

Propuesta para la explotación de los Sistemas de Cable Submarino de Fibra Óptica en Cuba



Por Ing. Ernesto Acosta Torres. Especialista B en Telemática Dpto. de Ingeniería de la Red, División de Servicios Fijos, ETECSA.
ernesto.acosta@etecsa.cu

Introducción

La implementación de los sistemas de cable submarino de fibra óptica en Cuba es una solución viable para resolver las demandas de incremento de ancho de banda y las velocidades de transmisión, reducir las afectaciones climatológicas a la red de telecomunicaciones y acortar las distancias de los enlaces telefónicos entre localidades separadas por ríos, lagos, mares y montañas. Su instalación constituye un reto económico y tecnológico, por lo que es imprescindible establecer una estrategia para su supervisión, mantenimiento y reparación. Las operadoras de estos sistemas en el mundo, formadas por un grupo de empresas con gran experiencia en la actividad, recomiendan crear un plan de medidas que comprenda todas estas acciones en un acuerdo de mantenimiento internacional [1].

En el siglo XIX, los cables telegráficos submarinos instalados en Cuba basaban su seguridad en la protección natural que ofrece el medio marítimo, ya que el mismo no presenta cambios que afecten su integridad. Los cables se enterraban con el movimiento de las mareas y no resultaba fácil interrumpirlos, ni siquiera intencionalmente por motivos bélicos y estratégicos. Sin embargo, hoy los estudios coinciden en que la mayoría de las afectaciones importantes de los sistemas de cable submarino de fibra óptica suceden en la parte húmeda y la fiabilidad del sistema se define por el número de reparaciones que requieren la intervención de un buque cablero y por los fallos en los componentes del sistema en el período de vida nominal —25 años desde la fecha de aceptación provisional— [2-3].

La Empresa de Telecomunicaciones de Cuba, S.A. (ETECSA) ha dado sus primeros pasos en esta tecnología. En este sentido, no se debe obviar que los proyectos de ingenierías además de implementarse deben mantenerse, como mínimo, durante el período de vida útil para el que han sido diseñados. Por tanto, resulta imprescindible proponer una estrategia para la explotación de la técnica instalada, basada en la selección

de aquellas medidas que sean más efectivas y se ajusten a las condiciones reales de la Empresa, teniendo en cuenta las posibles averías y riesgos así como las normas, leyes y características hidrometeorológicas del país.

Sistema de cable submarino de fibra óptica

Principales elementos

Existen numerosos conceptos relacionados con los sistemas de cable submarino de fibra óptica. En el presente trabajo se hará énfasis en la división que aborda la bibliografía respecto a las dos partes fundamentales que lo componen: la planta seca en tierra y la planta húmeda, sumergida en el mar.

En la **planta seca** se encuentran los componentes que permiten transmitir, recibir y controlar las comunicaciones que se envían a través de los segmentos de enlaces submarinos. Estos componentes son el equipo terminal de línea submarina —*Submarine Line Terminal Equipment (SLTE)*— cuya función es transmitir y recibir la información, el equipo generador de potencia para alimentar con corriente eléctrica a los repetidores, el cable terrestre que une la estación de tierra con el cable submarino y el cable de tierra que permite cerrar el circuito eléctrico a través del mar. La **planta húmeda** está compuesta por los elementos que se encuentran bajo el mar: el cable encargado de transportar las señales luminosas de información de una estación a otra, los repetidores que permiten amplificar la señal lumínosa a medida que se desgasta y las unidades de derivación que posibilitan integrar estaciones secundarias a la troncal sin arriesgar la confiabilidad del sistema [4-5].

