



CONSTRUCCIÓN NAVAL, CIENCIA Y DIPLOMACIA EN EL MARCO DE LA TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

Rodrigo PÉREZ-FERNÁNDEZ
Universidad Politécnica de Madrid
Siemens Digital Industries, España

Jaime PÉREZ-MARTÍNEZ
Universidad Politécnica de Madrid
Royal Institution of Naval Architects, Reino Unido

Introducción



AS marinas y los constructores navales asociados a ellas exigen ahora que la construcción se realice en su territorio. Esto supone una transferencia de conocimientos técnicos, además de la mera venta de buques y equipos, lo que puede desarrollar la industria del país receptor al transformarlos de clientes a proveedores. Por lo tanto, es una amenaza a la supremacía tecnológica y altera el equilibrio de poder.

En países como China se da una gran importancia a la hegemonía tecnológica. Como superpotencia emergente, se basó en los mismos fundamentos que los principales actores internacionales de la Guerra Fría: Rusia y Estados Unidos. Éstos son la expansión territorial, la población, la explotación de las potencias mundiales en declive, la división, el gasto en defensa y el progreso científico. Este último, en todos los campos pero especialmente en la informática, ha sido un logro notable. Si consultamos el *SCImago Journal & Country Rank*, se advierte que en 2004 China alcanzó la segunda posición mundial en producción científica, manteniendo ese rango de forma ininterrumpida. Esto le permitió posicionarse como una potencia convencional y asimétrica. Ese crecimiento ha sido denunciado por la utilización de la diplomacia para penetrar en las instituciones académicas y de investigación con el fin de alimentar sus propias indagaciones (Joske, 2018).

La evolución de la guerra y los conflictos internacionales exige una respuesta flexible y rápida de las Fuerzas Armadas, que se encuentran bajo una creciente presión presupuestaria. Además, la digitalización de la Marina Mercante y la Militar está creando una fuerte dependencia de las empresas tecnológicas recién creadas. Las marinas han estado a la vanguardia de la innovación; no obstante, en los últimos años el declive de la base industrial de la defensa en muchos países occidentales ha dado lugar a adquisiciones extranjeras, asociaciones estratégicas temporales y privatizaciones. Esa internalización y privatización de las adquisiciones de defensa está aumentando la necesidad de políticas y diplomacia que puedan minimizar las amenazas que están surgiendo en este creciente contexto cooperativo.

Diplomacia naval

La fuerza naval es una herramienta fundamental para la política exterior de cualquier Estado. Si bien, en tiempos de guerra, su uso pueda limitarse al apoyo de una fuerza ofensiva, en tiempos de paz su libertad de movimientos constituye sin duda una importante ventaja. Asimismo, refuerza la economía del país y su influencia global. El valor del poder naval ha sido discutido en libros clásicos como *The Influence of Sea Power Upon History* de Alfred T. Mahan.

Cuando se utiliza el término diplomacia naval, en él se engloban las operaciones en tiempo de paz, en las que habitualmente se incluyen la disuasión, la coerción y la cooperación, entre otras. Las dos primeras comparten sus orígenes en lo que se conoce como *diplomacia de cañonero*, a pesar de una percepción más positiva de la disuasión. Así pues, en primer lugar, debemos distinguir entre la *diplomacia de cañonero* y el uso menos agresivo de la fuerza naval. Remitiéndonos a la obra de James Cable, *Gunboat Diplomacy, 1919-79: Political Applications of Limited Naval Force*, obtenemos la siguiente definición:



Fuerza naval en el ejercicio DYNAMIC MANTA-23. (Fuente: NATO HQ MARCOM)

«La diplomacia de cañonero es el uso o la amenaza de una fuerza naval limitada, que no sea un acto de guerra, con el fin de asegurar una ventaja, o evitar una pérdida, ya sea en la promoción de una disputa internacional o bien contra ciudadanos extranjeros dentro del territorio o la jurisdicción de su propio Estado» (Cable, 1981).

A pesar de ser una práctica muy extendida, es una cuestión constantemente ignorada por las distintas conferencias que regulan la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (CNUDM); pero la necesidad de abordarla es cada vez más importante (Chang, 2018).

Existen otras actividades en las que participan las marinas que tienen un mayor impacto en la influencia exterior y en el crecimiento industrial. Una de ellas es la creación de coaliciones, que es claramente una estrategia ventajosa que establece relaciones entre los miembros de las diferentes marinas y la industria de construcción naval que las apoya. Y esto se sustenta en la tradición marinera, muy arraigada en todos los marinos y motivada en parte por el entorno hostil en el que desarrollan su actividad. Ese vínculo tiene un gran valor político que puede utilizarse con fines operativos, como ejercicios, operaciones conjuntas o para evitar conflictos y tranquilizar a la marina. Pero, sin duda, puede ofrecer oportunidades comerciales para la industria naval nacional. Las operaciones de coalición tienen una eficacia más clara cuando

forman parte de una estrategia más amplia que incluya otras medidas diplomáticas, militares y económicas (Till, 2009).

La utilización de las fuerzas armadas para crear «poder blando», *soft power*, fue destacada por Joseph S. Nye Jr. en su artículo «Public Diplomacy and Soft Power», cuya combinación con el uso más convencional de las fuerzas armadas, o «poder duro» (*hard power*), genera lo que él denomina «poder inteligente» (*smart power*):

«En ocasiones, los militares pueden desempeñar un papel importante en la generación de poder blando. Además del aura de poder que generan sus capacidades de poder duro, los militares tienen una gran variedad de intercambios de oficiales, formación conjunta y programas de asistencia con otros países en tiempos de paz» (Nye, 2008).

Además, si se incluye el término «diplomacia de defensa preventiva» (figura 1), se encuentra el valor de la participación internacional para promover los intereses nacionales.

