submarino óptico.

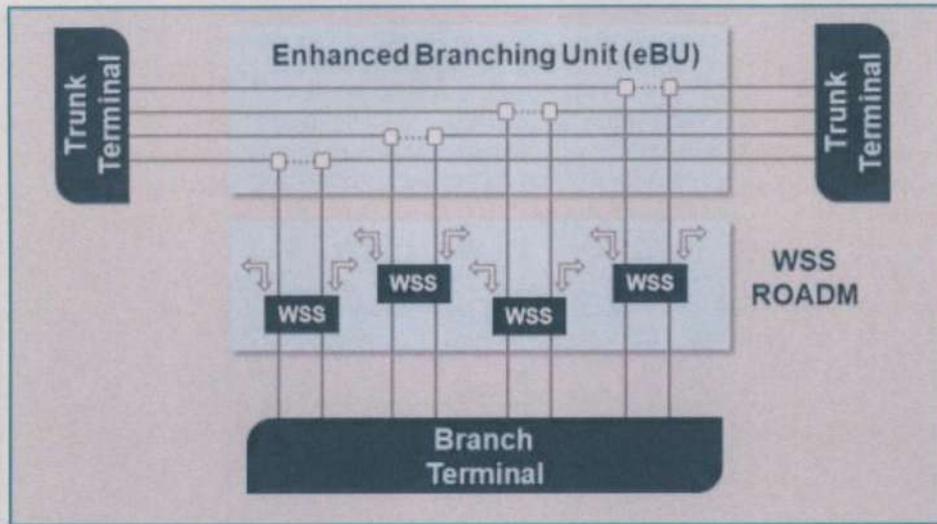


Figura 42: Nodo OADM con WSS ROADM (Fuente: SubCom)

El sistema FIRMINA estará equipado con OADM reconfigurable (ROADM), que admitan conexiones bidireccionales basadas en los requisitos de diseño del sistema actual. La plataforma WSS ROADM proporciona filtrado OADM reconfigurable basado en WSS (conmutación selectiva por longitud de onda) para una verdadera flexibilidad de red. Los componentes ópticos cuentan con una granularidad espectral de 3,125 GHz que admite un filtrado WSS extremadamente bien definido, lo que da como resultado bandas de guarda despreciables entre las bandas de paso y las bandas de paso compatibles con Flexi-grid que se configuran en la red ITU de 6,25 GHz. El WSS también proporciona atenuación configurable para admitir el ajuste de la forma de ganancia. Consulte la Figura 42 para ver un diagrama de bloques de alto nivel. La plataforma SubCom WSS ROADM puede admitir hasta 4 pares de fibra troncal en un solo cuerpo. El WSS ROADM para cada nodo OADM se selecciona para soportar los requerimientos de filtrado de la derivación y la conectividad de rama requerida en ambas direcciones del tráfico troncal. Al igual que la BU, los ROADM se controlan a través de un canal de telemetría terminado en los circuitos de Equipo de Respuesta de Comando (CRE) en las estaciones terminales. Se proporcionan rutas de control redundantes para una operación robusta durante eventos de falla.

El proyecto FIRMINA prevé en esta etapa dos derivaciones: una a Praia Grande, Brasil y otra a Punta del Este, Uruguay, pudiendo, si fuera necesario, ampliarse las derivaciones a República Dominicana, Puerto Rico y Fortaleza, Brasil.



Figura 43: Branching Unit (BU)

3 Branching Unit		
3.01 Manufacturer and model	SubCom Enhanced BU	
3.02 Switching Type for Power feeding reconfiguration	Separate BU and ROADM configuration	
3.03 Supply Current (mA)	500-1600	
3.04 Voltage Drop (V)	10Ω	
3.05 Maximum Voltage for hot switching of BU	15000	
3.06 FIT rate of the BU	240	
3.07 Optical device Characteristic	High reliability optical switches with latching capability	
3.08 Insertion loss (dB)	N/A	
3.09 Contents of supervisory information provided by the BU (if applicable), details on the supervisory channels	Command response at LME wavelengths	
3.10 Northbound Supervisory Interface type (e.g. SNMP, TL1, REST API)	REST API	

Tabla 8: Características técnicas de la BU (Fuente: SubCom)

## 5.5 Ecuallizadores de ganancia

Las distancias extremas de los sistemas de transmisión submarinos requieren una gestión cuidadosa de la forma de ganancia. En los sistemas SubCom, la ecualización de ganancia para cada fibra de transmisión se proporciona mediante una combinación adecuada de los siguientes elementos de ecualización de ganancia:

- Filtros de aplanamiento de ganancia (GFF) que forman parte de cada amplificador en el repetidor, para compensar la forma de ganancia del amplificador.
- Elementos de ecualización de ganancia para inclinación y/o forma insertados junto con el cable, para corregir la inclinación acumulada en el espectro de ganancia y cualquier ganancia residual dependiente de la longitud de onda a intervalos periódicos.

SubCom realiza el monitoreo a bordo a medida que instala el sistema con los ajustes correctivos realizados según sea necesario.

## 5.6 Instalación Marina

Las características de estos elementos se incluyeron en las secciones de la 4.1 a la 4.6. del presente documento.

## 5.7 Aterrizaje del cable en aguas marinas someras

Antes de las operaciones de aterrizaje de cable, las notificaciones a las autoridades pertinentes se emitirán según sea necesario y/o acordado según la práctica normal.

En áreas con tráfico local significativo de embarcaciones costeras, se utilizarán embarcaciones de apoyo pequeñas / embarcaciones de trabajo adicionales para evitar daños al cable flotante durante las operaciones de aterrizaje.

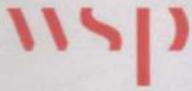
La operación de aterrizaje directo del cable normalmente se realizará dentro de un día normal de trabajo, comenzando a la primera luz del día, generalmente alrededor de las 06:00 a.m. hora local.

El barco de cable se colocará en modo DP entre 12m y 15m de profundidad y a una distancia segura de la costa y los arrecifes. No se utilizará anclaje. Existe también la posibilidad de un aterrizaje con apoyo de barcos de menor calado (lo cual se conoce como tendido en aguas someras del cable (PLSE - Pre-Lay Shore End), cuando la disponibilidad del barco se retrasa y/o los tiempos de instalación son reducidos, como pudiera ser el caso de Las Toninas, con las restricciones de instalación por la temporada de verano.

Para transportar el cable desde el barco de instalación, situado a 15 metros de profundidad del agua, hasta el BMH, se establece una línea de acarreo desde el barco hasta la costa utilizando embarcaciones de apoyo y buzos. La línea de acarreo se conecta al cable del barco. El transporte de equipo en la playa se utiliza para transportar el cable a tierra mientras el barco baja simultáneamente el cable. Como el cable se baja desde el barco, se puede requerir que los buzos conecten flotadores al cable, generalmente cada 3m a 5m.

Una vez que el extremo del cable esté asegurado en tierra, se abrirá para el aislamiento eléctrico y las pruebas de fibra. Tan pronto como se completen las pruebas, los buzos recibirán instrucciones para comenzar a hundirse y colocar el cable en el lecho marino. Los flotadores se cortarán progresivamente de la línea de la costa hacia el barco de cable. Antes de cortar cada flotador, los buceadores colocarán el cable manualmente o, con la ayuda de un bote pequeño, para que caiga en la ubicación deseada.

