

ESTUDIOS

LA RED GLOBAL DE CABLES SUBMARINOS

GEOPOLÍTICA Y SEGURIDAD
DE UNA INFRAESTRUCTURA CRÍTICA

RAFAEL GARCÍA PÉREZ

INCLUYE LIBRO
ELECTRÓNICO

MARANZADI

© Rafael García Pérez, 2025
© ARANZADI LA LEY, S.A.U.

ARANZADI LA LEY, S.A.U.
C/ Collado Mediano, 9
28231 Las Rozas (Madrid)
www.aranzadilaley.es
Atención al cliente: <https://areacliente.aranzadilaley.es/>

Primera edición: marzo 2025

Depósito Legal: M-7685-2025
ISBN versión impresa con complemento electrónico: 978-84-1162-634-7
ISBN versión electrónica: 978-84-1162-632-3

Este trabajo ha sido realizado en el marco del Proyecto de investigación «Recursos marinos, sostenibilidad y territorio. Implicaciones para España de la evolución de los régimenes jurídicos de la pesca y la plataforma continental ampliada» —RECMAR— (PID2023-150405OB-I00), financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades/Agencia Estatal de Investigación (DOI: 10.13039/50110001103 /FEDER, UE).

Diseño, Preimpresión e Impresión: ARANZADI LA LEY, S.A.U.
Printed in Spain

© ARANZADI LA LEY, S.A.U. Todos los derechos reservados. A los efectos del art. 32 del Real Decreto Legislativo 1/1996, de 12 de abril, por el que se aprueba la Ley de Propiedad Intelectual, ARANZADI LA LEY, S.A.U., se opone expresamente a cualquier utilización del contenido de esta publicación sin su expresa autorización, lo cual incluye especialmente cualquier reproducción, modificación, registro, copia, explotación, distribución, comunicación, transmisión, envío, reutilización, publicación, tratamiento o cualquier otra utilización total o parcial en cualquier modo, medio o formato de esta publicación.

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la Ley. Diríjase a **Cedro** (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

El editor y los autores no asumirán ningún tipo de responsabilidad que pueda derivarse frente a terceros como consecuencia de la utilización total o parcial de cualquier modo y en cualquier medio o formato de esta publicación (reproducción, modificación, registro, copia, explotación, distribución, comunicación pública, transformación, publicación, reutilización, etc.) que no haya sido expresa y previamente autorizada.

El editor y los autores no aceptarán responsabilidades por las posibles consecuencias ocasionadas a las personas naturales o jurídicas que actúen o dejen de actuar como resultado de alguna información contenida en esta publicación.

ARANZADI LA LEY no será responsable de las opiniones vertidas por los autores de los contenidos, así como en foros, chats, u cualesquiera otras herramientas de participación. Igualmente, ARANZADI LA LEY se exime de las posibles vulneraciones de derechos de propiedad intelectual y que sean imputables a dichos autores.

ARANZADI LA LEY queda eximida de cualquier responsabilidad por los daños y perjuicios de toda naturaleza que puedan deberse a la falta de veracidad, exactitud, exhaustividad y/o actualidad de los contenidos transmitidos, difundidos, almacenados, puestos a disposición o recibidos, obtenidos o a los que se haya accedido a través de sus PRODUCTOS. Ni tampoco por los Contenidos prestados u ofertados por terceras personas o entidades.

ARANZADI LA LEY se reserva el derecho de eliminación de aquellos contenidos que resulten inveraces, inexactos y contrarios a la ley, la moral, el orden público y las buenas costumbres.

Nota de la Editorial: El texto de las resoluciones judiciales contenido en las publicaciones y productos de ARANZADI LA LEY, S.A.U., es suministrado por el Centro de Documentación Judicial del Consejo General del Poder Judicial (Cendoj), excepto aquellas que puntualmente nos han sido proporcionadas por parte de los gabinetes de comunicación de los órganos judiciales colegiados. El Cendoj es el único organismo legalmente facultado para la recopilación de dichas resoluciones. El tratamiento de los datos de carácter personal contenidos en dichas resoluciones es realizado directamente por el citado organismo, desde julio de 2003, con sus propios criterios en cumplimiento de la normativa vigente sobre el particular, siendo por tanto de su exclusiva responsabilidad cualquier error o incidencia en esta materia.

Índice General

	<i>Página</i>
PALABRAS PREVIAS Y AGRADECIMIENTOS	13
SIGLAS Y ABREVIATURAS	15
SOBRE EL AUTOR	17
LISTA DE FIGURAS Y MAPAS.....	19
GLOSARIO DE TÉRMINOS	23
PRÓLOGO	33
INTRODUCCIÓN	
PLANTEAMIENTO DEL OBJETO DE ESTUDIO.....	39
1. Los sistemas de cables submarinos.....	41
2. Geopolítica de la red global	48
3. Una red privada	54
4. Una red transnacional	56
5. Una red vulnerable.....	60
6. Estructura de la obra	62
CAPÍTULO I	
RÉGIMEN JURÍDICO DE LOS CABLES SUBMARINOS.....	65
1. Los cables submarinos en el derecho del mar.....	67
2. La protección a los cables submarinos ante los ataques intencionados	73
3. Un nuevo marco normativo para la protección de los cables submarinos	82

4. Iniciativas alternativas de protección	85
--	-----------

CAPÍTULO II

ACTORES ECONÓMICOS	91
1. Breve historia de los cables submarinos de fibra óptica	92
2. Economía de los cables submarinos	99
2.1. <i>El impacto de las grandes empresas tecnológicas</i>	103
2.2. <i>Estaciones de aterrizaje y centros de datos</i>	111
3. Otros actores empresariales en el sector del cable	115
3.1. <i>Fabricantes</i>	115
A) SubCom	115
B) Alcatel	116
C) NEC	116
D) HMN Technologies	117
3.2. <i>Armadores</i>	118
A) Reparación en alta mar	120
B) Reciclaje y retirada de los sistemas fuera de servicio	123