La diplomacia, entendida como algo más que la relación entre Estados, tiene la capacidad de alterar la percepción y dar acceso a los recursos y a la tecnología de otros países. Esto se ha demostrado en otros ámbitos, como la cultura, la tecnología y la educación, que se expondrán a continuación.

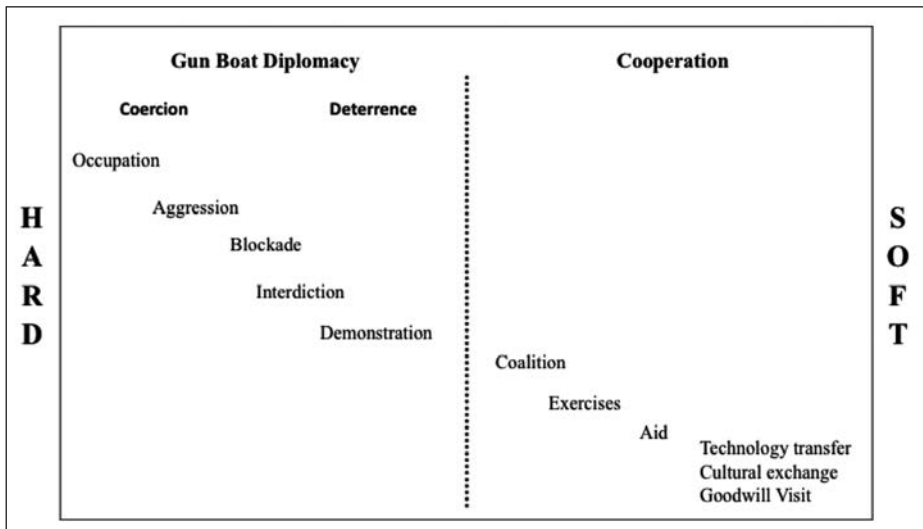


Figura 1. Espectro de la diplomacia naval. (Desarrollado por los autores basándose en ROWLANDS, K., 2015)

Embajadas flotantes

Durante los períodos de paz, las marinas de los distintos países utilizan los buques de guerra como demostración de poder y como embajadas flotantes. Los buques de guerra se benefician del asilo extraterritorial y también pueden ser utilizados como «armas» diplomáticas para fortalecer la relación entre los Estados marítimos e influir en la opinión pública. Para España no hay mayor ejemplo que el buque escuela *Juan Sebastián de Elcano*. Sus cruceros de entrenamiento son un espectáculo en los puertos internacionales que visita.

Otros recursos diplomáticos

Según lo expuesto anteriormente, el uso del «poder blando» no se limita a los gobiernos. También puede tener su origen en las empresas privadas, la cultura, la tecnología y la educación, en ocasiones promovidas por el Estado, como en el caso de los centros culturales como ejemplos más reconocibles. Aprovechando la definición de Nye, encontramos el poder de atracción de la cultura a través de los valores universales que promueve. Algunos países como China y Rusia impulsan de manera significativa sus centros culturales. Pese a ser bastante modernos en comparación a otros —como el Institut Français (1907), el Instituto Confucio (2004) y la Fundación Russkiy Mir (2007)—, han experimentado un mayor crecimiento en un esfuerzo por mejorar su reputación internacional. A pesar de sus semejanzas con los institutos culturales occidentales, su enfoque se considera poco ortodoxo para la diplomacia cultural, pudiéndose categorizar como «desvinculación institucional» (Popovic; Jenne; Medzihorsky, 2020). Sin embargo, mientras que China ubica los institutos en territorios que le permiten una ventaja económica y académica, Rusia refuerza sus lazos con los países vecinos y sus socios comerciales.

Ruta Marítima de la Seda

Con una política naval denominada «Iniciativa de la Ruta de la Seda del siglo XXI», China está explotando de forma extraordinaria sus capacidades militares navales con una fuerza de combate en rápido crecimiento. La Marina del Ejército Popular de Liberación (PLAN), que cuenta actualmente con 335 unidades desplegadas (O'Rourke, 2021), constituye un importante desafío para la primacía regional de Estados Unidos, así como para los países vecinos. La ubicación y la superficie de China le proporcionan un gran número de retos y oportunidades, ya que tiene veintidós Estados vecinos, de los cuales siete son marítimos. Esto ha dado lugar a diversas disputas marítimas en la zona del Pacífico Occidental. No obstante, esta iniciativa puede fomentar el

desarrollo de una «economía azul» y la resolución de los conflictos por medios pacíficos (Chang, 2018). Según la UNCTAD (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo), China es actualmente el principal país armador en número de buques y el tercero en tonelaje, por detrás de Grecia y Japón (UNCTAD, 2020). Esta estrategia se ajusta claramente al ciclo marítimo virtuoso introducido por Geoffrey Till. Sin embargo, una fase de ese ciclo es la de los recursos marítimos, que puede dar lugar a conflictos por intereses.

China ha ido pasando de una defensa predominantemente costera hasta finales de los años 90 a operaciones en alta mar. Este proceso se remonta a la compra de los destructores de la clase *Sovremenny* a Rusia —que ha sido su principal fuente de tecnología militar desde la Guerra Fría (Schwartz, 2015)— en respuesta a la crisis del estrecho de Taiwán de 1996. Su creciente actividad en política exterior y en operaciones navales augura una mayor implicación futura en la diplomacia naval (Heath, 2020).

Aunque este extraordinario crecimiento conlleva una carga económica y unas necesidades tecnológicas cada vez mayores, en el pasado la construcción naval china dependía en gran medida de los suministros de los países occidentales, como armas, motores y electrónica. Esa dependencia se vio considerablemente afectada por las sanciones impuestas desde 1989, en particular por el embargo de armas en vigor casi ininterrumpidamente, lo que detuvo la transferencia de tecnología de la que China se beneficiaba desde los años 70, cuando la Administración de Deng Xiaoping inició una liberalización económica y mejoró las relaciones exteriores. Tras el cese del bloqueo, el presupuesto militar, que había disminuido gradualmente desde la reforma, experimentó un fuerte crecimiento que continúa hasta hoy (Bing-Fu; Liming, 2006).