Después de colocar el cable en el fondo marino, el extremo del cable, actualmente en la playa, se instalará en el BMH.



## 5.8 Empalme inicial y/o final

El empalme inicial es la unión marina que unirá el cable existente al cable a bordo del cable antes de que continúe la instalación en áreas de mayor profundidad.

El empalme final es la unión marina final una vez finalizada la colocación donde el extremo del cable se conectará al cable existente ya instalado. Esto provocará que se despliegue una reserva final en el fondo marino, que normalmente es de 1,5 a 2 veces la profundidad del agua. Esta curva se bajará con cuidado al fondo marino y se liberará con un dispositivo de liberación acústica.

## 6. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS COMPONENTES PLANTA TERRESTRE

### 6.1 Aterrizaje en playa

Para transportar el cable desde el barco de instalación hasta el BMH, se establece una línea de acarreo desde el barco hasta la costa utilizando embarcaciones menores (Un Pre-Lay Shore End) de apoyo y buzos. La línea de acarreo se conecta al cable del barco. El transporte de equipo en la playa se utiliza para transportar el cable a tierra mientras el barco baja simultáneamente el cable.

Cuando el extremo del cable esté asegurado en tierra cerca del BMH, se abrirá para aislamiento eléctrico y pruebas de fibra.



Figura 44: Trabajos en la playa

Una vez que el cable está conectado a tierra y conectado al BMH, el cable estará protegido con un tubo articulado. Luego se entierra a una profundidad de 1.5 m debajo del nivel del fondo del mar entre el límite inferior de la marea baja a los 15 m de profundidad de agua, usando buzos con herramientas de chorro de agua a presión.



Figura 45: Trabajos de buzos en el fondo (Fuente: SubCom)

### 6.2 Equipo de Alimentación Eléctrica (PFE: Power Feed Equipment)

Un sistema de cable submarino consiste en una planta sumergida con estaciones terminales. La planta sumergida comprende el cable, los repetidores y, según el sistema, las unidades de ramificación y las unidades de eculización pasiva. El cable consta de fibras ópticas para la transmisión de datos y un núcleo de cable metálico para alimentar corriente eléctrica a los repetidores.

La planta sumergida requiere corriente constante, y el propósito del PFE es suministrarla.



Figura 46: Modelo de PFE en un rack de una columna (Fuente: SubCom)

Para un sistema de extremo a extremo en funcionamiento normal, repetidores sumergidos a lo largo del enlace son alimentados desde la estación terminal. El PFE alimenta de un solo extremo el cable desde una de las terminales.

La alimentación del sistema para los segmentos repetidores es proporcionada por el PFE en las estaciones de aterrizaje de cable (CLS: Cable Landing Station). La redundancia se incluye en todos los diseños de PFE para una operación de alta confiabilidad.

Para el diseño de bajo voltaje (LV), se utilizan dos convertidores de potencia idénticos y eléctricamente independientes para lograr una alta confiabilidad. El diseño de alto voltaje (HV) utiliza un diseño de redundancia N+1. Tres o más convertidores activos proporcionan energía al sistema submarino. Si uno de los convertidores se apaga, los N convertidores restantes ajustan automáticamente sus salidas para manejar la carga.

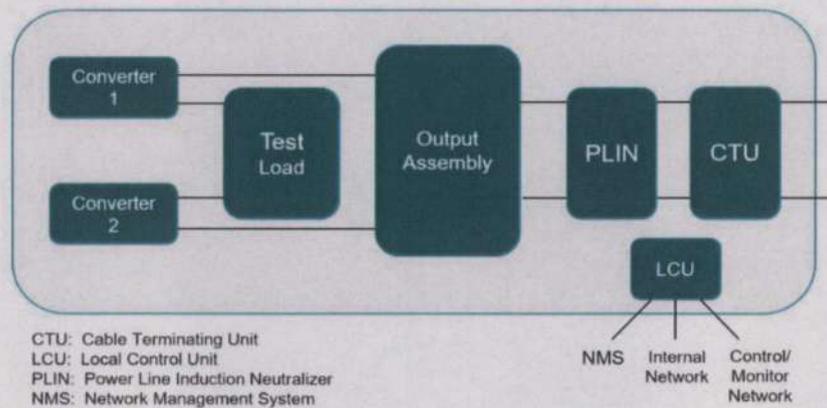


Figura 47: Esquema del PFE de baja tensión (Fuente: SubCom)

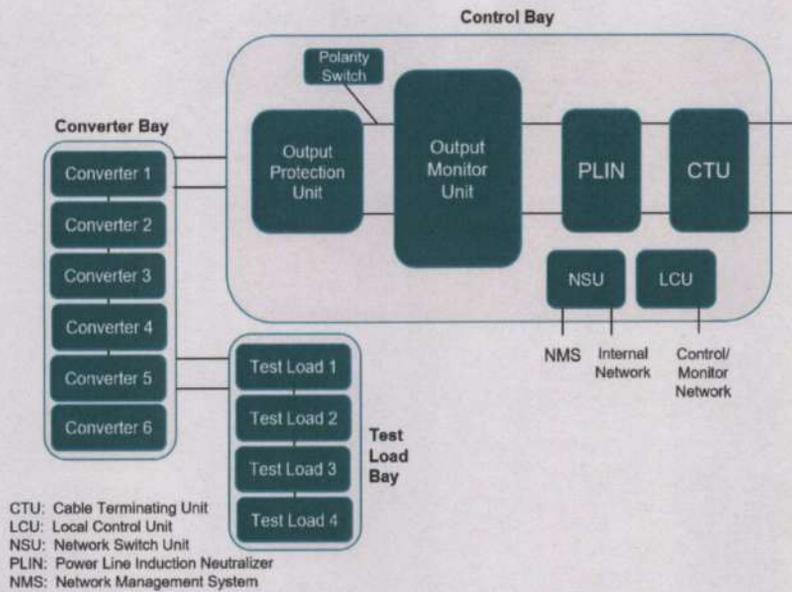


Figura 48: Esquema del PFE de alto voltaje (Fuente: SubCom)

La configuración de alimentación troncal SEF (Single End Feeding) consiste en alimentación por dos extremos desde los CLS de Praia Grande y Myrtle Beach, que están equipados con PFE de alto voltaje (18 kV). Cada segmento derivado recibe energía de un PFE de bajo voltaje (5 kV) en el CLS del ramal. Esta configuración de alimentación del sistema se muestra en la Figura 49.