CAPÍTULO III

GEOPOLÍTICA DE LA RED GLOBAL DE CABLES SUBMARINOS	127
1. La geopolítica de la conectividad y sus límites analíticos	128
2. Competencia geopolítica por el control de la red global de cables submarinos	135
2.1. <i>La «guerra» chino-estadounidense por el control de los cables</i>	137
A) SEA-ME-WE 6 vs. PEACE	145
B) El Mar de la China Meridional	151
3. Geopolítica del ciberespacio	153

ÍNDICE GENERAL

	<u>Página</u>
3.1. <i>Dinámica de inclusión/exclusión en el funcionamiento de la red.</i>	157
4. <i>¿Una red global fragmentada?</i>	160
CAPÍTULO IV	
LA SEGURIDAD DE LOS CABLES SUBMARINOS	169
1. Amenazas a la seguridad de los cables submarinos	172
1.1. <i>Amenazas involuntarias</i>	173
A) Fenómenos naturales	173
B) Accidentes causados por la actividad humana	174
1.2. <i>Amenazas intencionadas</i>	175
A) Integridad física de la red	175
B) Acciones hostiles informáticas	180
a) Control del tráfico de datos.....	180
b) Extracción de datos para generar información de inteligencia.....	181
c) Extracción masiva de datos para el desarrollo de la Inteligencia Artificial.....	183
2. Protección y seguridad de la red en la región del Atlántico Norte	186
2.1. <i>La protección de las infraestructuras críticas submarinas por parte de la OTAN.</i>	188
2.2. <i>La UE y la protección de la soberanía digital.</i>	192
2.3. <i>La responsabilidad de España en la protección y seguridad de los cables submarinos.</i>	196
A) Los cables submarinos en los documentos estratégicos de España.....	197
B) La protección de la parte terrestre de la red	200
CAPÍTULO V	
ESPAÑA EN LA RED DE CABLE SUBMARINO	205

	<i>Página</i>
1. La red de cables submarinos en la península ibérica	207
1.1 La red española de cables submarinos (nacional y regional)	208
A) Canarias	208
B) Baleares.	215
C) Ceuta, Melilla y norte de África	217
1.2. Portugal	221
2. Las nuevas conexiones peninsulares a la red global, y sus consecuencias	227
2.1. Los nuevos cables submarinos	232
A) Marea	233
B) Ellalink	234
C) Grace Hopper	236
D) Equiano.	237
E) 2Africa	238
F) Medloop	240
G) Anjana.	241
H) Medusa.	242
2.2. Estaciones y puntos de desembarque	244
A) La red terrestre	246
B) Los centros de datos	250
REFLEXIONES FINALES	
LA DIFÍCIL PROTECCIÓN DE LA RED DE CABLES SUBMARINOS	259
BIBLIOGRAFÍA	265
1. Artículos, informes y monografías	265
2. Documentos	287
3. Artículos de prensa y páginas webs	293

Capítulo II

Actores económicos

SUMARIO: 1. BREVE HISTORIA DE LOS CABLES SUBMARINOS DE FIBRA ÓPTICA. 2. ECONOMÍA DE LOS CABLES SUBMARINOS. 2.1. *El impacto de las grandes empresas tecnológicas.* 2.2. *Estaciones de aterrizaje y centros de datos.* 3. OTROS ACTORES EMPRESARIALES EN EL SECTOR DEL CABLE. 3.1. *Fabricantes.* A) SubCom. B) Alcatel. C) NEC. D) HMN Technologies. 3.2. *Armadores.* A) Reparación en alta mar. B) Reciclaje y retirada de los sistemas fuera de servicio.

Para entender por qué la red de cables submarinos ha adquirido la relevancia estratégica, sistemática podría decirse, que posee en nuestros días, resulta necesario dar varios pasos previos. El primero de ellos es conocer, y comprender en la medida de nuestras posibilidades como observadores sin los conocimientos técnicos necesarios, cómo el desarrollo tecnológico ha permitido la expansión global de la red, en extensión y capacidad de transmisión, hasta el punto de que no se vislumbra una tecnología alternativa que la pueda desbancar, al menos, en las próximas décadas. Comprender el funcionamiento de un sistema de cable submarino implica también conocer a los actores que participan en su planificación, diseño, construcción, tendido, gestión y mantenimiento. Un universo empresarial dominado por capital privado, con intereses empresariales propios, que compiten y rivalizan entre sí. Analizar este ecosistema particular nos va a permitir, en los capítulos siguientes, poder profundizar nuestro análisis en una doble dimensión: estratégica y de seguridad¹.

En el plano estratégico cabe preguntarse por el margen de autonomía que tienen las empresas propietarias de la red para ejecutar sus propios

1. Ambas cuestiones son analizadas en los capítulos III (geopolítica de la red) y IV (seguridad).

planes corporativos. ¿Sigue el diseño de la red una lógica empresarial que trata de lograr una posición de dominio en el mercado? O, por el contrario, ¿las empresas del sector, incluyendo a las grandes compañías tecnológicas, a pesar de su indudable poder, se encuentran subordinadas en su dirección estratégica a los designios fijados por los poderes políticos de los Estados en donde están radicadas? ¿Autonomía, convivencia o subordinación, o todo ello a la vez? Se trata de una pregunta pertinente que afecta de lleno a una de las controversias centrales de la disciplina de Relaciones Internacionales en las últimas décadas: la creciente influencia de las corporaciones transnacionales como actores autónomos y la consecuente progresiva *retirada del Estado*². ¿Se verifica esta hipótesis en el control de la red de cables submarinos?

Por otra parte, en lo que respecta a la dimensión de seguridad de la red, conocer su funcionamiento y los actores empresariales que participan en ella nos permite identificar sus vulnerabilidades y las brechas de seguridad por donde resultan previsibles la materialización de las amenazas potenciales, bien contra la integridad de la red, bien de la información que transita por ella, bien de ambas a la vez.

Empecemos por ver el vertiginoso crecimiento de la red para describir, a continuación, el universo de actores empresariales participantes.