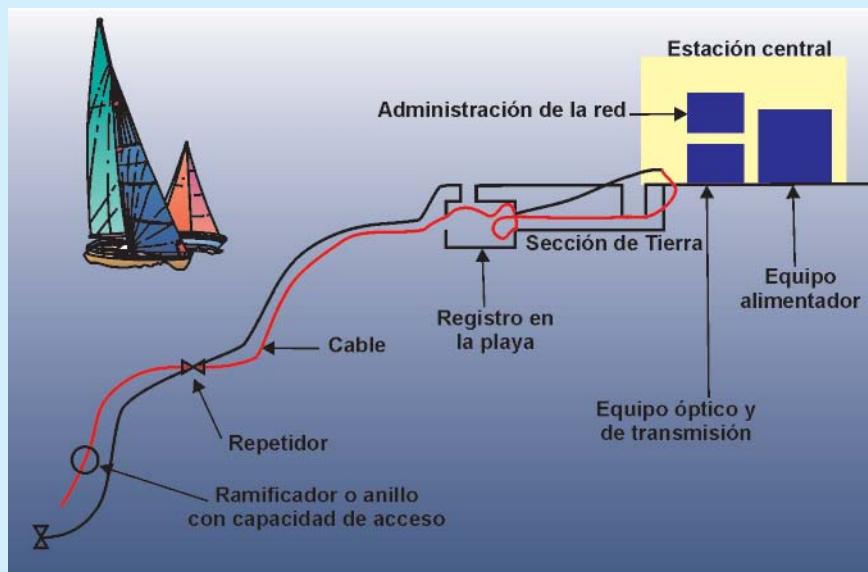


Figura I Elementos de un sistema de cable submarino (Fuente: [6]).

Es importante aclarar que según la distancia del enlace entre estaciones terminales, se emplean o no repetidores o regeneradores de señal. Las pretensiones más inmediatas de Cuba se limitan a establecer una red formando anillos que enlace puntos con distancias entre ellos inferior a 300 km, por lo que no necesitan de amplificadores de señal. Este aspecto es significativo en cuanto a costos, ya que es más barato el despliegue y mantenimiento de un sistema sin regeneradores [7].

Análisis de averías

A partir del estudio sobre las principales averías de estos sistemas en el mundo, se decidió agruparlas por los aspectos comunes que facilitan su solución. Asimismo, se consideraron las afecciones a las recientes instalaciones de fibra óptica submarina en Cuba, la duración de las interrupciones, los costos de reparación y las pérdidas por el tiempo de servicio afectado.

Teniendo en cuenta los criterios que se mencionan a continuación se elaboró una estrategia que incluye un plan de medidas e indicaciones para completar las normas de supervisión, mantenimiento y reparación de la red de fibra óptica de Cuba:

- ♦ Soluciones propuestas por las operadoras internacionales.
- ♦ Identificación de los aspectos que deben ser supervisados desde el proceso de planificación e instalación que pueden generar interrupciones.
- ♦ Encuestas a pescadores de la zona donde están instalados estos cables en Cuba.
- ♦ Estudio de las experiencias de los especialistas que participaron en la reparación de las interrupciones.
- ♦ Definición de las limitaciones económicas, técnicas y estratégicas que presenta ETECSA para cumplir con las medidas recomendadas sobre la operación y el mantenimiento de la parte húmeda.

Debido a que la norma actual de operación y mantenimiento de ETECSA sólo abarca los elementos de la red de fibra óptica que se encuentran en la parte seca, se recopiló información sobre los principales riesgos y averías de la parte húmeda. Para este propósito, se tomaron los reportes de las averías ocurridas en el hemisferio norte del planeta según los datos de los acuerdos de mantenimientos de *Atlantic Cable Maintenance & Repair Agreement (ACMA)* y *Mediterranean Cable Maintenance Agreement (MECMA)* [7].

El análisis de estas averías permitió agruparlas según la profundidad donde ocurren, reflejando que el 53% corresponde a la plataforma continental (≤ 200 m), el 25% al Talud (200-1000 m) y el 22% a las aguas profundas (1000-7000 m).

De igual forma, se identificó cada una de las causas que provocan las interrupciones con el objetivo de clasificarlas en internas y externas. Las internas son las que dependen de las fallas de los elementos que componen el sistema de cable submarino, mientras que las externas están asociadas a las acciones extrínsecas a dicho sistema, como se muestra en la tabla 1.

Causas de averías		
	Causas	Cantidad de fallas
Externas	Actividad pesquera	132
	Anclas	62
	Suspensiones	15
	Dragados/Oleoductos	6
	Terremotos	5
	Mordeduras de peces	4
	Buques cableros	2
	Otros	74
Internas	Repetidor	49
	Corrosión	12
	Ecualizadores	2
	Unidades de derivación	1
	Cajas de empalme	0

Tabla 1 Estadísticas de causas de averías (Fuente: elaboración Propia).