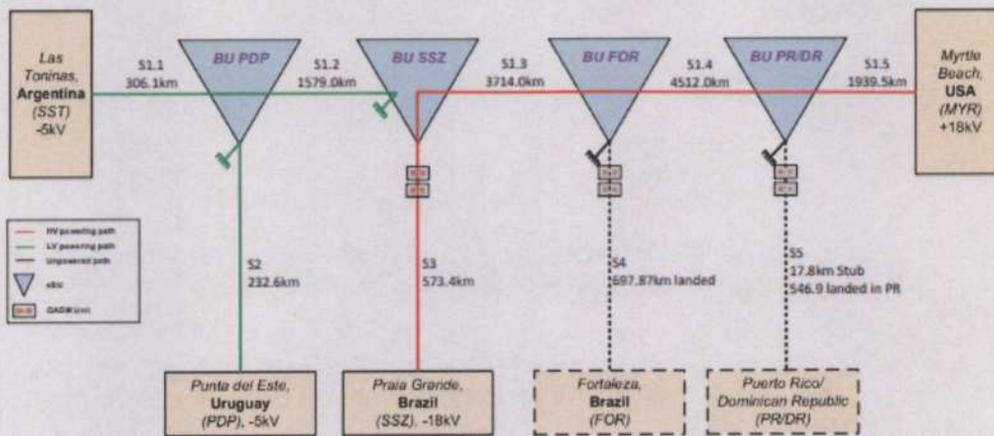


Figura 49: Configuración de alimentación de FIRMINA (Fuente: SubCom)

La alimentación de un solo extremo durante las condiciones de falla de derivación es compatible con cualquiera de los dos CLS en inicio de vida (BOL: Beginning Of Life) y en fin de vida (EOL: End of Life), ya que la tolerancia de desviación del potencial de tierra en fin de vida se limita a 0,01 V/km). SubCom presentó un artículo en SubOptic 2019 sobre "Ciclos solares y voltajes en el potencial de la tierra"<sup>1</sup>. Establecido en ese documento, SubCom recomienda usar una tolerancia (EPA: Earth Potential Allowances) reducida para el cálculo de fin de vida en configuraciones SEF. Los parámetros de alimentación de un solo extremo que se utilizan para calcular los voltajes PFE requeridos para cada segmento se muestran en la Tabla 9: Voltajes del sistema FIRMINA.

<sup>1</sup> <https://suboptic2019.com/co-chair-papers-portal/entry/559/>

Segment(s)	Trunk: Prala Grande – Myrtle Beach	Trunk Repair Allowance	Las Toninas – BU SSZ	Punta del Este – BU PDP (S2)	Fortaleza – BU FOR (S5) (Option)
Length (km)	10,739	133	1885	233	698
Line Current (A)	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817
Cable Resistance (Ohms/km)	1.33 and 0.83	0.96 and 0.83	0.96	0.83	0.83
Total Cable Voltage (Volts)	11,435	112	1478	158	473
Number of Repeaters	122	6	22	3	8
Number of Fiber Pairs	12 / 24	12 / 24	16	20	16
Voltage Drop per Repeater	43.0 / 85.5	46.6 / 89.1	60.8	74.9	60.8
Total Repeater Voltage (Volts)	5547	322	1337	225	486
Number of eBU	3	0	1	0	0
Voltage Drop per eBU	102	102	102	102	102
Total eBU Voltage (Volts)	307	0	102	0	0
Number of WSS ROADMs	2	0	0	0	2
Voltage Drop per WSS ROADM	263	263	263	263	263
Total WSS ROADM Voltage	527	0	0	0	527
Earth Potential (Volts/km)	0.01	0.01	0.05	0.05	0.05
Total EPA Voltage	107	1	94	12	35
Total Segment / Branch Voltage	17,923	436	3012	394	1595
PFE Type	HV - 18kV		LV - 5kV	LV - 5kV	LV - 5kV

Tabla 9: Voltajes del sistema FIRMINA (Fuente: SubCom)

La salida de los convertidores se puede regular tanto en regulación por corriente o por voltaje. Durante la operación normal, se regula por corriente. Si el voltaje sube por encima de un nivel predeterminado, el regulador por voltaje toma el control y limita el voltaje.

En los sistemas de cable ramificado, las estaciones terminales se ramifican desde la troncal principal que cuenta con su propio PFE. Estas estaciones terminales suministran energía a los repetidores sumergidos en su propia rama, que luego se conecta a tierra en la unidad de ramificación (BU).

El conjunto de módulos que componen el PFE a suministrar por SubCom para el proyecto FIRMINA consta de los siguientes elementos:

- ✓ Módulo de control
- ✓ Módulo convertidor de potencia
- ✓ Módulo convertidor de potencia duplicado
- ✓ Módulo de carga simulada

El PFE comprende varias celdas dependiendo de la potencia máxima de salida necesaria. Los convertidores de potencia se utilizan para convertir el suministro de la estación de 18 kV; para la salida solo se requiere un convertidor de potencia que sea alojado en el módulo de control.

El PFE monitorea los siguientes parámetros de voltaje y corriente:

- ✓ Voltaje y corriente de salida PFE
- ✓ Voltaje y corriente de salida del convertidor
- ✓ Corriente desbalanceada PFE
- ✓ Corriente de retorno PFE



- ✓ Corriente de tierra de la estación
- ✓ Voltaje de tierra en el océano

El PFE proporciona los siguientes tipos de alarmas:

- ✓ Visual principal
- ✓ Audible principales
- ✓ Visual secundaria
- ✓ Audible secundaria

El PFE ofrece varias características remotas asociadas con las alarmas, que incluyen:

- ✓ Corte remoto
- ✓ Interfaz remota de alarma de estación para comunicar las alarmas al Centro de Operaciones de Red (NOC).

El diseño PFE proporciona protección de alto voltaje tanto del personal operativo como del equipo, que incluye:

- ✓ Dispositivos de seguridad que se extienden entre las bahías para evitar que el personal entre en contacto con los circuitos de alto voltaje. (Solo diseño de alto voltaje)
- ✓ Una sonda de tierra aislante que permite descargar puntos de alto voltaje a tierra.
- ✓ Un interruptor de cable que aísla todo el PFE de alto voltaje para permitir de forma segura que el personal preste servicio al PFE local, mientras el sistema todavía se alimenta desde el segundo PFE (alimentación de doble extremo).
- ✓ Todas las conexiones de terminales se realizan dentro del equipo y los voltajes están cubiertos con barreras aislantes.

El PFE contiene las siguientes características para proteger aún más al personal operativo de los peligros de alto voltaje:

- ✓ **Apagado de emergencia local y remoto**, que permite al personal des-energizar todo el PFE.
- ✓ **Función de apagado automático** que actúa si no se han alcanzado los umbrales de voltaje y corriente de entrada, se han excedido los umbrales de voltaje y corriente de salida y / o se han excedido los límites de temperatura.
- ✓ **Dispositivo de llave cautiva** que evitan que el personal acceda inadvertidamente a áreas de alto voltaje.

## 6.2.1 Módulo de control

8 Line Monitoring Equipment (LME)	
8.01 Wet plant supervisory equipment name	G4e Line Monitoring Equipment
8.02 Line supervisory signal Transmission method	ASK (2 to 50 usec pulse width)
8.03 Line supervisory response reception method	Direct Detection
8.04 Line supervisory coupler Insertion Loss/Gain specifications	10/90 couplers
Line supervisory maximum and minimum Input power	
8.05 specifications	0 to +10 dBm
Line supervisory maximum and minimum Output power	
8.06 specifications	-25 to +5 dBm
Northbound Supervisory interface type	
8.07 (e.g. SNMP, TL1, REST API)	REST API

Tabla 10: Características técnicas del módulo de control (Fuente: SubCom)

## 6.2.2 Interfaz de "Cable Abierto – Open Cable" de SubCom

La Interfaz de Cable Abierto (OCI: Open Cable Interface) de SubCom sirve para monitorear y controlar cada par de fibra del cable abierto. El sistema de Cable Abierto proporciona al operador de cada par de fibras la posibilidad de adquirir el equipo de cabecera de línea LTE (Line Terminating Equipment) de forma independiente para cada par de fibras en función de los requisitos técnicos, comerciales y de operación de red.