Mientras que a principios de los años 2000 Occidente se centraba en la «guerra contra el terrorismo», el PLAN introducía nuevas «directrices operativas» que daban prioridad a la tecnología y la información (Heginbotham; *et al.*, 2015), lo que llevó a un enfoque operativo intensivo en datos que desarrolló el concepto de «guerras locales en condiciones informatizadas».

Este formidable crecimiento no ha pasado desapercibido, y la estrecha relación entre su sector público y privado ha suscitado el cuestionamiento de lo que se denomina competencia asimétrica (China Strategy Group, 2020).

La irrupción de China como un destacado exportador de armas en los últimos años es el resultado de una transición de cliente a competidor. Durante el período 2017-2020, fueron proveedores de 49 países en acuerdos de armas mayores, con 19 buques entregados a 11 de ellos y que formaban parte de la cartera de pedidos de un total de 43, entre los que se incluían corbetas, patrulleras, OPV, submarinos y fragatas (SIPRI, 2021). Sin embargo, su dependencia de la tecnología extranjera sigue siendo palpable en algunos ámbitos, como en la electrónica submarina.

Su compleja relación con Rusia continúa generando acuerdos de cooperación científica y tecnológica y, aunque sus relaciones bilaterales son más de socios que de aliados, es previsible que se convierta en un multiplicador de fuerza en el ámbito tecnológico. Además, los ejercicios militares conjuntos de los últimos años reflejan su creciente asociación (Heath, 2020).

Transferencia tecnológica

Previamente hemos tratado de la transferencia de tecnología entre Rusia y China. Sus complejas relaciones no son únicas, pues podemos establecer paralelismos con antiguos imperios. Es el caso, por ejemplo, de los imperios francés y español, que durante el siglo XVIII pusieron en marcha una iniciativa común de construcción naval en la que los constructores franceses sirvieron a la Marina como consecuencia del cambio dinástico tras la Guerra de Sucesión. Esa alianza tuvo consecuencias a nivel mundial y propició la creación de la fuerza naval que posteriormente prestaría asistencia en la Guerra de la Independencia de Estados Unidos contra una potencia competidora, el Imperio británico.

Proteccionismo primitivo

El proteccionismo naval en España tiene entre sus primeras referencias la Pragmática de 1501. Este decreto prohibía la venta de barcos a países extranjeros. Aunque el objetivo era evitar la transferencia de conocimientos técnicos de la construcción naval española, tuvo resultados devastadores, particularmente en los territorios del norte. Ante el descenso de la demanda, se redujo la producción y, por lo tanto, aumentó la impopular práctica de incautación de buques por parte de la Armada. Asimismo, entre los mayores obstáculos para el fomento de la construcción se encontraba la desconfianza hacia la administración debido a los impagos habituales, así como el menor tonelaje preferido por los propietarios privados. En contra de su intención original, la Armada tuvo incluso que recurrir a buques extranjeros, pues el tonelaje de los privados era considerablemente inferior al exigido por la Corona (Fernández Duro, 1880).

Transferencia tecnológica y control de las exportaciones

La transferencia de tecnología puede tener distintos orígenes, entre ellos la cooperación estatal, los institutos de investigación y la colaboración industrial. Estas iniciativas de colaboración pueden dar lugar a la difusión de

tecnología sensible, que tiene un gran impacto en el área de las tecnologías de doble uso. Con frecuencia, la adquisición de activos requiere la transferencia de conocimientos y la asistencia para poder ser completa. Estos conocimientos pueden obtenerse por medio de:

- Asistencia técnica.
- Asesoramiento y consultoría.
- Formación académica o *industrial consulting*.

Por lo tanto, es necesario analizar esas transferencias diferenciando entre conocimientos explícitos, implícitos y tácitos. Existen diversos grados de control de las exportaciones a nivel estatal que varían según el alcance de las tecnologías y la asistencia prestada, que puede ser mediante acuerdos, embargos de armas y controles multilaterales de las exportaciones. Pero su eficacia puede verse comprometida debido a la complejidad de las relaciones comerciales, la investigación, la divulgación científica y la diferenciación entre bienes tangibles e intangibles (tabla 1).

ABIERTO	ENCUBIERTO
Adquisición legal directa de equipos	Adquisición directa e ilegal directa de equipos
Adquisición legal a terceros equipos	Desvíos ilegales terceros países
Equipos capturados en guerras	Sobornos
Licencias legales, patentes y ventas de plantas (llave en mano)	Visitantes de terceros países
Asociaciones estratégicas temporales y conocimientos comerciales directos	Espionaje industrial
Ferias, exposiciones y conferencias	Agentes extranjeros
Intercambios académicos, publicaciones y filtraciones	Ciberataques

Tabla 1. Vías de transferencia de tecnología.
(Desarrollado a partir de National Academy of Engineering, 1982)

Critical Technology Protection

La defensa y la seguridad nacionales dependen en gran medida de las capacidades tecnológicas de la base industrial. La protección de la tecnología crítica es fundamental para mantener la ventaja que confiere, y para ello son necesarias normas y medidas de seguridad que garanticen que la tecnología empleada no se vea comprometida. Usando la terminología estadounidense,

éstos serán los activos incluidos en la Información Crítica del Programa o *Critical Program Information* (CPI), que son el «elemento de capacidad que contribuye a la ventaja técnica de los combatientes» y que requiere un control durante todo el ciclo de vida del activo.

