

La tecnología de los submarinos

Fuente: Infotec

BREVE HISTORIA

El ser humano siempre ha querido explorar y conquistar los fondos marinos.

Hasta nuestros días han llegado, desde los vestigios de los rudimentarios odres de los asirios, a los dibujos de buzos y aparatos que, ya en el Renacimiento, **Leonardo Da Vinci** realizara con idea de surcar las profundidades marinas. Ideas que, curiosamente, abandonarían por considerar que podrían acabar derivando en instrumentos bélicos.



Pero fue el descubrimiento de América el que impulsó el desarrollo de artilugios para bucear; la necesidad de rescatar los tesoros de los barcos hundidos, y la búsqueda de coral y perlas supusieron el impulso decisivo.

Leonardo da Vinci
Fuente: Wikipedia

Jerónimo de Ayanz, el primer español en poner en funcionamiento una campana de bucear, en 1606 patentaría una barca submarina capaz de sumergirse y emerger a voluntad de sus ocupantes.

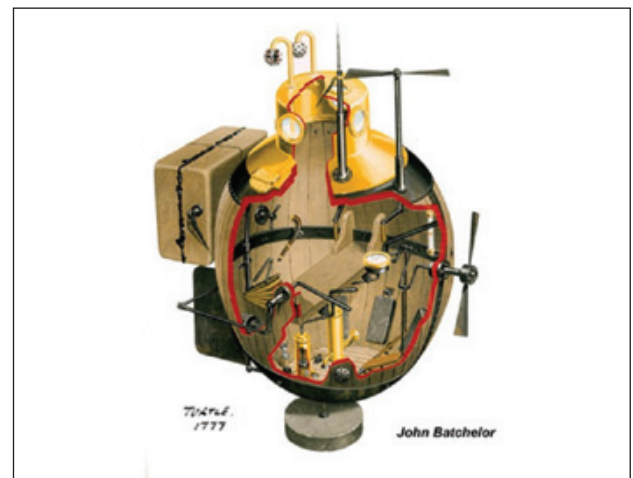
Cornelius Jacobszoon, un holandés al servicio de **Jaime I de Inglaterra**, diseñaría, en 1620, el que es considerado como el primer sumergible: un prototipo propulsado a remos.



Cornelius Jacobszoon y su prototipo
Fuente: Wikipedia

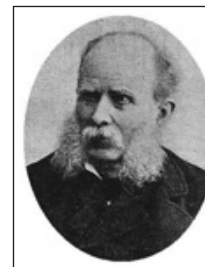
Artilugios que, si bien fueron originariamente concebidos para la exploración subacuática, no tardarían en encontrar su aplicación al ámbito militar; dando, una vez más, la razón al visionario Leonardo.

Así, en 1775, el estadounidense **David Bushnell**, creó el primer submarino militar: el *Turtle*. Con capacidad para una sola persona, se desplazaba gracias a una hélice, que era accionada por su ocupante y, por primera vez en la historia, era el propio agua del mar el empleado como lastre para hundirlo o hacerlo flotar.



Submarino "Turtle" de David Bushnell

En 1859 **Narcís Monturiol** construiría el primer submarino en España: el *Ictíneo*. Su doble casco, de madera de olivo con casquetes de bronce, se desplazaría gracias a hélices, también accionadas por la fuerza del ser humano.



Retrato de Monturiol Ictíneo
Fuente: Wikipedia

Pocos años después **Monturiol** construiría una versión para la Armada, propulsada ya por una máquina de vapor,

que llegaría a realizar inmersiones de más de 8 horas de duración, alcanzando profundidades de hasta 30 metros. Pero su destino final sería el desguace ante la indiferencia oficial que causó.

En 1885, con motivo de la disputa alemana de las Islas Carolinas, el Teniente de Navío **Isaac Peral y Caballero**, presentaría el proyecto de un torpedero submarino.



Isaac Peral
por Gamonal
museo naval. Madrid

El prototipo, de 22 m de longitud, contaba en su diseño con un casco de acero y, por primera vez en la historia, con propulsión eléctrica.