Una vista esquemática de un sistema con tres terminales se muestra en la imagen a continuación. En cada estación terminal, cada par de fibra tiene un sistema OCI de SubCom y el equipo de cabecera de línea LTE suministrado por el cliente.

## SUBCOM OPEN CABLE

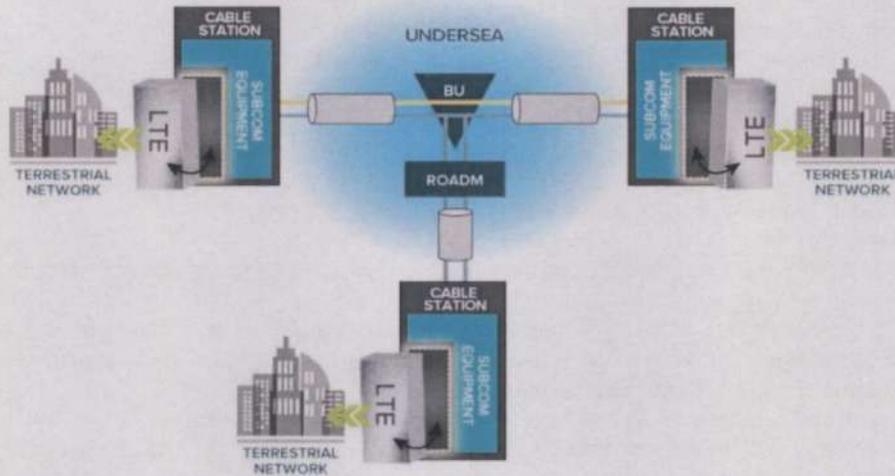


Figura 50: SubCom Open Cable

### 6.2.3 Gestión y supervisión del sistema

La gestión de manejo del sistema de cable FIRMINA estará hecha por del sistema de gestión de redes submarinas de Google.

El sistema de gestión está dedicado al manejo de redes submarinas, proporcionando funciones como gestión de fallas, gestión de rendimiento, gestión de seguridad y gestión de configuración. sirve actividades de operación y mantenimiento (O&M) también con tareas periódicas e instalaciones de detección y localización de fallas.

El Sistema de monitoreo en Línea de SubCom (LMS) proporciona monitoreo del estado de un sistema de cable submarino basándose en las medidas obtenidas por los sistemas LME-HLLB de las diferentes estaciones con el sistema en operación.

Los equipos del sistema de monitoreo en línea incluyen conjuntos de circuitos de LME, Unidades Ópticas Comunes (COU: Common Optic Units) para cada par de fibras y bucles de retorno de alta pérdida (HLLB: High Loss Loop Back) en cada par amplificador en los repetidores submarinos.

El proceso de monitoreo en línea se controla a través del Sistema de Gestión de Red (NMS: Network Management System) con Interfaces Gráficas del Sistema de Monitoreo.

Cuando se detecta un cambio en el sistema, el NMS proporciona al usuario una alarma automática e información del estado del sistema.

El LMS contiene módulos para cubrir las siguientes funciones:

- ✓ Administrador de elementos.
- ✓ Administrador de red.
- ✓ Funciones administrativas.
- ✓ Red de comunicación de datos (DCN).

El sistema de monitoreo de línea SubCom (LMS) controla el estado de la planta submarina a lo largo del tiempo, en función de los datos de monitoreo de los circuitos del equipo de monitoreo de línea (LME) en las estaciones terminales y las rutas de monitoreo de bucle de retorno de alta pérdida en los pares amplificadores de los repetidores submarinos. El NMS soporta una función LMS Manager para programar y coordinar la actividad de medición LMS en todas las localizaciones del sistema. El NMS proporciona un análisis automático de conjuntos de datos LME para detectar fallas en las bombas láser y cambios en la pérdida óptica en la ruta de transmisión a lo largo del tiempo. Dependiendo de las decisiones de diseño, estos resultados se pueden usar para rastrear los cambios en las características generales de pérdida de amplitud y ganancia del amplificador que se incluyen en una "Tabla de parámetros reportables" (RPT: Reportable Parameter Table) y se almacenan a lo largo del tiempo.

### 6.2.4 Interfaz API ReST

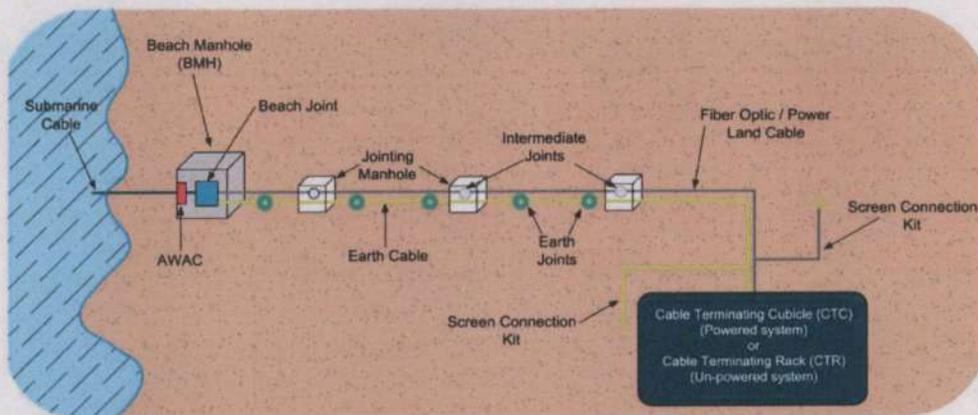
Las API (interfaz de programación de aplicaciones) basadas en ReST (transferencia de estado representacional) de SubCom Ocean Control y las alarmas Websocket proporcionan una capacidad de retroalimentación ascendente de información (NBI: Northbound Interface). Estas características brindan capacidad de programación de red para sistemas NMS de nivel superior, como los sistemas OSS proporcionados por el cliente que administran redes definidas por software (SDN: Software Defined Network).

Las funciones de API soportadas incluyen la gestión de la configuración y la recuperación de información de alarmas y rendimiento. SubCom es el primero en la industria en ofrecer interfaces ReST API para sus equipos, lo que les permite a sus clientes desarrollar monitoreo y control de equipos personalizados. Para elementos de red submarina configurables, los comandos API se ejecutan a través de NMS, con comunicación submarina ejecutada a través de la robusta distribución de los circuitos CRE en múltiples estaciones.

### 6.3 Componentes de la ruta terrestre

La ruta terrestre entre el BMH del cable submarino de la costa y las estaciones terminales comprende varios tipos de cable que aseguran la continuidad de las funciones ópticas / eléctricas / de puesta a tierra.

Además, se utilizan varios componentes ubicados a lo largo de la ruta terrestre con fines de unión, puesta a tierra y anclaje de los cables y elementos del sistema.