En marzo de 2021, la Autoridad de Seguridad Nacional de Noruega (NSM) detuvo la venta de la compañía Bergen Engines (propiedad de Rolls-Royce Holdings) al grupo ruso TMH por motivos de seguridad nacional. Bergen ha sido el proveedor de motores de la Marina noruega, que es miembro de la OTAN, de manera que podría dar acceso a información sensible. En el mismo año surgió un caso similar con el fabricante ucraniano de reactores Motor Sich, que vio bloqueado el intento de compra por parte de la empresa estatal china Skyrizon por el riesgo de aumentar las capacidades militares de China y que pudiera compartir información con socios industriales como Rusia.

En el ámbito de la robótica, la compañía alemana Kuka fue objeto de una adquisición por parte del grupo chino Midea en 2016, lo que le permitió acceder al mercado chino. Sin embargo, también representa un riesgo por la transferencia de tecnología y la propiedad intelectual en un área estratégica para la transformación de la industria 4.0.

Unión Europea

Ante el crecimiento de los competidores en la industria de la defensa naval, se hace evidente la necesidad de consolidar las marinas y los astilleros europeos con una base tecnológica e industrial de defensa europea, lo que es un objetivo de la UE. Las empresas de defensa siguen manteniendo su independencia nacional y sólo colaboran con otras a través de asociaciones estratégicas temporales o consorcios multinacionales. Una de esas formas de cooperación es el establecimiento de la Cooperación Estructurada Permanente (CEP) —PESCO en su acrónimo en inglés—, marco que se diferencia por los compromisos comunes vinculantes a los que se adhieren los Estados miembros. Estos proyectos están presentes en las siguientes áreas:

- Instalaciones de formación y entrenamiento.
- Sistemas terrestres.
- Marítima (tabla 2).
- Sistemas aéreos.
- Ciberseguridad.
- Servicios conjuntos múltiples.
- Espacial.

Para regular las exportaciones de tecnología y equipos militares, la UE adoptó la Posición común del Consejo sobre las exportaciones de tecnología

Tabla 2. Proyectos marítimos PESCO. (Desarrollado a partir de <https://pesco.europa.eu/>)

Maritime (semi-)Autonomous Systems for Mine Countermeasures (MAS MCM)	Deployable Modular Underwater Intervention Capability (DIVEPACK)
Harbour and Maritime Surveillance and Protection (HARMSPRO)	Maritime Unmanned Anti-Submarine System (MUSAS)
Upgrade of Maritime Surveillance (UMS)	European Patrol Corvette (EPC)

y equipos militares (2008/944/PESC), modificada en 2009. En ella se recogen las directrices y los principios para las solicitudes de licencias de exportación de la Lista Común Militar de la UE (tabla 3). Conviene destacar que esos ítems se refieren a «equipos especialmente diseñados o modificados para uso militar» y a «equipos y componentes relacionados».

Tabla 3. Common Military List of the European Union. (Desarrollado a partir de EUR-Lex)

ML1	«Pequeño» calibre. Ánima lisa (<20 mm) y armas automáticas (<12,7 mm)	ML12	Sistemas de armas de energía cinética de alta velocidad
ML2	«Gran» calibre. Ánima lisa (≥20 mm) y armas automáticas (≥12,7 mm)	ML13	Equipos y construcciones blindados o de protección
ML3	Municiones y dispositivos para el armado de los cebos	ML14	Equipos especializados para el entrenamiento militar o la simulación
ML4	Bombas, torpedos, cohetes, misiles, otros dispositivos y cargas explosivas	ML15	Equipos de formación de imagen o de contramedida
ML5	Sistemas de dirección de tiro, vigilancia y aviso	ML16	Piezas de forja, piezas de fundición y productos semielaborados
ML6	Vehículos terrenos y componentes	ML17	Equipos misceláneos, materiales y bibliotecas
ML7	Agentes químicos, agentes biológicos, agentes antidisturbios y materiales radiactivos	ML18	Equipo de producción e instalaciones de ensayo ambiental
ML8	Materiales energéticos y sustancias relacionadas	ML19	Sistemas de armas de energía dirigida
ML9	Buques de guerra	ML20	Equipos criogénicos y superconductores
ML10	Aeronaves	ML21	Equipo lógico
ML11	Equipos electrónicos y vehículos espaciales	ML22	Tecnología

Conforme a la base de datos de Exportación de Armas Convencionales (COARM), en los últimos años el principal origen de las exportaciones de material militar, en porcentaje del valor de las exportaciones totales en todas las categorías de ML, ha estado en Francia, España e Italia, siendo sus clientes mayoritariamente de Oriente Medio y Europa. Sin embargo, debido a la naturaleza de los programas de buques de guerra, tanto el origen como los Estados receptores varían significativamente. Se ha incluido la figura 2 para ilustrar la distribución regional en el período 2017-2019.

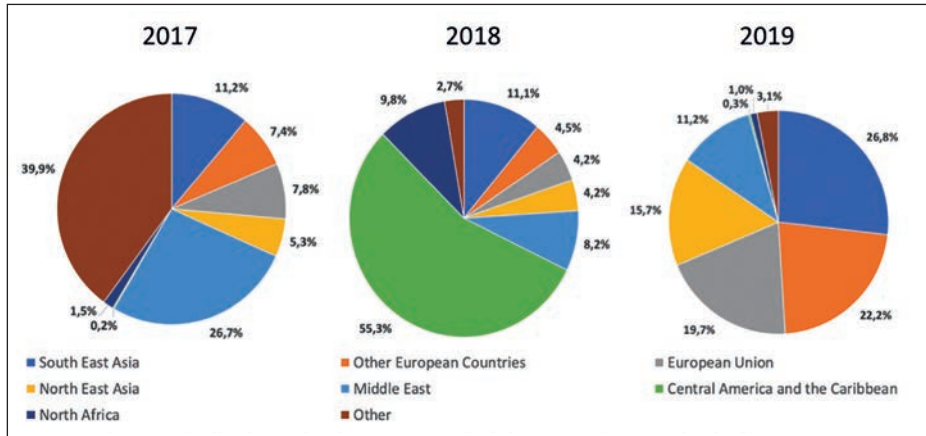


Figura 2. Distribución regional como porcentaje de las exportaciones totales de elementos ML9. (Elaborado a partir de la base de datos electrónica COARM)