También se estudió el comportamiento de averías por meses, que apunta a las épocas de mantenimiento preventivo y a las alertas con mayor probabilidad de correctivo. Se evidenció un aumento considerable en los primeros y últimos meses del año (Figura 2).

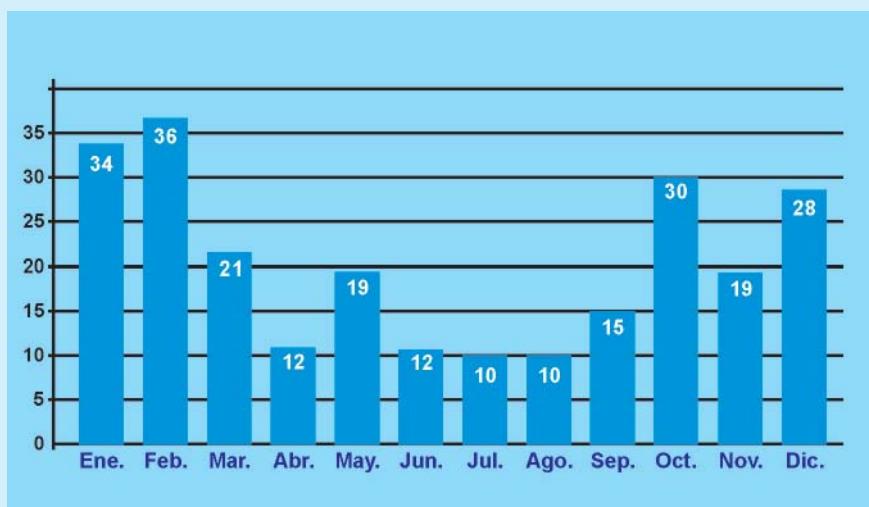


Figura 2 Cantidad de averías por meses (Fuente: [7]).

Se tuvo en cuenta, además, la fiabilidad de la parte húmeda de estos sistemas, que se establece por el número de reparaciones que requieren la intervención de un buque cablero y por los fallos en los componentes del sistema durante su vida nominal, con un promedio de tres fallos para este período [3]. A este concepto se asocia la disponibilidad, la cual suele definirse como la probabilidad de ofrecer las funciones necesarias. Así, para el cálculo de la misma se determinan los siguientes parámetros:

- ♦ *Mean Time To Repair (MTTR)*, que es el tiempo medio de reparación de una interrupción.
- ♦ *Mean Team Between Failures (MTBF)*, que es el tiempo medio entre fallas.
- ♦ *Unavailable Team or Outage (O)*, que es el tiempo de indisponibilidad o fuera de servicio —expresado en minutos por año—.

De esta forma, según [8]:

$$\text{Tiempo Indisponible (O)} = \frac{\text{MTTR}}{\text{MTBF}}$$

$$\% \text{ Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo Total} - \text{Tiempo Indisponible}}{\text{Tiempo Total}} \times 100\%$$

Estudio de las averías en Cuba

Las afectaciones ocurridas en los sistemas recientemente instalados en Cuba corresponden a dos interrupciones en la parte húmeda del enlace submarino que une a Pinar del Río con la Isla de la Juventud y una en el cable de fibra óptica que cruza el canal de Paso Malo para enlazar el Centro Telefónico de Varadero y la Unidad Remota de Abonado (URA) de Santa Martha. De acuerdo a las características de estas tres interrupciones, se puede resumir que ocurrieron en la profundidad de plataforma continental durante los meses de octubre, noviembre y finales de marzo a causa de factores externos del sistema —actividad pesquera y anclas—. Por otra parte, se concluyó que el tiempo promedio de recuperación oscila alrededor de 250 horas por interrupción. En general, las compañías operadoras establecen 240 horas, es decir 10 días, como tiempo límite para resolver las interrupciones que requieren de buques cableros. Se pudiera creer que no hay mucha diferencia, pero esta estadística no es comparable dada las distancias que cubren las compañías operadoras internacionales y la complejidad de los sistemas a reparar. En tales circunstancias no es posible definir la eficiencia de los sistemas cubanos con relación a su % de disponibilidad. De hecho, los especialistas de operación demostraron que el 70% de los tiempos de demora de las reparaciones responden a la fase organizativa por no tener disponible todos los mecanismos necesarios para intervenir. Las pérdidas estimadas oscilan entre 150000-500000 USD dependiendo del tiempo de interrupción —costos de alimentación, hospedaje, materiales a reponer y por tiempo de servicio interrumpido—.