Confidential and Proprietary | © 2022 SubCom, LLC

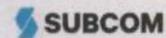


Figura 51: Componentes de la ruta terrestre. (Fuente: SubCom)

Los tipos de cables que se utilizaran en el proyecto FIRMINA son los siguientes:

- ✓ Cable combinado eléctrico y óptico (LCP)
- ✓ Cable terrestre de Potencia
- ✓ Cable terrestre de puesta a Tierra

### 6.4 Características técnicas de los cables eléctricos utilizados

Tabla 11: Cable de potencia y cable de tierra MV-90 1/C#6 AWG cable conductor compacto blindado Okoguard de Okolene

Cable Type	MV-90
Overall Diameter – inches (mm)	0.710 (18)

RE-2022-42939980-APN-AMEYS#ENACOM



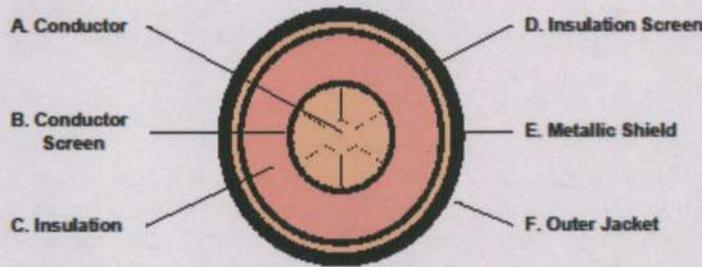


Product Data Sheet  
 Manufactured Special  
 115-23-3910



1/C, 8kV Rated, 133% Insulation Level, Type MV-90

- A. CONDUCTOR: #6 AWG Compact Round Class B Strand Copper
- B. CONDUCTOR SCREEN: Extruded Semiconducting (SC-EPR)
- C. INSULATION: 140 Extruded Ethylene Propylene Rubber OKOGUARD®
- D. INSULATION SCREEN: Extruded Semiconducting (SC-EPR)
- E. METALLIC SHIELD: .005" Bare Copper Tape Shield with 15% Minimum Overlap
- F. JACKET: 068 Extruded OKOLENE® LLDPE (Linear Low Density Polyethylene)



Dimensions	Thickness (in.)		Diameter (in.)		Cable Description 115-23-3910
	Nominal	Minimum Point	Nominal		
Conductor	N/A		0.171		1/C #6 CLASS B COPPER C-RD -SS- 140 OKOGUARD EPR - 024 SC EPR - 005 COPPER TAPE (10% MIN LAP) - 068 OKOLENE PE - SEQ PRINT - 8KV  TEMPERATURE RATINGS 105°C - Continuous, 140°C - Emergency 250°C - Short Circuit
Cond. Screen	0.015	0.012	0.201		
Insulation	0.140	0.135	0.497		
Insul. Screen	0.027	0.024	0.557		
Metallic Shield	0.005		0.569		
Outer Jacket	0.068	0.060	0.717		
Cable Weight (lbs./M'):			306		



OKONITE MANUFACTURED SPECIAL

.C.

Industry Standards: AEIC CS8-13, ICEA S-93-639/S-97-682, UL 1072.

APPROVED BY:	Okonite Product Code 115-23-3910			Date: 04/10/19
PREP. BY RWP 08/22/18 RNR	SCALE None	SERIAL NO. 72947	DRAWING NO. T - 40705	
PRINT LEGEND: OKONITE (PLT) #6 AWG CPT CU OKOGUARD EPR 8KV 133% INSUL LEVEL 140 MILS 105C SHLD PE INSUL JKT (LIGHTING BOLT) (YEAR) (SEQUENTIAL NUMBER)				

www.okonite.com

Cable Dimensions are Subject to Normal Manufacturing Tolerances.  
 Cable Image is representative and meant to display individual cable components and is not to scale.

Figura 53: Características del cable terrestre de puesta a tierra

### 6.5 Equipo de Cabecera de Línea LTE (Line Terminating Equipment)

Google utilizará equipamiento de multiplexación por división de longitud de onda (WDM: Wavelength Division Multiplexing) provista por un fabricante de equipos líder, como por ejemplo el Nokia 1830.

RE-2022-42939980-APN-AMEYS#ENACOM

El chasis 1830 PSI-L es un nodo altamente configurable para su uso en sistemas submarinos, proporciona conectividad y eficiencia a escala web sin precedentes entre los centros de datos y los puntos de presencia (PoP: Points of Presence), al tiempo que proporciona las herramientas para optimizar los recursos y la capacidad de la fibra. El 1830 OLS SLTE ofrece escalabilidad completa desde la actualización más pequeña hasta los sistemas nuevos más grandes que aprovechan la plataforma 1830 PSI-M actual para una evolución e integración perfectas.

El 1830 OLS es una plataforma de multiplexación por división de longitud de onda densa (DWDM: Dense WDM) diseñada para maximizar la capacidad y el alcance de la transmisión submarina. Tiene las siguientes características y beneficios:

- Proporciona una extensión de conectividad de red submarina de hasta 14 000 km a puntos de presencia (PoP) en el interior con soluciones para reducir el uso de fibra terrestre y submarina, al tiempo que ofrece protección de rutas terrestres desde el pozo de playa hasta el PoP.
- Proporciona una capacidad ultra alta para los nuevos sistemas de cable y desafía los límites de los cables existentes utilizando características de ingeniería de espectro para optimizar el uso de cada parte del espectro
- Utiliza la flexibilidad total de una sola tarjeta de línea coherente que proporciona velocidades de línea de 200G / 300G / 400G / 500G / 600G para una fácil conexión y reproducción, con configuración y aprovisionamiento simplificados.
- Enruta el tráfico a múltiples pares de fibra con cambio de color de la señal a la velocidad de línea óptima por par de fibra.

El 1830 OLS también proporciona una capacidad única de conexión multigrado que optimiza el gasto operacional (OPEX: Operational Expenditure) al reducir el espacio ocupado y el consumo de energía. Su diseño térmicamente eficiente permite acomodar cualquier combinación de tarjetas en el chasis 1830 PSI-L y puede configurarse para proporcionar una familia de nodos para extensiones terrestres con mecanismos de protección rentables (función Layer-0 GMPLS, OLP, OMSP). Como ejemplo de los altos niveles de capacidad que ofrece el 1830 OLS, un ancho de banda de repetidor de 36nm puede admitir los siguientes canales:

- Hasta 136 canales DWDM con espaciado de 33 GHz
- Hasta 90 canales DWDM con espaciado de 50 GHz
- Hasta 60 canales DWDM con espaciado de 75 GHz
- Hasta 45 canales DWDM con espaciado de 100 GHz

La siguiente figura muestra la arquitectura funcional del 1830 OLS como SLTE (Subsea line terminating equipment)