El comercio marítimo tiene una importancia estratégica para la UE, que utiliza la Política Común de Seguridad y Defensa (PCSD) para apoyar las operaciones de seguridad internacional. Este aparato europeo ha organizado misiones navales con la EUNAVFOR, entre las que se encuentran *Sophia*, *Atalanta* e *Irini*. Sin embargo, su participación en los asuntos internacionales está asegurando su lugar como potencia blanda líder, aunque sin operaciones militares ambiciosas, dado que el papel activo en la defensa ha pasado de las misiones militares a las predominantemente civiles (Meyer, 2020).

Inversión extranjera

Los países occidentales están implementando políticas destinadas a proteger las tecnologías sensibles de potencias emergentes como China. La seguridad nacional ha sido motivo de alerta para prevenir la inversión extranjera en industrias clave. No obstante, con la disminución de los presupuestos de

defensa, esta inversión resulta atractiva, especialmente tras la crisis económica, por lo que encontrar un equilibrio se ha convertido en un desafío.

La Teoría de los Arcos Dorados para la Prevención de Conflictos (*Golden Arches Theory of Conflict Prevention*), enunciada por Thomas Friedman, puede motivar la búsqueda de una mayor interacción entre los países, pero carece de aplicabilidad al introducir el modelo de negociación de la guerra (Li, 2008). Por otra parte, los cambios bruscos en la asignación de recursos y de poder, así como las discrepancias políticas, pueden ser perjudiciales. Por tanto, una mayor integración y relación interestatal puede dar lugar a un mayor número de oportunidades de conflicto.

Las tecnologías de doble uso suponen la principal amenaza, puesto que las adquisiciones extranjeras pueden poner en peligro la ventaja tecnológica, además de las infraestructuras estratégicas, incluidos los ferrocarriles y los puertos. Pero la supervisión efectiva por parte del gobierno del país anfitrión puede verse comprometida debido a la complejidad que rodea a las operaciones de inversión.

Inversión extranjera directa

Una inversión extranjera directa (IED), según la definición de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos), es una «inversión transfronteriza que realiza un residente de una economía con el objetivo de establecer un interés duradero en una empresa residente en una economía diferente de la del inversor directo». En los últimos años, se han revisado los aparatos de control de la IED de diferentes países en un esfuerzo por endurecer la normativa para evitar las adquisiciones extranjeras en sectores clave. En 2020, como resultado de la COVID-19, la Comisión Europea publicó las *Orientaciones dirigidas a los Estados miembros en relación con*

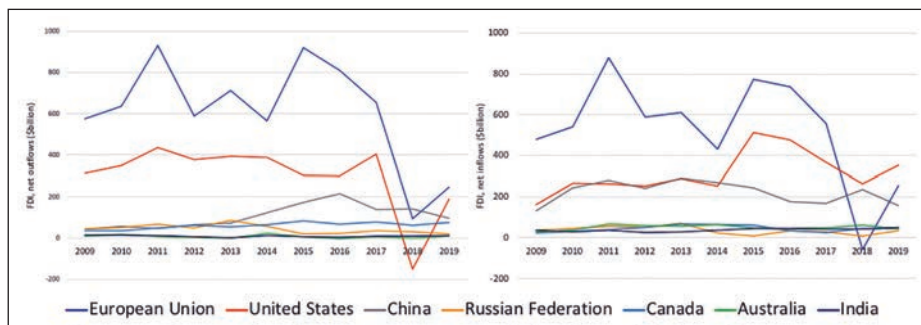


Figura 3. Inversión extranjera directa entre 2009 y 2019. (Elaborado a partir de datos del Banco Mundial, data.worldbank.org)



INS Kalvari (S-21) basado en el diseño del proyecto P-75 *Scorpène*.
(Foto: www.wikipedia.org)

las inversiones extranjeras directas y la libre circulación de capitales de terceros países, así como la protección de los activos estratégicos de Europa, antes de la aplicación del Reglamento (UE) 2019/452 para proteger las «industrias estratégicas».

En contraste con las regulaciones occidentales (figura 3), India está aumentando el techo de la IED para promover la producción de defensa en su territorio. Dichas iniciativas están cobrando mayor popularidad con el caso reciente del astillero francés Naval Group y la Marina brasileña, que construyeron los submarinos del Programa de Desarrollo de Submarinos (PROSUB) en Itaguaí Construções Navais (ICN), siendo un claro ejemplo de transferencia de tecnología y producción. En la India, el astillero francés estableció Naval Group India, con el ecosistema de defensa *Make in India* que desarrolla el proyecto P-75 *Scorpène*.

Industria 4.0

Tecnologías emergentes

Existen hoy en día conceptos y tecnologías relativamente nuevas y otras antiguas que ahora han vuelto con fuerza gracias a las mejoras tecnológicas, siendo éstas:

- Gemelos digitales.
- Internet de las cosas (IoT).
- Realidad virtual, aumentada y mixta.
- Inteligencia artificial (IA).
- *Big data*, minería de datos, análisis de datos.
- *Machine learning*.
- Simulación.

El gemelo digital es un concepto muy extendido actualmente y, sin duda, uno de los mejores aliados para los buques de guerra polivalentes. La idea consiste en la conexión entre el activo real y el diseño, el mundo virtual, y resulta ser un nexo natural que sin embargo no ha sido posible hasta que otras tecnologías han evolucionado lo suficiente.