Cuatro años después, el 8 de septiembre de 1888 su botadura sería un gran éxito en La Carraca (San Fernando).



Prototipo de 1888
Fuente: Wikipedia

Una invención que llevaría a la ingeniería y tecnología española a un reconocimiento internacional.

Los principales países del mundo demandarían ingenieros españoles para la construcción de submarinos. Así, el primero de la flota alemana, el U-1, sería un proyecto del español **Raimundo-Lorenzo d'Esquevilley**.

En 1915 la "*Ley Miranda*" daría el definitivo impulso a la construcción española de submarinos, al planificar la incorporación de 28 unidades a la *Armada Española*; de ellos, solo cuatro podrían ser comprados al extranjero, debiendo el resto ser de fabricación nacional.

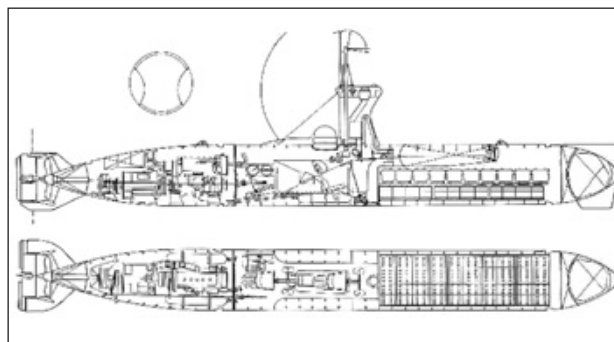
En 1917 la *Armada Española* recibiría su primer submarino, el "Isaac Peral"; un modelo americano fabricado en Massachussets, al que le seguirían 3 unidades de la serie A fabricadas en los astilleros italianos La Specia.

Ese mismo año, la *Sociedad Española de Construcción Naval*, surgida en 1909 aunque propiedad mayoritaria de empresas británicas con astilleros en Ferrol, Cádiz, Cartagena, Bilbao y Gijón, comenzaría la fabricación de submarinos en España. El arsenal de Cartagena sería el elegido para ello. En él se botaría en 1921 la primera unidad fabricada para la Armada en España: el B-1.

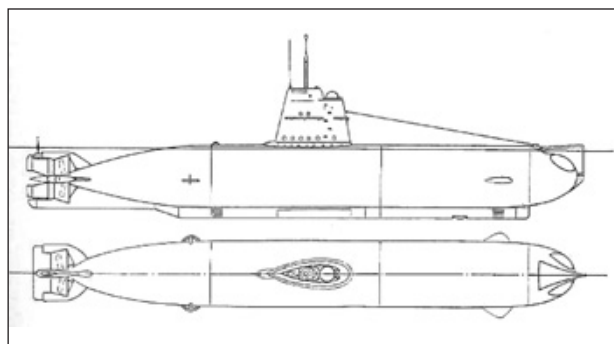
Un total de 6 submarinos de la serie B, 6 de la C, y 3 de la D se botarían en los astilleros cartageneros de esta empresa hasta 1952.

La *Guerra Civil Española* llevaría a la industria de nuestro país a sufrir un considerable parón. Y si bien la militar sería una de las que menos lo acusarían, los 8 submarinos incorporados a la *Armada Española* entre 1937 y 1944 tendrían que ser fabricados en astilleros extranjeros.

En 1947 el Estado constituía la *Empresa Nacional Bazán*. A pesar del retraso tecnológico del país, en la factoría de Cartagena, se botarían, entre los años 1955 y 1964, los submarinos de asalto **Foca** y **Tiburón**.