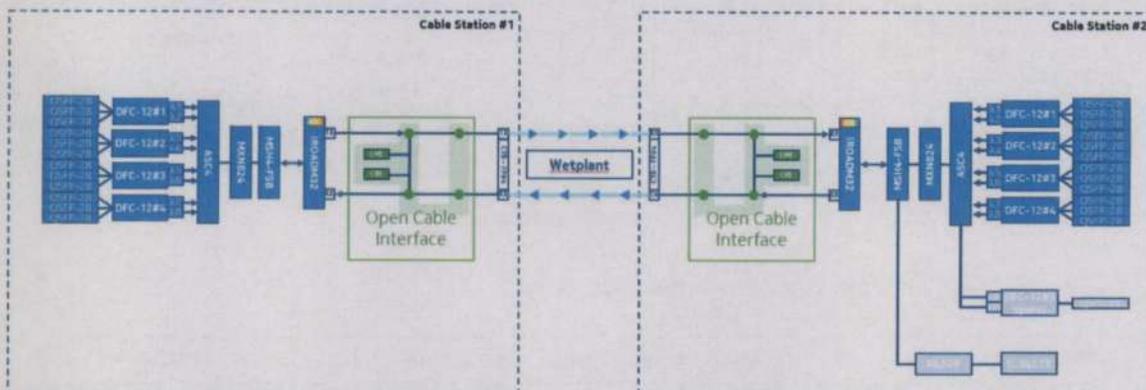
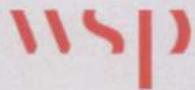


Figura 54: Arquitectura funcional del 1830 OLS

La parte de transmisión del transponder convierte la señal en blanco y negro del equipo del cliente en una señal de color con la corrección de errores y las características ópticas requeridas para la transmisión DWDM sobre una línea submarina ópticamente amplificada. Las señales de diferentes colores se multiplexan, creando el agregado óptico que se transmitirá a lo largo de la línea óptica y el postamplificador amplifica la señal para inyectar la potencia óptica adecuada en la línea. Las unidades de supervisión gestionan los mensajes de supervisión a los equipos sumergidos, utilizando amplificación Raman para sobremodular la señal añadida a baja frecuencia.

Si el diseño de la línea submarina lo requiere, particularmente cuando se trata de actualizaciones, se puede aplicar una compensación de dispersión óptica de baja latencia a cada canal en los lados de transmisión y recepción para optimizar el rendimiento de la transmisión óptica.

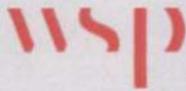


En el extremo receptor del sistema, la señal se amplifica y se multiplexa para separar todas las longitudes de onda recibidas. Cada longitud de onda se envía a un transpondedor Rx apropiado donde se detecta la señal, se corrigen errores y se convierte en una señal en blanco y negro en la interfaz cliente.

RE-2022-42939980-APN-AMEYS#ENACOM

## 7. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 General del recorrido .....	3
Figura 2: Llegada del cable a Las Toninas .....	4
Figura 3: Posición del tendido de cable y BMH (línea roja) .....	4
Figura 4: Mapa de ubicación .....	5
Figura 5: configuración de conectividad de la red de fibra óptica .....	7
Figura 6: Tramo Principal (Fuente: SubCom) .....	8
Figura 7: relevamiento de ruta .....	9
Figura 8: Estudio de la ruta marina .....	10
Figura 9: Ejemplo de selección de ruta .....	10
Figura 10: El cable SL17LW.....	14
Figura 11: El cable SL17 LWA .....	15
Figura 12: El cable SL17 DA .....	15
Figura 13: El cable SL17 SPA.....	16
Figura 14: Características Generales del cable de fibra óptica (Fuente: SubCom) .....	16
Figura 15: Instalación del cable submarino .....	17
Figura 16: Ánodos en línea. (Fuente: SubCom).....	18
Figura 17: Detalles del BMH .....	19
Figura 18: Vista general de la ruta marítima en Las Toninas (Fuente: SubCom) .....	20
Figura 19: Vista general de la ubicación del BMH en Las Toninas (Fuente: SubCom) .....	21
Figura 20: Vista general de llegada a Las Toninas (fuente: SubCom).....	21
Figura 21: Vista lateral del aterrizaje. Tendido en aguas someras del cable.....	21
Figura 22: Vista general de la ruta terrestre hasta la Estación Terrestre (CLS) en Las Toninas (Fuente: SubCom) .....	22
Figura 23: Bloque de anclaje del cable- Av. Costanera. Se muestra las grapas de varilla de acero para amarre y transporte mínimas. Esta figura esta destinado a mostrar las dimensiones mínimas internas, soportes y otras características típicas. 22	
Figura 24: detalle de cañería articulada .....	23
Figura 25: Detalle de bridas de anclaje .....	23
Figura 26: Estación Terrestre (CLS) de Lumen .....	24
Figura 27:: Estación Terrestre (CLS) de Lumen .....	24
Figura 28: Instalación de cable sobre fondo marino a más de 1 000m de profundidad (Fuente: SubCom) .....	25
Figura 29: Embarcación instaladora de tipo Reliance Class de SubCom (Fuente: SubCom) .....	26
Figura 30: Esquema de dirección del cable y dirección del tendido. Operación típica de arado donde el arado a menudo será 2-3 veces la profundidad del agua detrás del barco. Fuente: SubCom .....	26
Figura 31: Modelo de equipamiento para el arado del lecho marino (Fuente: SubCom).....	27
Figura 32: Esquema de operaciones PLB por ROV.....	27
Figura 33: Esquema de operaciones PLB por ROV.....	28
Figura 34: Localización del cable en la PCA.....	28
Figura 35: Vista de Red Submarina Fuente: SubCom .....	28
Figura 36: Esquema de arquitectura de un amplificador con 4 bombas y 8 fibras (Fuente: SubCom) .....	31
Figura 37: Vista del repetidor SubCom Amp-Quad (Fuente: SubCom) .....	31
Figura 38: Vista del repetidor SubCom Amp-Quad (Fuente: SubCom) .....	32
Figura 39: Vista del repetidor SubCom Amp-Quad (Fuente: SubCom) .....	32
Figura 40: Vista del repetidor SubCom Amp-Quad (Fuente: SubCom) .....	32
Figura 41: Nodo OADM (Fuente: SubCom) .....	33
Figura 42: Nodo OADM con WSS ROADM (Fuente: SubCom).....	34
Figura 43: Branching Unit (BU) .....	34
Figura 44: Trabajos en la playa.....	37
Figura 45: Trabajos de buzos en el fondo (Fuente: SubCom) .....	37
Figura 46: Modelo de PFE en un rack de una columna (Fuente: SubCom) .....	38
Figura 47: Esquema del PFE de baja tensión (Fuente: SubCom) .....	38
Figura 48: Esquema del PFE de alto voltaje (Fuente: SubCom) .....	39
Figura 49: Configuración de alimentación de FIRMINA (Fuente: SubCom) .....	39
Figura 50: SubCom Open Cable .....	42
Figura 51: Componentes de la ruta terrestre. (Fuente: SubCom).....	43
Figura 52: Características del cable terrestre de potencia.....	44
Figura 53: Características del cable terrestre de puesta a tierra .....	45
Figura 54: Arquitectura funcional del 1830 OLS .....	46



## 8. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Segmentos del sistema FIRMINA .....	6
Tabla 2: Componentes del sistema por subsistema .....	7
Tabla 3: Tipos de cable por tramo.....	12
Tabla 4: Características de los cables (Fuente: SubCom).....	13
Tabla 5: Resumen de las características eléctricas de los cables .....	14
Tabla 6: Profundidad de cada segmento .....	30
Tabla 7: Características técnicas del repetidor (Fuente: SubCom).....	32
Tabla 8: Características técnicas de la BU (Fuente: SubCom).....	35
Tabla 9: Voltajes del sistema FIRMINA (Fuente: SubCom).....	40
Tabla 10: Características técnicas del módulo de control (Fuente: SubCom).....	41
Tabla 11: Cable de potencia y cable de tierra MV-90 1/C#6 AWG cable conductor compacto blindado Okoguard de Okolene .....	43