IoT, IA, *machine learning* son ahora las tecnologías que hacen posible un gemelo digital realmente efectivo, particularmente el IoT, que puede considerarse la conexión básica entre la realidad y el mundo virtual. De esta forma se produce un intercambio de datos continuo y bidireccional entre el activo real y el modelo que mantiene actualizadas ambas entidades y refleja la realidad en el mundo virtual e inverso.

El tráfico en la dirección del activo real al modelo virtual consiste en una combinación de sensores y operarios que envían los datos. El sensor suele mandar la información mediante su conexión a la infraestructura de comunicaciones, mientras que los operadores humanos se comunican con el modelo virtual con aplicaciones diseñadas habitualmente para dispositivos que permiten la movilidad y la conexión inalámbrica entre los trabajadores y la infraestructura.

El tráfico inverso suele provenir de un centro de control que gestiona los datos proporcionados desde el mundo real reflejados en el diseño virtual, y tiene dos formas de comunicarse con el activo real: a través de la interacción con *widgets* creados en el modelo digital, que envían la orden directa a un actuador fiscal, o transmitiendo una orden a un operador humano. Ambas transmisiones pueden ser realizadas por un humano, por un proceso automático si el activo virtual incluye IA o con un programa automático que simplemente tiene una salida en función de los parámetros de entrada.

El *machine learning* es también un componente importante del gemelo digital, ya que aprende de los datos, de las decisiones adoptadas anteriormente y de las consecuencias de éstas. Cuando el sistema dispone de suficiente criterio para llegar a sus propias conclusiones, puede sugerir posibles soluciones o enviar alertas gracias a la capacidad de hacer predicciones. El objetivo final de un gemelo digital es alcanzar un escenario casi en tiempo real, y para ello es imprescindible que aprenda y se actualice a partir de otras fuentes, además de las mencionadas anteriormente: máquinas similares, flotas de máquinas similares y sistemas y entornos más amplios de los que pueda formar parte.

No obstante, se debe tener en cuenta toda la información que fluye, pues el gemelo digital también integra los datos históricos del uso de las máquinas para incorporarlos a su modelo digital, y esto se puede utilizar para crear modelos predictivos, detectar patrones y problemas de forma temprana, etcétera.

En una entrevista realizada en mayo de 2019 a James Geurts, jefe de Adquisiciones de la Marina estadounidense, expone cómo el gemelo digital es la respuesta para una actualización más sencilla de los sistemas de combate del buque. Por otro lado, la ciberseguridad será un factor clave porque el concepto de gemelo digital depende directamente de la red. Asimismo, Geurts comentó que el gemelo digital también se está aplicando en los astilleros.

Aunque hay sectores, como la automoción o la aeronáutica, en los que el gemelo digital es un concepto ampliamente aplicado, la industria naval todavía está iniciándose en él. Consideramos que el ámbito en el que encuentra más aplicación es en el de la defensa, y en los buques de guerra polivalentes resulta ser la aplicación más atractiva, ya que encaja a la perfección con el concepto polivalente como consecuencia de su continua evolución a lo largo de toda la vida operativa.

Políticas tecnológicas

Las mencionadas tecnologías emergentes constituyen una parte del camino para alcanzar el liderazgo tecnológico. Asimismo, es necesario abordar la estrecha relación entre el liderazgo económico y el tecnológico, pues ambos son fundamentales para la seguridad nacional de cualquier Estado. En consecuencia, la pugna tecnológica occidental requiere de una política tecnológica que promueva a las empresas nacionales y no comprometa las cadenas de suministro, y que garantice la protección de la tecnología susceptible de ser sustraída. Por su parte, la estrategia diplomática de cooperación, necesaria para el crecimiento, precisa de salvaguardas para evitar que la información crítica sea obtenida por potencias extranjeras.

Tecnologías de doble uso

En los últimos años ha aumentado el interés por los productos —*software* y tecnología— con aplicaciones tanto civiles como militares. Su exploración en áreas como la robótica, la automatización, la comunicación, la sensorización, el análisis de datos, el *machine learning* cuántico, la ingeniería genética y los sistemas de precisión pueden contribuir al avance de las capacidades militares. El elevado número de adquisiciones de empresas occidentales por parte de firmas extranjeras ha impulsado legislaciones para proteger a las empresas

tecnológicas a través de los controles de las exportaciones de los productos de doble uso de la UE, con cuatro tipos de autorizaciones de exportación.

Dado el habitual origen civil de estas tecnologías, la financiación gubernamental temprana para el fomento de la innovación autóctona puede conducir a su protección, así como al desarrollo de dichas tecnologías.

El futuro de la defensa

Base industrial de defensa y tecnologías disruptivas

Es preciso que los Estados promuevan la inversión en investigación y desarrollo de las capacidades militares, lo que conduce a la creación de asociaciones industriales y programas de adquisición largos y estables. Las limitaciones presupuestarias que padecen algunos países hacen que esos costosos programas sean prácticamente inasumibles, lo cual los lleva a la creación de alianzas internacionales y empresas conjuntas. Por otra parte, las nuevas amenazas tecnológicas, como la ciberseguridad, alteran el enfoque de las adquisiciones militares. A causa de la rapidez del desarrollo, algunos productos comerciales se ven adaptados para satisfacer una finalidad militar.

Las tecnologías disruptivas no sólo cambian a los usuarios, sino también el impacto que tienen en la sociedad, pues a veces crean la necesidad de nuevas políticas. Asimismo, es necesario un control de las mismas en función de los posibles actores. Limitar su avance puede ser perjudicial, por lo que es necesario fomentarlas en un entorno financiado con garantías de seguridad. El desarrollo de la tecnología en dicho escenario es necesario para alcanzar y mantener el liderazgo tecnológico. Si tomamos la primera Ley de Melvin Kranzberg —«La tecnología no es buena ni mala, ni es neutral»— (Kranzberg, 1986), las consecuencias no intencionadas son vitales para entender el razonamiento de la protección de dichas tecnologías.