1. BREVE HISTORIA DE LOS CABLES SUBMARINOS DE FIBRA ÓPTICA

El primer cable submarino fue tendido en 1852 entre Francia y Reino Unido (RU), en el paso de Calais, y fue promovido por la compañía del inventor del código Morse, Samuel Morse. Ocho años después se instalaría el primer cable transatlántico entre Irlanda y Terranova, de efímera vida. Estas iniciativas pioneras presentaban severos problemas técnicos que limitaban su eficacia como medio de comunicación. La verdadera expansión de los cables submarinos no se produjo hasta el último cuarto del siglo XIX logrando un rápido crecimiento a partir de entonces. A comienzos del siglo XX la red alcanzaba una dimensión planetaria con cables que unían Londres con Bombay y Australia con Canadá³.

El desarrollo tecnológico permitió transformar los originarios cables telegráficos en transmisores de voz gracias a incorporar repetidores amplificadores sumergidos, alimentados con energía eléctrica a través de los mis-

-
2. STRANGE, S. (2001). *La retirada del Estado*. Icaria, Barcelona.
 3. INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION (2017). *Overview of ITU's History*, ITU; <https://www.itu.int/en/history/Pages/ITUsHistory.aspx>

mos conductores utilizados para transmitir la conversación. Su eficacia les permitió imponerse a la radio en las comunicaciones a larga distancia⁴.

En la segunda mitad del siglo XX la introducción del cable coaxial, que utilizaba la tecnología de multiplexación⁵ por división de frecuencia, permitió elevar el número de canales telefónicos analógicos en una misma línea. El primer cable telegráfico coaxial transatlántico se instaló en 1956 enlazando Escocia con Terranova (TAT-1)⁶.

Este proyecto fue impulsado por un actor empresarial que revolucionó los sistemas de cables submarinos transpacíficos y transatlánticos: la empresa estadounidense AT&T (American Telephone and Telegraph Company). AT&T no fabricaba cables ni tenía barcos propios para su tendido. Con el cable TAT-2⁷ creó una fórmula de negocio que se hizo universal en las décadas siguientes: el consorcio internacional asociando a operadores nacionales de otros países y la venta de uso de líneas a terceras empresas⁸.

El desarrollo de la tecnología de los cables coaxiales alcanzó su techo con el TAT-6, en 1976. A partir de entonces comenzó a explorarse la tecnología digital de conmutación y los sistemas de transmisión digital, combinando sistemas coaxiales submarinos analógicos con cables terrestres digitales. Pero la mejora de capacidad obtenida por este medio era limitada. La

-
- 4. GARCÍA CÁCERES, D. (2023). «The submarine cable systems and landing stations in international law», en S. BORG, F. G. ATTARD, y P. M. VELLA de FREMEAUX (eds.), *Research Handbook on Ocean Governance Law*, Edward Elgar Publishing, Cheltenham, pp. 295-315; <https://doi.org/10.4337/9781839107696.00031>
 - 5. La multiplexación es una técnica de telecomunicación que permite combinar dos o más señales, y transmitirlas por un solo medio de transmisión de forma simultánea, a través de un multiplexor.
 - 6. El TAT-1 (Transatlantic n.º 1) fue el primer sistema de cable coaxial telefónico transatlántico submarino. El sistema constaba de dos cables, uno en cada dirección. El cable podía transmitir 35 llamadas telefónicas simultáneas. BURNS, B. (2013). «History of the Atlantic Cable & Undersea Communications», *Atlantic Cable*; <https://atlantic-cable.com/Cables/1956TAT-1/>
 - 7. El TAT-2 fue el segundo cable telefónico transatlántico de AT&T y estuvo en funcionamiento entre 1959 y 1982. Inicialmente transportaba 48 circuitos telefónicos en dos cables que enlazaban Francia con Terranova. El cable fue fabricado en Francia (Cables de Lyon) y Alemania (F & G), bajo la supervisión de Bell Lab, tendido por otra compañía (CS Ocean Layer) y operado por AT&T y las compañías telefónicas nacionales de Alemania y Francia. *Ibidem*.
 - 8. AT&T compró circuitos completos y se reservó los derechos de venta de derechos irrevocables de uso (*irrevocable rights of use – IRU*) a operadores europeos distintos de Francia y Alemania. Esta asignación de IRU a empresas competidoras fue un argumento decisivo para abandonar de inmediato todos los cables telegráficos anteriores. FOUCHARD, G. (2016). «Historical overview of submarine communication systems», en J. CHESNOY (ed.), *Undersea Fiber Communication Systems*, Amsterdam, Academic Press – Elsevier, pp. 20-52, p. 35.

solución para ganar en capacidad de transmisión vino de la mano de la fibra óptica, descubierta por científicos británicos una década antes⁹.

En los años ochenta, comenzaron a desarrollarse los cables submarinos de fibra óptica, que utilizan multiplexación por división de longitud de onda de emisores láser, lo cual permitía la transmisión simultánea de un gran número de señales digitales portadoras de voz, datos, e imágenes a gran velocidad.

El TAT-8 fue el primer cable transatlántico de fibra óptica, puesto en servicio en 1988. Además del extraordinario salto de capacidad que proporcionaba (7.680 canales y 64 Kb/s) incorporaba unidades submarinas de derivación, lo cual permitió que cada estación terminal, ubicadas en EE.UU., Francia y RU, quedaran conectadas entre sí¹⁰. El nuevo cable impulsó la construcción de nuevos sistemas que en poco tiempo reemplazaron a la tecnología anterior y otorgó el monopolio de facto de las comunicaciones transatlánticas a AT&T por más de una década (fig. II-1).