## 9. ANEXO I ENCOMIENDA PROFESIONAL



**Consejo Profesional de Ingeniería  
de Telecomunicaciones, Electrónica y Computación**

Decreto-Ley 6070/58 - Ley 14467 - Jurisdicción Nacional



### CERTIFICADO DE ENCOMIENDA

Nro: XHJM060 Emitido el 29-04-2022 16:07:37

El Consejo Profesional de Ingeniería de Telecomunicaciones, Electrónica y Computación certifica que ha registrado la encomienda de tarea profesional abajo mencionada que se encuadra en él, a solicitud del comitente y del/los profesional/es a cargo de la tarea especificada en ella. Este/os último/s está/n inscripto/s en la matrícula de este Consejo Profesional y en condiciones de ejercer las funciones atinentes a su título. La presente encomienda incluye la facultad del profesional para tomar vista y solicitar copia de las actuaciones administrativas.

#### Profesional:

Nombre y Apellido: **JUAN PABLO COSENTINO** Matrícula: **16681**  
 Título: **INGENIERO EN ELECTRONICA OR TELECOMUNICACIONES**  
 Correo Electrónico: **jpcoentino@gmail.com** Teléfono/Fax: **1131918782**  
 Domicilio Legal: **RIO HONDO 500**

#### Tareas Involucradas:

Código	Descripción	Objeto
T-GAC	GESTION AUTORIZACION ANTE ENACOM	Presentacion de solicitud de ingreso de cable submarino - Proyecto FIRMINA - a territorio Argentino. Localizacion Las Toninas, Partido de la Costa, Provincia de Buenos Aires, Republica Argentina.

#### Comitente:

Nombre y Apellido: **GOOGLE INFRAESTRUCTURA CUIT: 30715950576**  
**ARGENTINA S.R.L**  
 Correo Electrónico: **gonzalo.vacaarenaza@gmail.com**  
 Domicilio Legal: **Florida 910 2 B CABA** Teléfono/Fax: **115424-1800**  
 Localidad: **Ciudad autonoma de buenos aires, (C.P.A. CP 1005AAR), buenos aires, argentina**

#### Adjuntos

Nombre	Digesto
adobe_scan_29_abr_2022.pdf	a47b6d70fe657b5e7a6e18b6a3a00ab0b872a72a3b2441896a40f7cf92df59bb

#### Domicilios

Domicilio	Georeferencia
Las Toninas (7106) Partido de la costa buenos aires Argentina	

Certificado de Encomienda conformado en base a la Solicitud de Encomienda Nro. 66196-1 del 29-04-2022 15:49:35

Este documento ha sido firmado electrónicamente según lo normado por la Ley 25.506 de Firma Digital.

Disponible su descarga desde la url [https://ce.copitec.org.ar/index.php?vipagina=encotbencomien\\_dl&anonimo=1&webgui=1](https://ce.copitec.org.ar/index.php?vipagina=encotbencomien_dl&anonimo=1&webgui=1) ingresando el Nro. de resolución: XHJM060

Procesado en 0,12 segundos



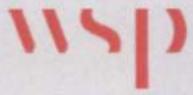
Gestión de Encomiendas \ Permite conducir y controlar el proceso de evaluación de solicitudes de encomiendas

Fecha de generación 29-04-2022 16:07:37

Las fechas están expresadas en huso horario GMT -3

Página 1 / 1

RE-2022-42939980-APN-AMEYS#ENACOM



RE-2022-42939980-APN-AMEYS#ENACOM



República Argentina - Poder Ejecutivo Nacional  
Las Malvinas son argentinas

**Hoja Adicional de Firmas**  
**Presentación ciudadana**

**Número:** RE-2022-42939980-APN-AMEYS#ENACOM

CIUDAD DE BUENOS AIRES  
Lunes 2 de Mayo de 2022

**Referencia:** Presentación de recursos ante ENACOM

---

El documento fue importado por el sistema GEDO con un total de 51 pagina/s.

Digitally signed by Gestion Documental Electronica  
Date: 2022.05.02 15:26:27 -03:00

GONZALO JAVIER VACA ARENAZA  
24269326774  
-

Digitally signed by Gestion Documental  
Electronica  
Date: 2022.05.02 15:26:27 -03:00



República Argentina - Poder Ejecutivo Nacional  
Las Malvinas son argentinas

**Carátula Expediente**

**Número:** PV-2022-42953335-APN-AMEYS#ENACOM

CIUDAD DE BUENOS AIRES

Lunes 2 de Mayo de 2022

**Referencia:** Carátula del expediente EX-2022-42953325- -APN-AMEYS#ENACOM

---

Expediente: EX-2022-42953325- -APN-AMEYS#ENACOM

Fecha Caratulación: 02/05/2022

Usuario Caratulación: TAD AMEYS (TAD\_AMEYS)

Usuario Solicitante: TAD AMEYS (TAD\_AMEYS)

Código Trámite: ENAC00009 - Recursos ante ENACOM

Descripción: Recursos ante ENACOM

Cuit/Cuil: 24269326774

Tipo Documento: DU

Número Documento: 26932677

Persona Física/Persona Jurídica

Apellidos: VACA ARENAZA

Nombres: GONZALO JAVIER

Razón Social: ---

Email: gonzalo.vacaarenaza@gmail.com

Teléfono: 91154241800

Pais: ---

Provincia: CATAMARCA

Departamento: CAPITAL

Localidad: SAN FERNANDO DEL VALLE DE CATAMARCA

Domicilio: Mamerto Medina - 17

Piso: 2

Dpto: ---

Código Postal: 4700

Observaciones: ---

Motivo de Solicitud de Caratulación: Recursos ante ENACOM

Digitally signed by Gestion Documental Electronica  
Date: 2022.05.02 15:43:22 -03:00

TAD AMEYS  
Administrador de Procesos Automáticos  
Área Mesa de Entradas y Salidas  
Ente Nacional de Comunicaciones

Digitally signed by Gestion Documental  
Electronica  
Date: 2022.05.02 15:43:22 -03:00



República Argentina - Poder Ejecutivo Nacional  
Las Malvinas son argentinas

**Recursos ante el ENACOM**

**Número:** RE-2022-42953361-APN-AMEYS#ENACOM

CIUDAD DE BUENOS AIRES

Lunes 2 de Mayo de 2022

**Referencia:** Carátula Variable EX-2022-42953325- -APN-AMEYS#ENACOM

---

Tipo de Recurso: Recursos de Reconsideración

Unidad de Responsabilidad Primaria: Dirección de Asuntos Internacionales

Digitally signed by Gestion Documental Electronica  
Date: 2022.05.02 15:43:24 -03:00

TAD AMEYS  
Administrador de Procesos Automáticos  
Área Mesa de Entradas y Salidas  
Ente Nacional de Comunicaciones

Digitally signed by Gestion Documental  
Electronica  
Date: 2022.05.02 15:43:24 -03:00