Después de analizar cada interrupción, se identificaron aspectos que constituyen riesgos para estos sistemas:

- ♦ El personal técnico responsable de operar y mantener los sistemas de cable submarino de fibra óptica no participó en el proceso de planificación e instalación de la obra.
- ♦ El personal que realiza actividad pesquera en la zona desconoce la existencia de instalaciones de cables submarinos.
- ♦ Poca experiencia sobre las particularidades técnicas que deben reflejarse en los acuerdos de mantenimientos con las operadoras internacionales de cable submarino que operan en los mares del entorno.
- ♦ ETECSA no posee todo el equipamiento de repuesto ni las herramientas especializadas para solucionar las averías que afectan estos sistemas.
- ♦ La puesta en servicio del sistema de forma provisional sin terminar el enterrado del cable en correspondencia con las especificaciones del proyecto por diferentes causas.

Indicaciones para explotar los sistemas de cable submarino de fibra óptica

Los resultados expuestos evidencian la necesidad de elaborar una estrategia que contemple un plan de medidas que sirva como guía para operar y mantener sistemas con estas características y que contribuya a determinar con precisión el porcentaje de disponibilidad, el tiempo medio de ocurrencia entre fallas y el tiempo medio para solucionarlas. Para ello, la estrategia propuesta va encaminada a identificar las acciones necesarias desde la etapa de planificación de la tarea y aceptación de la obra. Es importante que el especialista encargado de esta tarea haya participado en las labores de planificación y ejecución. Esta etapa es idónea para garantizar el uso correcto de los elementos de red, corregir las imperfecciones de acuerdo a las normas para la instalación e identificar los puntos vulnerables del proyecto que pudieran constituir riesgos de interrupción.

Las acciones deben agruparse según el tipo de mantenimiento.

Acciones para el mantenimiento preventivo

Los sistemas de cable submarino de fibra óptica deben ser insertados en el sistema de gestión y supervisión de la red del país con el objetivo de monitorearlos constantemente y establecer los sistemas de alarma que indiquen la afectación del servicio en tiempo real [4].

El mantenimiento preventivo incluye la realización de las mediciones pertinentes y la inspección técnica de la traza como se describe a continuación.

Mediciones

Las mediciones se realizan fundamentalmente con dos equipos: el kit de potencia y el reflectómetro. Los parámetros a medir son:

- ♦ Verificación de la potencia retrodifundida por tramos entre conector-empalme y empalme-empalme.
- ♦ Verificación de la longitud óptica hasta los empalmes y total del tramo.
- ♦ Verificación de la atenuación de empalmes y conectores.
- ♦ Verificación de la reflexión (pérdidas de retorno) de los conectores.

La periodicidad de este mantenimiento debe ser anual y se efectúa en todas las fibras ópticas, incluidas las que están en servicio y tengan protección. El objetivo final es crear un expediente que almacene el resultado de las muestras. Estos datos servirán para analizar el comportamiento histórico del sistema y valorar los tiempos de vida útil especificados por los fabricantes en los contratos inversionistas [9].

Las mediciones deben aplicarse también a los tambores de cables para comprobar y corregir el estado de las fibras ópticas. En este caso los parámetros ópticos a seguir son:

- ♦ Verificar la atenuación en dB/km para cada fibra óptica del tambor.
- ♦ Calcular el coeficiente óptico/métrico para cada tipo de tambor de fibra óptica.

Esta medición debe realizarse una vez al año y los valores se anotarán en un

modelo que debe quedar archivado. Si fuera necesario utilizar los cables flexibles o los tambores de reserva, se volverán a medir todos los parámetros técnicos de los mismos antes de instalarlos.