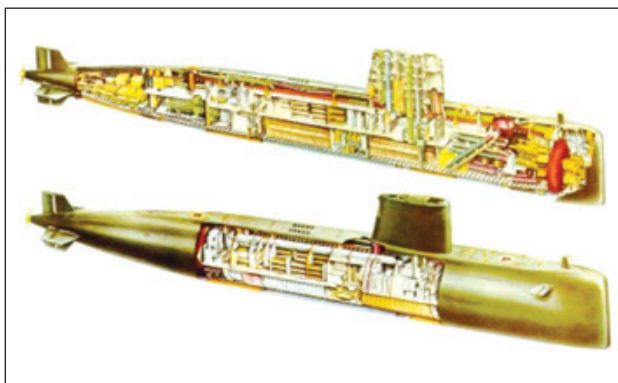
Planos serie Foca
Fuente: www.telecable.es



Planos serie Tiburón
Fuente: www.telecable.es

Finalmente no habría más remedio que recurrir a un contrato de cooperación técnica entre Bazán y la *Armada Francesa*, para permitir que nuestros astilleros fueran paulatinamente asimilando la tecnología vetada durante los años de aislamiento internacional.

Entre 1972 y 1984 los astilleros de Cartagena botarían 8 nuevos submarinos para la *Armada Española*. La última serie, la S-70, evidenciaría la recuperación tecnológica de nuestro país; el 70% de su estructura y su equipamiento serían ya de procedencia nacional.

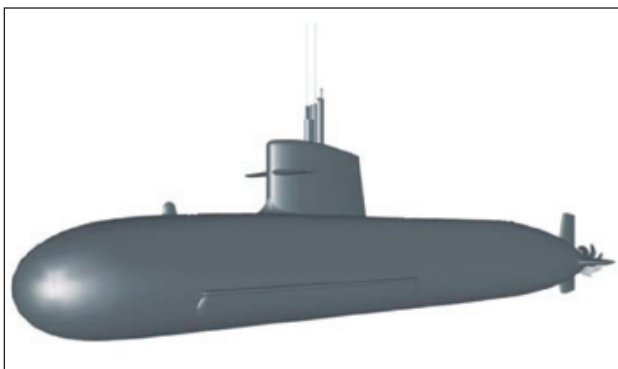


Serie S-70

Fuente: www.revistanaval.com

En julio de 2000 la *Empresa Nacional Bazán* se fusionaría con *Astilleros Españoles*¹, pasando una parte a dar origen a la sociedad “*IZAR Construcciones Navales*”; el noveno grupo naval del mundo y el segundo de Europa.

Había llegado el momento de la independencia y de poder diseñar y construir, de nuevo, un submarino íntegramente en España: el S-80.



Submarino S-80

Fuente: www.navantia.es

En marzo del año 2004 la *Armada Española* suscribía con *IZAR* el contrato de compra de 4 unidades del S-80. Su primera unidad deberá ser entregada en 2013, debiendo estar en poder de la Armada las restantes en 2016.

En diciembre de 2004 la rama militar de *IZAR* se segregaría creando la sociedad *NAVANTIA*, que, en el momento actual, integra los astilleros de Ferrol, Fene, Puerto Real, San Fernando, Cádiz y Cartagena.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Un submarino es un tipo especial de buque capaz de navegar por la superficie y bajo el agua, gracias a un sistema de flotabilidad variable.

Para ello, los submarinos disponen de los denominados

tanques de lastre. Para que el submarino comience a sumergirse, se abren unas válvulas que permiten que el agua del mar entre en dichos tanques. Su peso provoca la inmersión. El giro de los hidroplanos, unos timones situados en los laterales del submarino, hacen que descienda su proa. La profundidad que pueda alcanzar será función de la resistencia de su casco.

El retorno del submarino a superficie se realiza inyectando aire comprimido a los tanques de lastre. Dicho aire desplaza el agua almacenada, devolviéndola, a través de las válvulas, nuevamente al mar. Su menor peso, junto al cambio de dirección de los hidroplanos, hace que la proa se eleve y el submarino comience a emerger.

Aunque el sistema pueda parecer sencillo, en la práctica no lo es, pues un submarino sumergido es un sistema inestable, con tendencia a caer hacia el fondo o flotar hacia la superficie. Mantener una profundidad fija exige operaciones continuas sobre los tanques de control de profundidad, ya que es descontrolado por simples corrientes, variaciones de temperatura, densidad o salinidad del agua.

Otro de los aspectos importantes de un submarino es la propulsión. Tratándose de buques que deben resultar silenciosos para no ser detectados en inmersión, el mecanismo más utilizado es el empleo de motores eléctricos accionados por baterías eléctricas, para la navegación subacuática, y motores de combustión interna para el desplazamiento en superficie y la recarga de baterías. La tecnología más utilizada es la diesel-eléctrica.