Figura II-1. Cables transatlánticos de fibra óptica (1988-2001)

Cable	Compañía	Año	Km	Países de enlace
TAT-8	AT&T	1988	11.300	EE.UU. – RU – Francia
PTAT-1	¹¹	1990	13.600	EE.UU. – Bermudas – Irlanda – RU
TAT-9	AT&T	1991	14.800	EE.UU. – RU – Francia – España
TAT-10	AT&T	1992	13.900	EE.UU. – RU – Holanda – Alemania
TAT-11	AT&T	1993	12.000	EE.UU. – Francia – RU
CAN-TAT-3	Føroya Tele	1994	12.000	Canadá – Irlanda – RU
Columbus 2	AT&T + consorcio	1995	12.100	EE.UU. – México – Portugal – España-Italia
TAT-12 / TAT-13	AT&T	1996/97	12.000	EE.UU. – RU – Francia
AC-1	Global Crossing	1998	14.000	EE.UU. – Alemania

9. GARCÍA CÁCERES (2023), *op. cit.*

10. CARPENTER, B. E. (2013). *Network geeks: how they built the internet*. Springer Science & Business Media, p. 90.

Cable	Compañía	Año	Km	Países de enlace
GEMINI	Gemini SCSL	1999	11.600	EE.UU. – RU
Columbus 3	AT&T + consorcio	1999	9.800	EE.UU. – España
FLAG ATLAN- TIC 1	Global Cloud Xchange	2000	14.500	EE.UU. – RU – Francia
TAT-14	AT&T + consorcio	2001	15.500	EE.UU. – RU – Francia – Holanda – Alemania
YELLOW AC-2	Lumen	2001	6.400	EE.UU. – RU
HIBERNIA	GTT Com.	2001	4.600	EE.UU. – Irlanda – Escocia
TGN ATLAN- TIC	Tyco	2001	13.000	EE.UU. – RU
APOLLO	Vodafone	2002	13.000	EE.UU. – RU – Francia

Fuente: Elaboración propia sobre la base de FOUCHARD (2016), p. 47.

Otro gran hito empresarial y tecnológico de esa etapa fue el cable SEA-ME-WE 3¹², que sigue siendo el sistema más largo del mundo con 39.000 km de longitud. Con un coste de 1.350 mill. \$ enlaza a 33 países desde el norte de Europa a Japón y Australia pasando por Singapur. El consorcio, en el que participan 93 empresas, fue promovido por France Telecom y China Telecom, y es administrado por Singtel, un operador de telecomunicaciones propiedad del Gobierno de Singapur.

El estallido de la burbuja especulativa en torno a las empresas *punto.com*, en 2001, propició una reestructuración de la industria estableciendo una división de actividades entre proveedores y operadores que se mantiene hasta hoy. También puso de manifiesto la saturación de los correos transatlántico y transpacífico cuyo exceso de oferta no permitía ren-

11. PTAT-1 fue el primer cable de telecomunicaciones de fibra óptica transatlántico financiado con fondos privados que rompió el monopolio que hasta entonces tenían AT&T y British Telecom para las telecomunicaciones entre EE.UU. y RU. Su puesta en servicio desencadenó la producción en masa de sistemas de fibra óptica.
12. El sistema Sudeste Asiático – Oriente Medio – Europa Occidental 3 (SEA-ME-WE 3) fue completado en 2000.

tabilizar las inversiones realizadas. Tras poner en servicio dos cables transatlánticos por año hasta el inicio del siglo XXI, no se construyó ninguno más entre 2002 y 2015. Esta situación propició la construcción de grandes sistemas en rutas alternativas. El SEA-ME-WE 4 (2004) y, a partir de 2007, utilizando ya los nuevos avances tecnológicos, los grandes sistemas circundando el continente africano: WACS, Main One, SEACOM y EASSy.

A finales de la primera década del siglo XXI se produjo un avance técnico que revolucionó la industria del cable al multiplicar por diez la capacidad de transmisión. El avance fue fruto de las investigaciones desarrolladas por Nortel Networks Corporation (empresa canadiense desaparecida en 2009) centradas en mejorar la eficacia de la trasmisión de señal luminosa por parte de los equipos láser. Fue el origen de la tecnología óptica coherente (*coherent optical technology*)¹³ que rápidamente fue adoptada por toda la industria.

Empezaron a aplicarse diferentes técnicas de multiplexación: TDM (multiplexación por división de tiempo), CDM (multiplexación por división de código), FDM (multiplexación por división de frecuencia), SDM (multiplexación por división de espacio). Estas tecnologías permitieron dotar de una capacidad de 100 Gb/s a los sistemas originalmente diseñados para 10 Gb/s ya instalados. Esto supuso que todos los cables en funcionamiento desde la llegada de los amplificadores ópticos pudieran multiplicar su capacidad máxima de transmisión, sin necesidad de ser reemplazados ni realizar nuevas inversiones en la parte húmeda del sistema¹⁴.

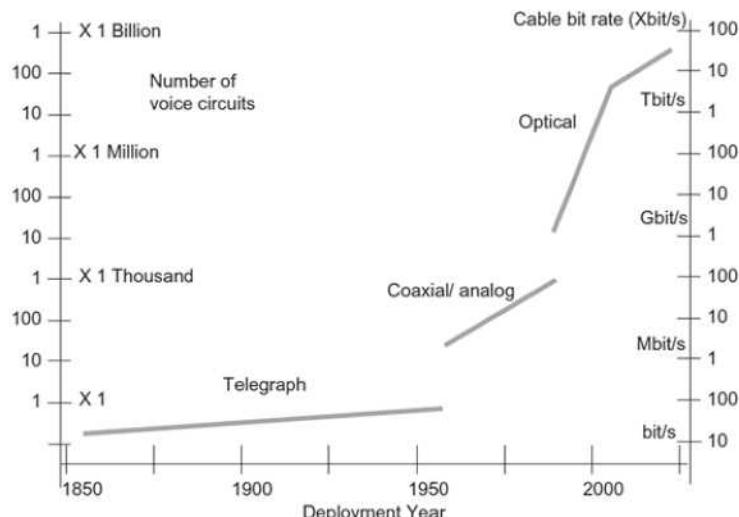
Así se inició un círculo virtuoso de sistemas de transmisión óptica dotados de mayor capacidad y, en última instancia, de sistemas de cables de fibra óptica reconfigurables que, gracias a las nuevas tecnologías, permitieron satisfacer la demanda creciente, lo cual permitió el desarrollo de nuevas aplicaciones y servicios. Todo ello con una exigencia de gasto en inversión muy contenida.

En la primera etapa de la fibra óptica se logró incrementar la capacidad de los enlaces ópticos aumentando el número de bits transportados. En esta segunda etapa se logró aumentar la capacidad al multiplexar muchas longitudes de onda, cada una de las cuales transportaba información independiente, en una sola fibra¹⁵.