Inspección técnica de la traza submarina de la fibra óptica

Esta actividad debe ser contratada a la empresa Estudios Marinos, perteneciente a GEOCUBA, quien se encargará, dada la profundidad de los mares del entorno, de tomar videos con el equipamiento adecuado para identificar si es preciso sustituir algún elemento de la parte húmeda. El trabajo será rectorado por los supervisores de la operación y el mantenimiento de ETECSA. Este último, debe efectuarse en el período comprendido entre el 15 de mayo y el 15 de junio, antes del comienzo de la temporada ciclónica y aprovechando la relativa tranquilidad del mar que facilita las actividades de mantenimiento en la parte húmeda del sistema.



Figura 3 Supervisión de Cable Submarino (Fuente: Internet).

Según las características de la traza, se considerarán las siguientes recomendaciones durante la inspección técnica:

- ♦Realizar una inspección visual de la traza en la zona de atraque, desde los registros ubicados en las cabeceras de las playas hasta donde termina el tubo.
- ♦Filmar las condiciones reales del enterrado del cable en el tramo de fondo marino con sedimentos sueltos, para identificar cualquier variación de los parámetros correspondientes provocada por las corrientes marinas y el deslizamiento de los sedimentos.
- ♦Filmar el estado real de los anclajes en el tramo de fondo con sedimento rocoso. De ser necesario, fijar los anclajes sueltos y restablecer la holgura del cable para evitar tensiones fuera de lo establecido por la norma.
- ♦Indicar a las autoridades de las entidades pesqueras, mediante cartas náuticas y folletos informativos, la ruta marítima del cable.
- ♦Actualizar las cartas náuticas con la cantidad de empalmes y su nueva posición si hubiese alguna variedad en la ruta marítima.
- ♦Gestionar y ofrecer un sistema de reposición de artes de pesca en caso de enganche del cable.

Todas estas acciones deben reflejarse en un documento donde se especifique el trabajo realizado y los responsables de la actividad, entre otros aspectos. Se recomienda la creación de un modelo para este propósito.

Como parte del mantenimiento preventivo es necesaria la habilitación de un depósito que permita almacenar los repuestos para la reparación de averías —cables

submarinos de fibra óptica, empalmes, unidades de derivación, anclajes específicos de este tipo de instalación—. Dada las condiciones topológicas de la Isla, se recomienda la ubicación de un almacén al norte y otro al sur de las provincias centrales, a fin de garantizar los menores tiempos promedios en el traslado hasta cualquier punto de interrupción.

Acciones para el mantenimiento correctivo

Este mantenimiento se llevará a cabo cuando se detecte, por cualquier vía, una avería en el enlace que, aunque no afecte el servicio, deberá ser reparada para evitar un mayor deterioro y la pérdida total del enlace.

Proceso para seccionar y solucionar averías

El sistema debe estar supervisado 24 horas. Generalmente, una interrupción en el enlace genera una variación de los valores de potencia y atenuación de la señal. Si estos valores sobrepasan los toques del rango establecido, se activa una alarma. El supervisor que detecte la alarma informará de inmediato a la unidad organizativa encargada de la operación y el mantenimiento de estos sistemas y a los directivos correspondientes.

Desde la etapa de planificación se deben establecer las vías de respaldo del sistema, ya sea mediante un cierre de anillo con sistemas de cable submarino de fibra óptica, por la red de microondas o satelital. Por estas alternativas de respaldo será reencaminado el tráfico con la prioridad establecida previamente para estos casos.

Una vez notificados a todos los implicados, se procede a seccionar la interrupción. Es importante establecer una estrategia correcta donde estén identificados los especialistas que deben operar de acuerdo al lugar donde se localiza la interrupción. Atendiendo a la estructura organizativa de ETECSA, es conveniente definir las siguientes secciones según el tipo de interrupción:

- ♦Equipamiento y cableado interior
- ♦Cable de fibra óptica terrestre
- ♦Cable de fibra óptica submarino

Por ejemplo, si la interrupción se localiza en el tramo de cable submarino,

su solución será responsabilidad del grupo de fibra óptica encargado de operar y mantener esta técnica instalada, conjuntamente con la empresa a la que se le contrate el servicio, y el apoyo del grupo de supervisión en tierra.