La aparición de la propulsión nuclear marina presentó la ventaja frente a los anteriores que, al no existir combustión y no requerirse el aporte de oxígeno atmosférico, éstos pueden permanecer sumergidos de manera indefinida, sin necesidad de tener que salir a superficie para recargar sus baterías.

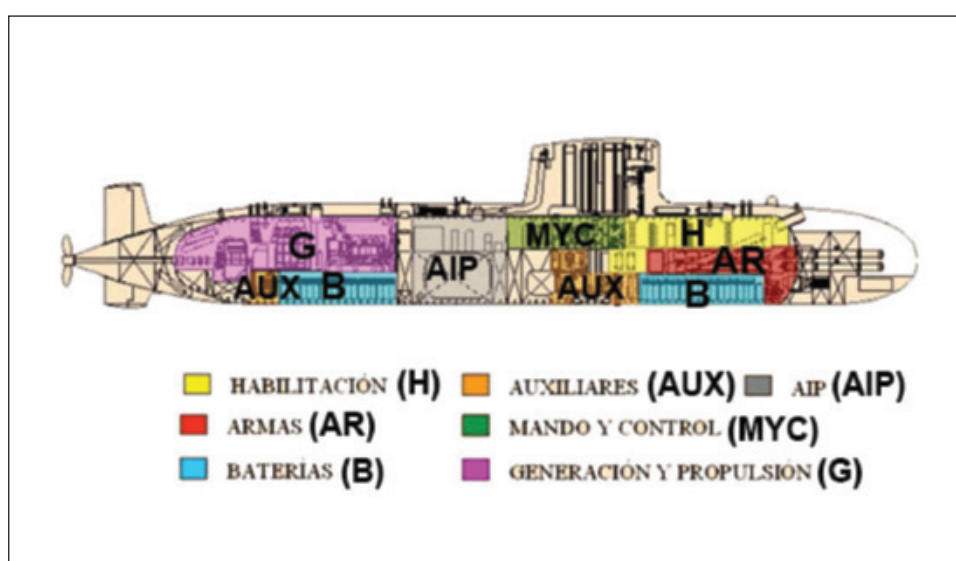
Desde el año 2005, en esta factoría de **Navantia**, en Cartagena, están trabajando en el que será el submarino convencional, no nuclear, más moderno del mundo: el S-80. Un buque íntegramente diseñado por ingenieros españoles y en cuya construcción estos astilleros tienen trabajo garantizado, al menos, hasta 2016.

LA SERIE S-80 Y SU PROCESO DE FABRICACION

La gran novedad de este submarino es combinar un sistema de propulsión diésel-eléctrico, basado en generadores diésel, con un sistema capaz de generar electricidad en condiciones anaerobias de inmersión, a partir de oxígeno e hidrógeno, mediante una pila de combustible. Combinación que permite al submarino permanecer sumergido más de catorce días ininterrumpidamente frente al máximo de 3 de cualquier submarino convencional.

Comenzando por la popa encontramos en primer lugar la hélice de propulsión y los timones de gobierno y buceo.

La gran novedad de este submarino es combinar un sistema de propulsión diésel-eléctrico, basado en generadores diesel, con un sistema capaz de generar electricidad en condiciones anaerobias de inmersión, a partir de oxígeno e hidrógeno, mediante una pila de combustible.



La hélice, de paso fijo y con un diseño especial para impedir la *cavitación* a velocidad elevada, es propulsada, mediante un eje de cola, desde el motor eléctrico principal, de imanes permanentes. Motor que se alimenta gracias a baterías, distribuidas en dos grupos diferentes para equilibrar peso.

A continuación se ubican una serie de sistemas auxiliares y los tres grupos de generación diésel-eléctrica para navegación en superficie y recarga de baterías.

Avanzando hacia proa, entraríamos en el área del AIP: el sistema de Propulsión con Independencia de Aire, capaz de generar electricidad, mediante una pila de combustible de membrana polimérica, a partir de oxígeno líquido criogenizado e hidrógeno procedente del reformado de etanol y que garantiza una gran autonomía.