-
- 13. Los sistemas de comunicación de fibra óptica coherente aprovechan las propiedades variables de las ondas de luz para optimizar la capacidad de transmisión de la fibra óptica. Esta técnica utiliza la modulación de la amplitud, la fase de la luz y la transmisión de las ondas, a través de dos polarizaciones, lo cual permite multiplicar la cantidad de información que transporta un cable de fibra óptica.
 - 14. FOUCARD (2016). *Op. cit.*, p. 48.
 - 15. El resultado fue un aumento en la capacidad de transmisión de fibra única equivalente al número de canales de longitud de onda en tramos largos. Todas las señales de canal

Las redes ópticas actuales proporcionan superautopistas de ancho de banda de información del orden de 100 carriles definidos por longitud de onda, cada uno de los cuales proporciona cientos de Gb/s de capacidad de información. Estos sistemas de cables optimizan la red para adaptarse a las fluctuantes necesidades de capacidad mediante software a través de rampas de entrada y salida de longitud de onda configurables y centros de conmutación de ruta. Sin esta tecnología incorporada a la red de cables submarinos no sería posible el Internet global, la computación en la nube ni los servicios móviles de gran ancho de banda. Ésta es la razón por la cual los cables submarinos concentran el 99% del tráfico internacional de voz y datos (fig. II-2).

Figura II-2. Evolución histórica de la capacidad de los cables submarinos



Fuente: FOUCHARD (2016)¹⁶, p. 51.

La innovación tecnológica ha permitido aumentar la capacidad de transmisión de datos por fibra óptica unas cien veces cada diez años. Será nece-

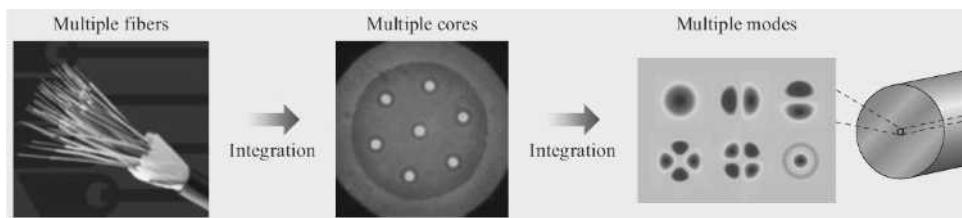
de longitud de onda podrían ser potenciadas periódicamente con un solo amplificador de fibra óptica alimentado ópticamente. ALFERNESS, R. C. (2020). «The Evolution of Optical Transport Networks», en B. MUKHERJEE, I. TOMKOS, M. TORNATORE, P. WINZER y Y. ZHAO (eds.), *Springer Handbook of Optical Networks*, Springer, Cham (Suiza), pp. 1-19, p. 2.

16. El eje izquierdo representa el número de canales de voz que soportan los cables. En la derecha su capacidad medida en bits.

sario un nuevo salto tecnológico para sostener este ritmo de crecimiento en el futuro y poder satisfacer así la demanda de ancho de banda que no va a dejar de aumentar.

Para lograr una capacidad adicional de multiplexación, la única dimensión disponible es el espacio. Las nuevas líneas de investigación indagan sobre cómo lograr un uso más eficiente de la división espacial bien sea a través de múltiples núcleos o mediante multimodos de un solo núcleo (Fig. II-3).

Figura II-3. Transmisión multiplexada por división espacial óptica



Fuente: ALFERNES (2020), p. 16.

Se han logrado resultados esperanzadores con el desarrollo de fibra óptica multinúcleo (*multi-core fiber*, MCF)¹⁷. El National Institute of Information and Communications Technology de Japón (NICT), anunció, en el otoño de 2023, un record de capacidad de transmisión de datos verdaderamente asombroso. Nada menos que 22,9 Pb/s utilizando un cable con 38 núcleos de fibra óptica¹⁸ (fig. II-4).

-
17. NEC está desarrollando un cable de doble núcleo de fibra óptica que permite duplicar la capacidad de transmisión de la instalación. QUIGLEY, B./CANTONO, M. (2023). *Boosting Subsea Cables with Multi-Core Fiber Technology*. <https://cloud.google.com/blog/products/infrastructure/delivering-multi-core-fiber-technology-in-subsea-cables?hl=en>
 18. NICT – National Institute of Information and Communications Technology (2023). World Record Optical Fiber Transmission Capacity Doubles to 22.9 Petabits per Second. <https://www.nict.go.jp/en/press/2023/11/30-1.html>

Figura II-4. Capacidad de transmisión de datos en cables multinúcleos de fibra óptica

Fiber type	38 core, 3 mode	4 core	This study
	Mar. 2020	May 2022	Oct. 2023
Fiber cross section			
Spatial channels	114	4	114
Data rate (Pb/s)	10.66	1.02	22.9
Transmission distance (km)	13	51.7	13
Bandwidth (THz), Wavelength band	9.2 C, L	20 S, C, L	18.8 S, C, L
QAM order	64 /256	256	256

Fuente: NICT (2023).

Este avance extraordinario se ha logrado combinando las últimas tecnologías de multiplexación. Los investigadores fusionaron un cable de tres modos y 38 núcleos a través de un receptor compatible con múltiples bandas logrando esta hazaña tecnológica. La magnitud de la cifra es tan asombrosa que cuesta hacerse una idea del volumen real de información que puede ser transmitida de forma casi instantánea.

Previsiblemente los futuros sistemas de cables submarinos incorporarán estos avances y, de seguir la tendencia registrada en los últimos años, sus propietarios y operadores serán las grandes empresas tecnológicas, con las implicaciones que ello conlleva.

2. ECONOMÍA DE LOS CABLES SUBMARINOS

Los sistemas de cables submarinos son infraestructuras muy costosas de construir y tremadamente complejas de gestionar. La industria del sector encontró un instrumento adecuado para afrontar este desafío creando grandes consorcios¹⁹ internacionales que durante más de cuatro décadas han definido el modelo de negocio en el sector. Estos consorcios estaban

19. Un consorcio es un grupo de empresas que se unen para colaborar en un proyecto específico. Normalmente, no constituye una entidad legal separada.

generalmente liderados por una gran compañía de telecomunicaciones, asociada con otras telecom locales. La base de su negocio era la venta del uso del cable, principalmente a empresas generadoras de contenidos que son las responsables de la mayor parte del tráfico de datos que transita por la red.