Es imperativo que la innovación se desarrolle en la base industrial, ya que el progreso tecnológico tiene beneficios comerciales y económicos igual de importantes que el dominio militar. Por lo tanto, el fortalecimiento de la industria da como resultado no sólo la creación de una ventaja, sino también la prevención de las posibles desventajas. La necesidad de apoyar la construcción naval comercial fue destacada por Geoffrey Till, ya que «ayuda a reducir el coste de los buques de guerra y facilita la incorporación de las mejores prácticas comerciales, la tecnología y la innovación en los nuevos buques de guerra, al tiempo que mantiene el empleo estable para cientos de miles de constructores y proveedores nacionales altamente cualificados» (Till, 2009). Es decir, el impacto de la construcción naval en la prosperidad afecta al empleo, a la educación y a los ingresos a nivel nacional y local (Ipsos MORI, 2017).

I + D e innovación

Los principales innovadores invierten más en investigación y desarrollo que las empresas de defensa (figura 4), lo que explica el motivo por el que se adquieren productos comerciales para transformar en aplicaciones militares. Sin embargo, el proceso de aprovisionamiento puede retrasarse debido a la aversión al riesgo de los responsables de la defensa y a las soluciones a medida que se requieren, lo que da lugar a largos e iterativos procedimientos.

Considerando la relación aproximada de 2:1 en los costes de los sistemas de combate en comparación con la plataforma, la necesidad de invertir en la investigación en esa área se presenta como una prioridad. No obstante, la eficiencia de los procesos de producción ha sido uno de los objetivos de los constructores navales.

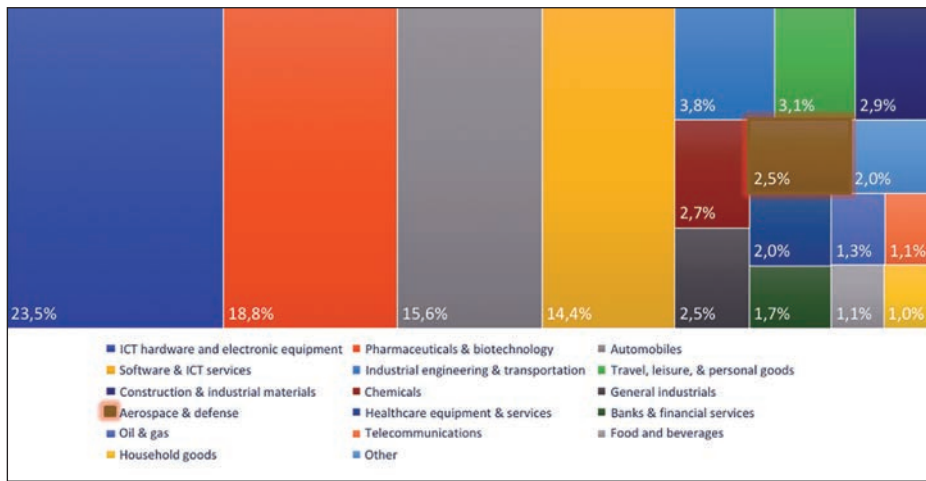


Figura 4. Proporción del gasto mundial en I + D 2018-2019. (Desarrollado a partir de Cornell University, INSEAD, and WIPO, 2020)

Los relativos tiempos de paz hacen que los procesos de adquisición de tecnología sean más inciertos. El responsable de la compra de equipos y servicios de defensa desconoce total o parcialmente las posibles amenazas. Las empresas de defensa son generalmente «buscadoras de necesidades» y se comprometen con el cliente a desarrollar sus capacidades. Además, el menor rendimiento de la inversión (ROI) puede hacer que la I + D especulativa no sea interesante para las empresas de defensa, que requieren compromisos de largo plazo.

Amenazas

La construcción naval es un sector estratégico que no es inmune a las amenazas nacionales e internacionales. En el ámbito militar, se desmarca de la competencia internacional que experimenta la construcción naval comercial por las reducidas series de producción. No obstante, las ventajas que ofrece una marina tecnológicamente avanzada fomentan la competencia.

La mayor amenaza identificada actualmente por las marinas es el espionaje industrial. Los actores extranjeros se infiltran por vía diplomática, académica o de otro tipo en los países con una industria de defensa fuerte. La consecuencia inmediata puede ser una desventaja tecnológica, pero también hay repercusiones económicas a largo plazo. Asimismo, la ingeniería inversa crea un riesgo a la hora de exportar los diseños de los buques.

Las adquisiciones extranjeras no sólo facilitan la transferencia de tecnología, sino que refuerzan la investigación y el desarrollo en el extranjero, lo que afectará a la productividad del país receptor.

La profunda dependencia interestatal del comercio mundial está exigiendo cadenas de suministro robustas. El impacto a nivel nacional de la interrupción del abastecimiento se puso de manifiesto con el bloqueo del canal de Suez en 2021 por el *Ever Given*. De todos modos, no se trató ni mucho menos de su primer cierre, ya que fue bloqueado y cerrado cinco veces con anterioridad, siendo el incidente de 1956 el que dio origen a los superpetroleros —VLCC (*very large crude carrier*) y ULCC (*ultra large crude carrier*)—. El COVID-19, considerado un acontecimiento de cisne negro, ha perturbado gravemente las cadenas de suministro y ha afectado a todos los niveles, desde los proveedores de componentes, la fabricación y la «última milla» hasta el cliente. El nuevo escenario de las cadenas de suministro exigirá un alto grado de adaptabilidad.