Bajo la vela, que alberga los periscopios, los sistemas optrónicos de imagen -capaces de aportar capacidad de visión las 24 horas del día y en cualquier condición climática- y las antenas de comunicaciones, encontramos el área de mando y control.

El S-80 incorporará un piloto automático, *Gaudi*, fabricado por el grupo italiano *Avio*, que será instalado en

colaboración con **Faba**, la filial electrónica de **Navantia**, así como diversos radares de navegación, desarrollo de la compañía española **Indra**.

En dicha área también se encontrarán ubicadas las consolas multifunción del sistema de combate más avanzado del mundo, capaces de obtener múltiples objetivos en escenarios diferentes, desarrollo conjunto de Navantia y la empresa americana **Lockheed**

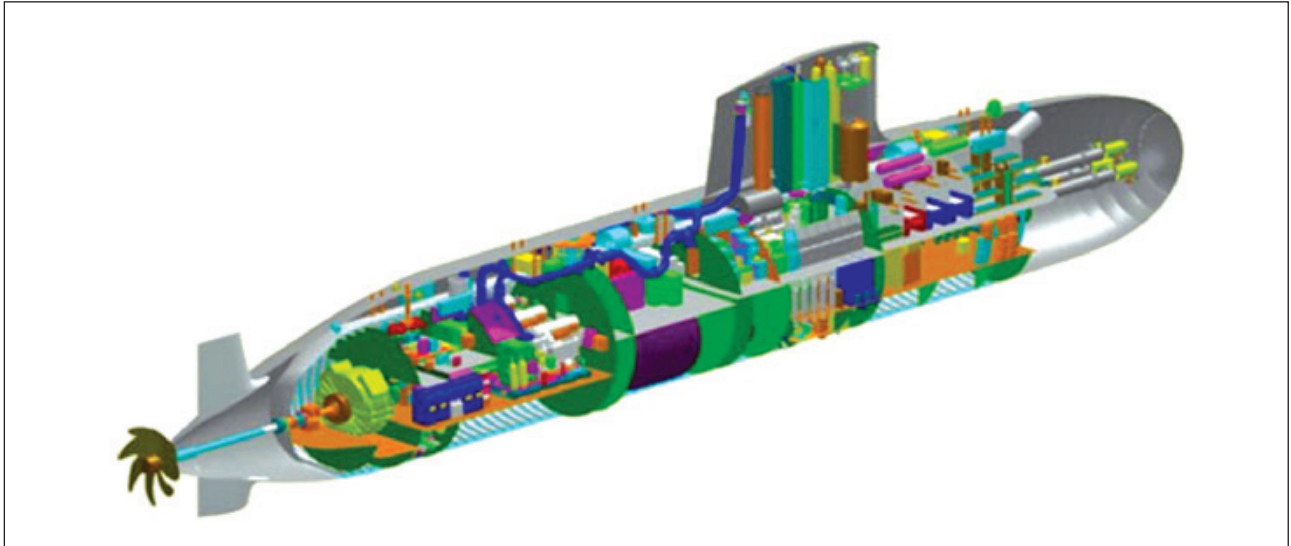
Martin. Un sistema que incorpora siete sonares fijos y uno remolcado -éste último en desarrollo por un grupo británico-, junto a un sistema de guerra electrónica, desarrollo español de **Indra**.

El área de Habitabilidad integra las estancias en las que su reducida tripulación, 32 personas, desarrollarán su vida cotidiana. Un submarino en cuyo diseño se ha tenido en cuenta la realidad de la incorporación de la mujer al ejército, disponiendo de alojamientos y aseos diferenciados para ambos sexos. Pero la optimización del espacio ha llevado a que cada tripulante disponga de cama propia, desapareciendo la tradicional cama caliente.

Llegando a proa encontramos el área de Armamento, permite la estiba y el lanzamiento de una gran cantidad de armas, incluso los modelos de torpedos más avanzados y misiles destinados a blancos de superficie, tanto en tierra como en mar.