La primera dificultad a superar en la puesta en funcionamiento de un sistema de cable radica en obtener la financiación necesaria. Los cables submarinos requieren de una inversión inicial considerable. La fórmula de consorcio permitía conseguir la financiación necesaria conservando la propiedad de la instalación. Los grandes operadores de telecomunicaciones se convertían en accionistas de un vehículo corporativo dedicado a financiar y supervisar la construcción y gestión de un cable, preservando su identidad jurídica independiente. El recorrido de cada cable solía reflejar los intereses de las empresas participantes en el consorcio. El cable podría ser un sistema de cable único de punto a punto, un sistema segmentado que divide su capacidad en varios puntos a lo largo de la ruta o un sistema de cable multipunto que gracias a las unidades de derivación submarina permite ofrecer múltiples servicios de punto a punto.

Aparte de la financiación, la fórmula del consorcio también permitió suavizar los desajustes entre oferta y demanda en el mercado telefónico. La demanda telefónica creció a nivel mundial como consecuencia del desarrollo económico experimentado en muchos países en la segunda mitad del siglo XX. Los sistemas de cable tienen un coste inicial, de construcción, muy elevado y un coste de explotación muy inferior. La fórmula más rentable de negocio consistía en construir el sistema de cable con la mayor capacidad que permitieran las tecnologías de transmisión en ese momento. Pero ello implicaba un problema en la explotación al generar ciclos de alza y caída de los precios. Si se ofertaba en el mercado, de golpe, toda la capacidad de un nuevo sistema se produciría una caída en los precios. Del mismo modo, si se ofertaban pequeños incrementos en la oferta resultaban insuficientes para sostener financieramente al nuevo cable que debía competir con los sistemas en uso ya existentes, generando en la práctica escasez de oferta y escalada de precios²⁰.

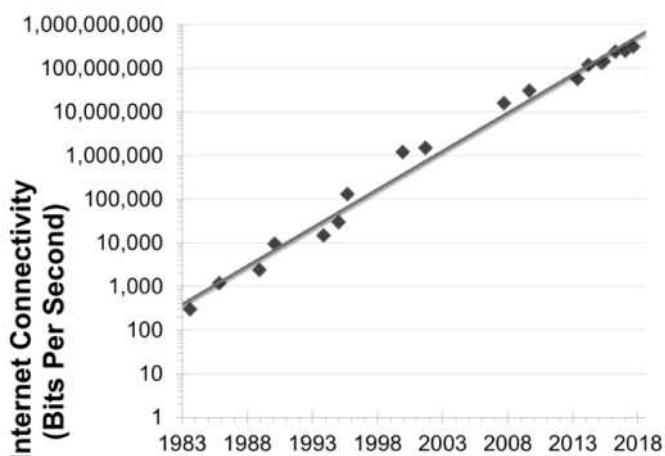
El modelo de consorcio ofrecía solución a estos problemas. El consorcio construía un sistema de cable de alta capacidad, conservaba la propiedad de la infraestructura y comercializaba progresivamente su capacidad en respuesta a la demanda, preservando así el precio unitario de la capacidad

20. HOUSTON, G. (2022). «The Politics of Submarine Cable in the Pacific», *CircleID*, 5 de junio de 2022; <https://circleid.com/posts/20220605-the-politics-of-submarine-cable-in-the-pacific>

instalada. Las compañías telefónicas participantes compraban arrendamientos de capacidad del cable por períodos de 15 a 25 años (denominados *derechos de uso irrenunciable* – IRU), lo que les obligaba, también, a asumir una parte de los costes operativos. Inicialmente, el consorcio asumía un alto nivel de endeudamiento, pero una vez logrado el equilibrio en el mercado, pasaba a obtener beneficios.

Este modelo de negocio, basado en la propiedad y gestión compartida del cable, no sobrevivió al desafío que supuso el extraordinario incremento de demanda de capacidad exigido por Internet. Desde finales del siglo XX, Internet ha crecido a un ritmo sin precedentes (fig. II-5). En la actualidad, Internet es cien mil millones de veces más grande que la capacidad ofrecida por la red global a principios de los años noventa del pasado siglo²¹.

Figura II-5. Evolución de la demanda de ancho de banda de Internet



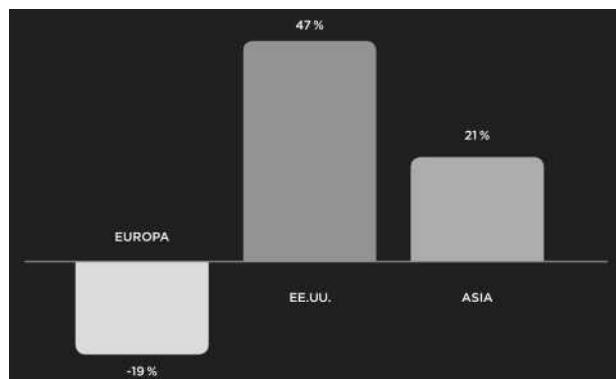
Fuente: GOLDSWORTHY (2024).

Este rápido aumento de la demanda expuso las limitaciones del modelo de consorcio que fue rápidamente reemplazado por modelos de *capacidad de propiedad total*. Primeramente, una sola compañía pasó a comprar, en una única transacción, todos los IRU de un sistema de cable. El siguiente paso fueron los cables de *propiedad total* donde el sistema de cable submarino pasó a ser propiedad de una única entidad. 2015-16 fue el momento en que los

21. GOLDSWORTHY, T. (2024). «The Growth of Demand for Increased Internet Bandwidth», Blog, 29 de abril de 2024; <https://www.linkedin.com/pulse/growth-demand-increased-internet-bandwidth-tom-goldsworthy-t6jme/>

gigantes tecnológicos estadounidenses (Google, Amazon, Facebook, Apple y Microsoft – GAFAM, también conocidos como *hiperescaladores*) comenzaron a aumentar sus inversiones en cables, transformando definitivamente el modelo de negocio. Los principales clientes pasaron a convertirse en los propietarios, dejando a las compañías de telecomunicaciones tradicionales en una posición marginal dentro del mercado del cable submarino (fig. II-6).