Por otro lado, la naturaleza siempre cambiante de las guerras y los conflictos que se libran en el espacio físico y digital está afectando a los programas de adquisición y a las relaciones diplomáticas. La compra de activos de tecnologías respaldadas por Estados extranjeros puede aumentar la fiabilidad de esos proveedores y dar acceso directo a información confidencial.

Conclusiones

Conforme a lo expuesto, la transferencia de tecnología se produce en diversos grados y formas. La prioridad no debe ser el establecimiento de medios de control, tan necesarios, sino el fomento de la base industrial. El Estado, el sector académico y la industria deben crear un marco que sea auto-suficiente en términos de financiación, de los objetivos de los proyectos y de la mano de obra, al igual que adoptar un enfoque proactivo para prevenir la adquisición desde el extranjero de tecnologías e infraestructuras críticas. La

construcción naval requiere el apoyo de la Marina Mercante y de la Militar, incentivar a las nuevas generaciones en la educación en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) y emplearse en la retención de ese talento.

El reto de los programas de defensa es ofrecer innovación a un coste sostenible. Ahora bien, la evaluación debe hacerse incluyendo los avances futuros que se obtengan y los beneficios económicos y tecnológicos que aumentarán la seguridad nacional de manera indirecta.

Cuando se desarrollan programas de I + D es importante considerar el impacto del sector académico en la seguridad nacional en cuanto a la colaboración en la investigación de tecnologías críticas. Si bien los extranjeros son un gran activo para la promoción de la tecnología, así como una herramienta de diplomacia pública, es necesario contar con una política integral de prevención de la fuga de información crítica. Asimismo, la retención de esos estudiantes e investigadores debe ser una prioridad, como destacó Michael Brown en la reunión del Center for Strategic and International Studies (CSIS) del 29 de octubre de 2019.

Por otra parte, existen objetivos globales —como la Estrategia de la OMI para reducir los gases de efecto invernadero (GEI) para 2050— que evidentemente requieren la cooperación de los distintos países, con independencia de sus objetivos individuales. Los proyectos en estas áreas necesitan colaboración en todos los niveles mediante el intercambio de información entre los Estados, la industria y el mundo académico.



BIBLIOGRAFÍA

- JOSKE, A. (2018): «Picking flowers, making honey». International Cyber Policy Centre. Australian Strategic Policy Institute.
- CABLE, J. (1981): *Gunboat Diplomacy, 1919-79 Political Applications of Limited Naval Force*. Nueva York. Palgrave Macmillan.
- CHANG, Y.-C. (2017): «The “21.st Century Maritime Silk Road Initiative” and naval diplomacy in China». *Ocean and Coastal Management*, 153, pp. 148-156.
- TILL, G. (2009). *Seapower: A Guide for the Twenty-First Century*. Nueva York. Routledge.
- NYE, J. S. (2008). Public Diplomacy and Soft Power. *Annals of the American Academy of Political and Social Science*, vol. 616, *Public Diplomacy in a Changing World*, pp. 94-109.
- ROWLANDS, K. (2015): *Naval Diplomacy in the Post-Cold War Global Order*. King's College London.
- POPOVIC, M.; JENNE, E. K.; MEDZIORSKY, J. (2020): «Charm Offensive or Offensive Charm? An Analysis of Russian and Chinese Cultural Institutes Abroad». *Europe-Asia Studies*, DOI: 10.1080/09668136.2020.1785397.
- O'ROURKE, R. (2021): «China Naval Modernization: Implications for U. S. Navy Capabilities». Congressional Research Service.
- SCHWARTZ, P. (2015): «Russia's Contribution to China's Surface Warfare Capabilities». Center for Strategic & International Studies. Lanham, Maryland.
- HEATH, T. R. (2020): «Winning Friends and Influencing People: Naval Diplomacy with Chinese Characteristics». *CMSI China Maritime Reports*, 8. Newport, Rhode Island.
- BING-FU, C.; LIMING, Z. (2006): «The Determinants of China's Defense Expenditure Before and After Transition». *Conflict Management and Peace Science*, 23:3, pp. 227-244.
- HEGINBOTHAM, E., et al. (2015): «The US-China Military Scorecard: Forces, Geography, and the Evolving Balance of Power, 1996–2017». RAND Corporation. Santa Mónica, California.
- China Strategy Group (2020): *Asymmetric Competition: A Strategy for China & Technology*. Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI) (n. d.), Trade Registers, 19 marzo 2021, http://armstrade.sipri.org/armstrade/page/trade_register.php.
- FERNÁNDEZ DURO, C. (1880): *A la mar madera*. Madrid: Imprenta, Estereotipia y Galvanoplastia de Aribau y C.^a (Sucesores de Rivadeneyra).
- National Academy of Engineering (1982): *Scientific Communication and National Security*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/253>. <https://pesco.europa.eu/>
- MEYER, C.O. (2020). CSDP Missions and Operations. Policy Department for External Relations. Directorate General for External Policies of the Union. doi:10.2861/08725.
- LI, Q. (2008): «Foreign direct investment and interstate military conflict». *Journal of International Affairs*, 62. pp. 53-66.
- KRANZBERG, M. (1986): «Technology and History: “Kranzberg's Laws”». *Technology and Culture*, 27(3), pp. 544-560. doi:10.2307/3105385.
- Ipsos MORI (2017): *How to Measure the Prosperity Impacts of UK Shipbuilding*. Department for Business, Energy and Industrial Strategy.
- Cornell University, INSEAD, and WIPO (2020): *The Global Innovation Index 2020: Who Will Finance Innovation?* Ithaca, Fontainebleau, and Geneva.
- UNCTAD (2020): «Merchant fleet», 19 de marzo de 2021, https://stats.unctad.org/handbook/MaritimeTransport/MerchantFleet.html#ref_Unctad_2020a