En Cuba, ETECSA es la empresa encargada para operar las redes de telecomunicaciones lo que facilita la cooperación y movilización inmediata de otras instituciones del país que poseen los recursos y las autorizaciones para reparar interrupciones marítimas, sin que medie algún contrato de acuerdo de servicio. Sin Embargo, los gastos que provocan estas emergencias serían disminuidos en gran medida si se sigue la estrategia propuesta en este artículo y se integran estas instituciones con ETECSA para realizar acuerdos de mantenimiento que contemplen la reparación de averías en la parte húmeda de los sistemas de cable submarino de fibra óptica. En este sentido, ya existen especificaciones sobre el equipamiento necesario y las dimensiones del barco que han sido definidas por el grupo de desarrollo responsable de planificar, proyectar e implementar las redes de fibra óptica nacional. Básicamente, lo que se necesita es activar los mecanismos que permitan una coordinación eficiente para explotar los medios disponibles y así disminuir los tiempos de afectación del servicio [1].

Conclusiones

Teniendo en cuenta que ya existen enlaces en Cuba con características de instalación que los clasifican como sistemas de cable submarino de fibra óptica y propuestas de soluciones similares para futuras conexiones, en este documento se proponen las acciones a seguir para inspeccionar, mantener y reparar este tipo de técnica instalada. Al identificar las principales averías y riesgos de estos sistemas, se deduce lo importante y necesario que resulta desde el mismo comienzo de la obra establecer procedimientos de operación y mantenimiento adecuados, cuyo costo es poco relevante ante el valor de la inversión total e inferior a los daños que evita. Estos procedimientos, además, aumentan la calidad del servicio que se presta al cliente, disminuyen los tiempos de interrupción del sistema y alargan su vida útil: todos estos aspectos redundan en rentabilidad económica y financiera. ■

Referencias bibliográficas

- [1]. ITU-T Recommendation G.971-General features of optical fibre submarine cable systems. Julio, 2010. <http://www.itu.int/ITU-T/ipl/> (acceso: octubre 14, 2011)
- [2]. UIT-T Recomendación G. 977-Características de los sistemas de cable submarino de fibra óptica con amplificación óptica. Diciembre, 2006. <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.977-200612-S/en> (acceso: octubre 14, 2011)
- [3]. ITU-T Recomendación G.974-Characteristics of regenerative optical fibre submarine cable systems. Julio, 2007.<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.974-200707-I/en> (acceso: octubre 14, 2010)
- [4]. ITU-T Recomendación G. 972-Definition of terms relevant to optical fibre submarine cable systems. Marzo, 2008. <http://www.itu.int/ITU-T/ipl/> (acceso: octubre 14, 2011)
- [5]. Martínez, I.J.C. "Sistemas de transmisión de cable submarino. Integración de Cuba a la red mundial de cables submarinos". Tesis de Maestría, Universidad Central Marta Abreu, Villa Clara, mayo, 2004.
- [6]. ETECSA. "Estudio del panorama actual y tendencias sobre cables submarinos de fibras ópticas". Documento de trabajo, Centro de Información Científico-Técnica, La Habana, Cuba, Mayo, 2011. <http://www.cict.etecsa.cu/index.php?sel=inicio>. (acceso: enero 15, 2012)
- [7]. IMPEL ACTIVE, S.L. "O&M Gestión y comercialización del cable submarino". Madrid, octubre, 2008.
- [8]. UIT-T Recomendación G. 977-Características de los sistemas de cable submarino de fibra óptica con amplificación óptica. Diciembre, 2006. <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.977-200612-S/en> (acceso:)
- [9]. Smith, David John. *Reliability, maintainability and risk*. 6th edition. Woburn, MA:Butterworth-Heinemann, 2001.
- [10]. ITU-T Recomendación G.976-Test methods applicable to optical fibre submarine cable systems. Julio, 2010. <http://www.itu.int/ITU-T/ipl/> (acceso: enero 15, 2012)