Figura II-6. Valoración combinada de la capitalización de las cinco principales compañías de telecomunicaciones, por región (2012-2019)



Fuente: PÉREZ MARTÍNEZ *et al.* (2020), p. 97²².

En muy poco tiempo, las GAFAM han conseguido ocupar una posición dominante en el mercado de los cables submarinos. Crean estructuras empresariales muy reducidas (*club-cables*) integradas por una o dos de estas compañías, a las cuales se asocia ocasionalmente alguna compañía local que actúa como *socio de aterrizaje*²³ en el punto de conexión con la costa. La elección de estos socios locales está determinada por las circunstancias específicas de cada caso y la tendencia es a que sus funciones sean en buena medida reemplazadas y, en consecuencia, deje de ser necesaria su participación²⁴.

-
22. PÉREZ MARTÍNEZ, J./HERNÁNDEZ-GIL, J. F./ARTEAGA, F./MARTÍN NÚÑEZ, J. L. (2020). *El futuro digital de Europa*, Taurus, Madrid.
23. Un socio de aterrizaje (*landing party partner*) es una empresa, normalmente local y anteriormente dedicada a las telecomunicaciones, que se asocia con los promotores de un sistema de cable submarino para operar una estación de aterrizaje. A parte de esta función, suelen asumir además las gestiones necesarias ante las autoridades nacionales para lograr los permisos y autorizaciones administrativas que permitan el paso e instalación del sistema de cable por su territorio.
24. MOREL, C. (2020). *L'État et le réseau mondial de câbles sous-marins de communication* (tesis doctoral), Université Jean Moulin (Lyon 3), p. 84; <http://www.theses.fr/2020LYSE3046>

2.1. EL IMPACTO DE LAS GRANDES EMPRESAS TECNOLÓGICAS

La sustitución del modelo de negocio basado en el consorcio se ha consumado muy rápidamente de forma que, en la actualidad, son los hiperescaladores, los grandes proveedores de contenido, los actores más relevantes en el tendido y explotación de los cables submarinos de última generación. En el período comprendido entre 2019 y 2023 estas empresas han promovido una cuarta parte de todos los sistemas de cable que entraron en servicio (24 sobre un total de 102) (fig. II-7). Aunque en los próximos años (hasta 2028), se espera una ligera reducción²⁵. En términos de ancho de banda, los cables controlados por las grandes tecnológicas representan las dos terceras partes de la nueva capacidad instalada²⁶.

Figura II-7. Cables submarinos promovidos por las empresas tecnológicas estadounidenses (2019-2023)



Fuente: SUBMARINE TELECOMS FORUM (2023), p. 105²⁷.

- 25. Un 14% de los 56 sistemas previstos. Posiblemente, esta previsión será superada al alza. Estadísticamente sólo el 52% de los proyectos de cable anunciados finalmente entran en servicio. Pero el índice de eficiencia de las GAFAM es mucho más elevado porque sólo publican los proyectos cuyos contratos han sido ya firmados. CLARK, K. (2019). «So, You Want to Build a Cable System», *Submarine Telecoms Forum*, 22 de julio de 2019; <https://subtelforum.com/so-you-want-to-build-a-cable-system/>
- 26. FRUTOS, A. (2022). «Cómo Microsoft, Google, Facebook y Amazon se están adueñando del cableado submarino de fibra», *La Vanguardia*, 21 de enero de 2022; <https://www.lavanguardia.com/tecnologia/actualidad/20220121/7998519/gigantes-internet-cableado-submarino-nbs.html>
- 27. SUBMARINE TELECOMS FORUM (2023). *Industrie Report, 12/2023-2024*, pp. 104-106; https://issuu.com/subtelforum/docs/submarine_telecoms_industry_report_issue_12

Este proceso de sustitución ha seguido la lógica empresarial de integración vertical. Ante la perspectiva de un crecimiento continuado y masivo del ancho de banda, tener la propiedad de los nuevos cables submarinos tiene todo el sentido económico para las grandes empresas tecnológicas.

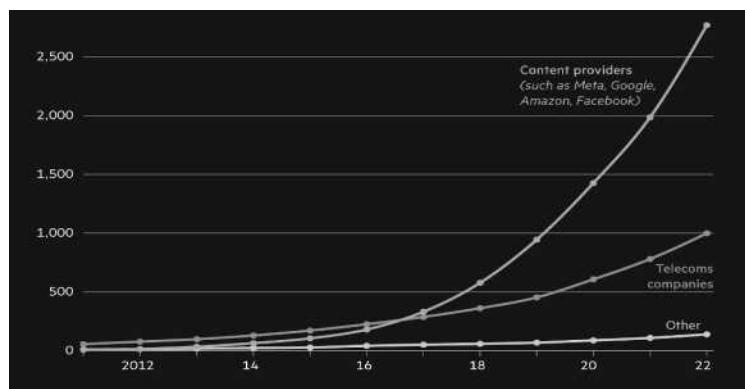
En la medida en que la demanda de ancho de banda estaba superando la oferta disponible estos grandes consumidores se veían obligados a competir con otros operadores por acceder a circuitos de capacidad limitada. Comprar circuitos adicionales a los operadores tradicionales, aparte de costoso, requería tiempo. Al poseer su propia infraestructura pueden activar ancho de banda adicional en cuestión de días.

La posesión de los grandes sistemas de cables les asegura la transmisión de sus propios datos y, si fuera el caso, dificultar la transmisión de los del competidor. Los cables de transmisión en las estructuras en red constituyen un eslabón vulnerable de su cadena logística al tiempo que, por su coste y magnitud, tienden a comportarse como monopolios naturales —con costes decrecientes a escalas mayores—. La integración vertical asegura a estas empresas no solo el acceso y control del transporte sino también un coste de explotación menor²⁸. Aunque, como se verá en el capítulo III, su interés por el control de la red va más allá de los intereses económicos y atiende igualmente a razones de índole estratégico.