República Argentina - Poder Ejecutivo Nacional  
Las Malvinas son argentinas

**Providencia**

**Número:** PV-2022-42953405-APN-AMEYS#ENACOM

CIUDAD DE BUENOS AIRES

Lunes 2 de Mayo de 2022

**Referencia:** Pase electrónico de EX-2022-42953325- -APN-AMEYS#ENACOM

---

Motivo: Motivo pase a funcionario público

Destinatario: AMEYS#ENACOM-PVD

Digitally signed by Gestion Documental Electronica  
Date: 2022.05.02 15:43:27 -03:00

TAD AMEYS  
Administrador de Procesos Automáticos  
Área Mesa de Entradas y Salidas  
Ente Nacional de Comunicaciones

Digitally signed by Gestion Documental  
Electronica  
Date: 2022.05.02 15:43:27 -03:00



República Argentina - Poder Ejecutivo Nacional  
Las Malvinas son argentinas

### Descripción Técnica

Número: IF-2022-42944727-APN-AMEYS#ENACOM

CIUDAD DE BUENOS AIRES

Lunes 2 de Mayo de 2022

Referencia: Otra documentación

---

Documento Embebido TAD

Digitally signed by Gestion Documental Electronica  
Date: 2022.05.02 15:32:15 -03:00

GONZALO JAVIER VACA ARENAZA  
24269326774

Digitally signed by Gestion Documental  
Electronica  
Date: 2022.05.02 15:32:15 -03:00



República Argentina - Poder Ejecutivo Nacional  
Las Malvinas son argentinas

**Solicitud sobre Expediente**

**Número:** IF-2022-43020585-APN-DTD#JGM

CIUDAD DE BUENOS AIRES

Lunes 2 de Mayo de 2022

**Referencia:** Presentación ciudadana – Agregar documentación

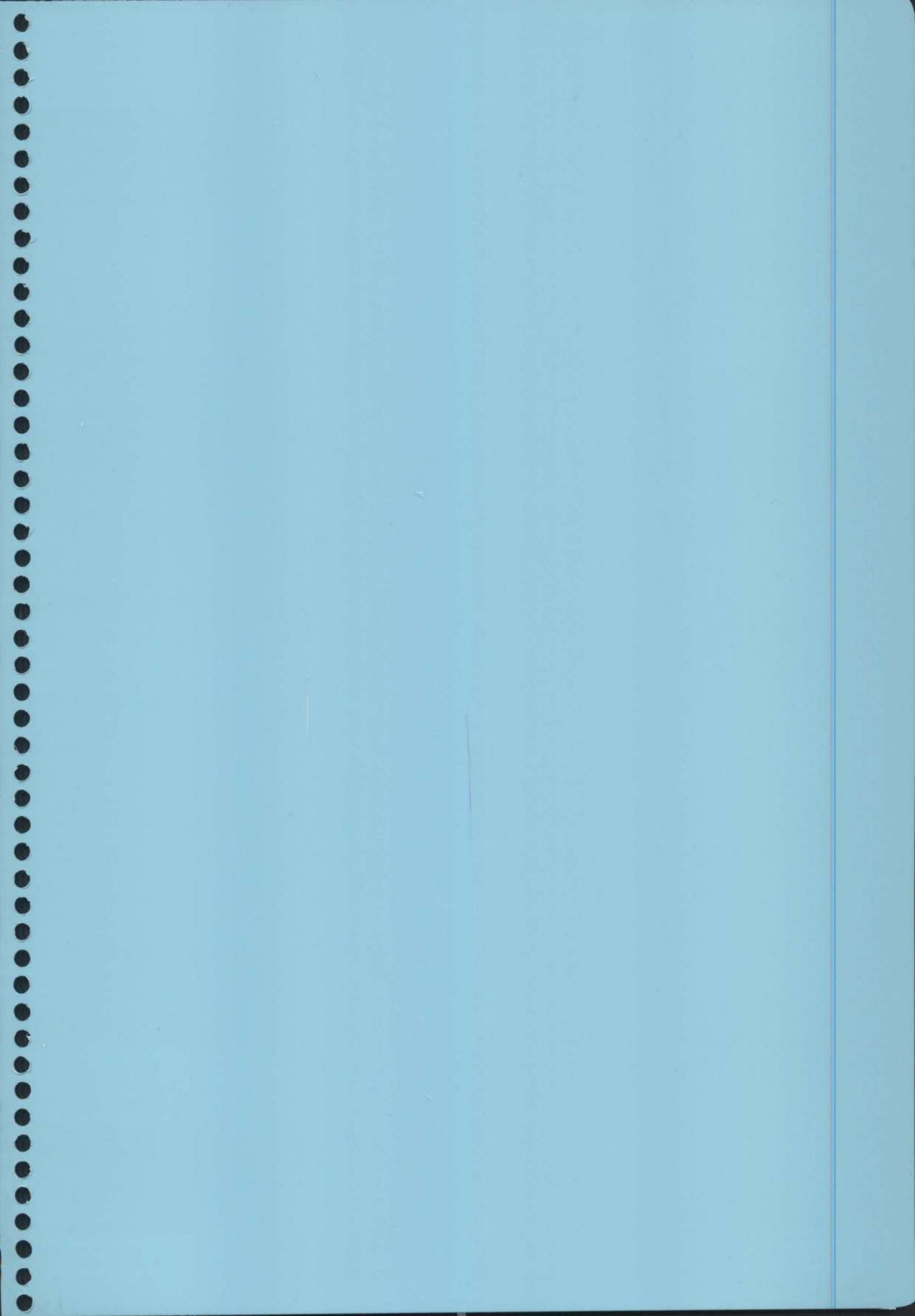
---

REF: Proyecto FIRMINA - Sistema de Cable Submarino en el Mar Argentino. Por la presente se agrega nota complementaria que acompaña las presentaciones realizadas el 02/05/22 en el marco del expediente EX-2022-42953325- -APN-AMEYS#ENACOM, para ser analizadas por la Dirección de Asuntos Internacionales: (i) PV-2022-42953405-APN-AMEYS#ENACOM; (ii) RE-2022-42939980-APN-AMEYS#ENACOM; (iii) RE-2022-42953361-APN-AMEYS#ENACOM; (iv) PV-2022-42953335-APN-AMEYS#ENACOM; y (v) IF-2022-42944727-APN-AMEYS#ENACOM.

Digitally signed by Gestion Documental Electronica  
Date: 2022.05.02 17:27:00 -03:00

GONZALO JAVIER VACA ARENAZA  
24269326774

Digitally signed by Gestion Documental  
Electronica  
Date: 2022.05.02 17:27:00 -03:00





República Argentina - Poder Ejecutivo Nacional  
Las Malvinas son argentinas

**Hoja Adicional de Firmas**  
**Informe gráfico**

**Número:**

**Referencia:** (60218) GOOGLE INFRAESTRUCTURA ARGENTINA SRL - SOLIC. PERMISO PARA LA INSTALACION DE CBLE SUBMARINO EN EL MAR ARGENTINO - PROYECTO FIRMINA (DNPYC)

---

El documento fue importado por el sistema GEDO con un total de 61 pagina/s.

Digitally signed by Gestion Documental Electronica  
Date: 2022.05.05 14:00:59 -03:00

Digitally signed by Gestion Documental  
Electronica  
Date: 2022.05.05 14:01:04 -03:00