Pero la construcción de un submarino de estas características es una obra de ingeniería con gran complejidad.

La Delegación de Ingeniería de **Navantia** en Cartagena es la encargada de desarrollar los planos de fabricación.



S-80

Fuente: Navantia

- 71,06m (eslora-largo-)
- 11,68 m (manga-dimension transversal)
- 6,02m (calado-distancia entre la línea de flotación y la base de la quilla, lógicamente es cuando el submarino esta navegando en superficie),
- 7,3m (diámetro).
- Desplazamiento en superficie: 2200 Tm
- Desplazamiento en inmersión: 2426 Tm
- Velocidad en superficie: 12 nudos
- Velocidad en inmersión: más de 18 nudos
- Autonomía de navegación en superficie: alrededor de 50 días
- Autonomía en inmersión continua: más de 14 días

cada sección. Sobre cada una de ellas, en la grada, se montarán sus estructuras interiores y exteriores, y se instalarán los equipos. Finalizada la construcción de las cinco secciones, éstas se unirán, formando la nave.

Tras la instalación de los sensores y pruebas en seco, se pondrá a flote, siendo sometida a pruebas en puerto y mar.

El casco resistente del submarino está formado por un cilindro de un 2000 m³ de capacidad, cerrado por domos en sus extremos, cuya construcción se realiza en acero de alto límite elástico. Las secciones transversales deben ser perfectas al objeto de que las fuerzas de varios millones de toneladas que soportará durante las inmersiones, no generen puntos de concentración de esfuerzos. De ahí que su construcción deba ser realizada con elevadísima precisión.

Para ello se han creado 5 secciones diferentes, cada una de las cuales aborda el diseño de un área funcional del submarino. Un diseño que se realiza con programas de diseño en tres dimensiones y en el que ingenieros superiores, ingenieros técnicos y delineantes, de diversas especialidades, abordan de manera conjunta problemas estructurales, eléctricos, de tuberías...

Una vez que el modelo diseñado es validado, se realizan los planos de fabricación, que permitirán a los diferentes talleres del Astillero iniciar los trabajos de construcción. El submarino será construido por secciones. En primer lugar se construye el casco resistente de



Primer corte de chapa



Curvadoras



Taller de Secciones



S-80 en grada

En primer lugar debe cortarse el acero con precisiones milimétricas; lo que se realiza en una máquina de corte por chorro de agua.

Una vez cortadas todas las piezas de acero, se procede a darles la curvatura correspondiente. Tras su curvado se someten a proceso de verificación dimensionalmente, siendo marcadas al objeto de garantizar su trazabilidad.

Los sectores se trasladan hasta la máquina de armado y soldadura, donde con un sofisticado proceso, adaptado a las características del acero empleado, se unen unas con otras, dando lugar a una cuaderna: un anillo perfectamente circular formado por un alma y un ala perpendicular.

Una vez que las cuadernas están fabricadas, se conforman los anillos que posteriormente formarán las cinco secciones del submarino. Secciones conformadas que se llevan a las gradas para continuar las posteriores fases de montaje de todos sus elementos.

Un proceso de fabricación que, por los riesgos que para su tripulación podría suponer el más mínimo fallo, está sometido a un estricto plan de controles de seguridad, calidad y verificación.

Un proyecto para cuyo desarrollo **Navantia** ha tenido que invertir en sus astilleros de Cartagena una considerable suma de más de 40 millones de euros en utillaje, maquinaria y formación de recursos humanos.

Cuatro millones de horas de trabajo, alrededor de 60.000 planos y algo más de 425 millones de euros darán como resultado la primera unidad del S-80 en 2013.

La inversión de 1.800 millones de euros de la *Armada Española* en el programa de construcción de cuatro unidades ha convertido en realidad uno de los proyectos más ambiciosos de la industria de nuestro país y por el que ya se han mostrado interés Armadas de países tales como Turquía, India, Noruega o Australia.

Diseño propio, tecnología puntera y un innegable pasado, hacen posible que hoy, en Cartagena, esté en fabricación el submarino no nuclear más moderno del mundo.