Ni por capacidad financiera²⁹, ni por el volumen de inversión desplegado, ni por la tecnología aplicada, las empresas tradicionales de telecomunicaciones pueden competir con las GAFAM. Su expansión ha tenido los efectos de un terremoto que ha revolucionado una industria dominada durante décadas por las telecom tradicionales. En 2017, las grandes empresas tecnológicas se convirtieron en los mayores usuarios de la capacidad ofrecida por la red global. Esta ventaja no ha dejado de crecer desde entonces, alcanzando en la actualidad 3,6 Pb/s. (fig. II-8)³⁰.

-
- 28. TWOREK, H./JOHN, R. R. (2019). «Global Communications», en T. da SILVA LOPES, Ch. LUBINSKI y H. Toworek (eds.), *The Routledge Companion to the Makers of Global Business*, Routledge, Nueva York, pp. 315-331.
 - 29. Alphabet, matriz de Google, superó los 300.000 mill.\$ de ingresos en 2023. JIMÉNEZ, J. (2024). «Alphabet pulveriza su record de ingresos», *El País*, 30 de enero de 2024; <https://elpais.com/economia/2024-01-30/alphabet-pulveriza-su-record-de-ingresos-de-la-mano-de-la-inteligencia-artificial.html>
 - 30. MAULDIN, A. (2024). «A (Refreshed) List of Content Providers Submarine Cable Holdings», *TeleGeography Blog*, 27 de junio de 2024; <https://blog.telegeography.com/telegeography-content-providers-submarine-cable-holdings-list-new>

Figura II-8. Evolución del uso de ancho de banda utilizado por grandes compañías tecnológicas y empresas de telecomunicaciones (2011-2022), en Tb/s



Fuente: Financial Times, 2023³¹.

Semejante expansión se aprecia en la propiedad de los sistemas de cables submarinos. El primer paso lo dio Google al participar como inversor en el consorcio promotor del cable Unity, que entró en servicio en 2010. Desde entonces, Meta, Microsoft y, más recientemente, Amazon, han invertido en la construcción de nuevos sistemas de cables submarinos, bien directamente como propietarios o adquiriendo diversas formas de participación: adquisición parcial o completa de pares de fibra en otros cables submarinos, arrendamiento de capacidad en unidades de uso compartido (IRU), ... Si en 2017 disponían de 20 cables, en 2024 sumaban 59, una parte muy significativa de la red mundial³² (fig. II-9).

-
31. GROSS, A. et al. (2023). «How the US is pushing China out of the internet's plumbing», *Financial Times*, 13 de junio de 2023; <https://ig.ft.com/subsea-cables/>
32. Algunas fuentes cifran su participación en el sector del cable en más de un 70%, sin aportar una evaluación detallada. PINAUD, O. (2023). «Les Gafam mettent la main sur les câbles sous-marins pour mieux contrôler Internet», *Le Monde*, 1 de enero de 2023; https://www.lemonde.fr/economie/article/2023/01/01/les-gafam-mettent-la-main-sur-les-cables-sous-marins-pour-mieux-controler-internet_6156258_3234.html. Con independencia de su magnitud, el control que ejercen estas compañías sobre la red global es efectivo, y determinante.

Figura II-9. Cables submarinos propiedad de Amazon, Meta, Google y Microsoft (2024)

Empresa	Año	Cable	Participación	Países de enlace
Amazon	2020	Havfrue	compra capacidad	EE.UU – Irlanda – Noruega – Dinamarca
	2018	Hawaiki	propietario parcial	EE.UU. – N. Zelanda – Australia
	2020	Jupiter	compra capacidad	EE.UU – México – Japón – Filipinas
	2018	Marea	compra capacidad	EE.UU. – España

Empresa	Año	Cable	Participación	Países de enlace
Meta	2024	2Africa	propietario parcial	RU – Sudáfrica – España
	2016	AEC-1	compra capacidad	EE.UU. – Irlanda
	2023	Amitie	propietario parcial	EE.UU. – Irlanda – Francia
	2025	Anjana	propietario único	EE.UU. – España
	2026	Apricot	propietario parcial	Japón – Taiwan – Filipinas – Malasia Indonesia – Singapur
	2016	Asia Pacific Gateway (APG)	propietario parcial	Japón – Corea S – China – Hong Kong – Vietnam – Tailandia – Singapur
	2025	Bifrost	propietario parcial	EE.UU. – México – Filipinas – Indonesia – Singapur
	2025	Echo	propietario parcial	EE.UU. – Palaos – Indonesia – Singapur
	2020	Havfrue	propietario parcial	EE.UU – Irlanda – Noruega – Dinamarca
	2022	Havhingsten/ CeltixConnect-2	copropietario	Irlanda – RU

ESTUDIOS

La presente monografía ofrece al lector un estudio riguroso y actualizado sobre la red global de cables submarinos de fibra óptica, en especial en su dimensión geopolítica y de seguridad.

Este estudio aborda, en primer lugar, el régimen jurídico internacional de los cables submarinos y explica la evolución tecnológica y empresarial que ha permitido a los cables convertirse en una infraestructura crítica e insustituible para el funcionamiento de las sociedades modernas por donde transita la práctica totalidad de la información digital. A continuación, se analiza el papel que desempeñan en la competencia geopolítica que actualmente dirimen las grandes potencias, así como las amenazas, cibernéticas y físicas, a las que se enfrentan. Finalmente, se analiza el papel que desempeña España en la red global recientemente revalorizado por la instalación de los nuevos sistemas de cables de alta capacidad.

Este trabajo ha sido realizado en el marco del Proyecto de investigación «Recursos marinos, sostenibilidad y territorio. Implicaciones para España de la evolución de los regímenes jurídicos de la pesca y la plataforma continental ampliada» –RECMAR– (PID2023-150405OB-I00), financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades/Agencia Estatal de Investigación (DOI: 10.13039/501100011103 /FEDER, UE)



El precio de esta obra incluye la publicación en formato DÚO sin coste adicional (papel + libro electrónico)

ACCEDE A LA VERSIÓN ELECTRÓNICA SIGUIENDO LAS INDICACIONES DEL INTERIOR DEL LIBRO

ISBN: 978-84-1152-634-7

