

CONSTRUCCIÓN NAVAL E INDUSTRIA 4.0

MÓDULO 2

TECNOLOGÍAS HABILITADORAS



Este documento forma parte del material de consulta y ampliación del curso MOOC “Construcción naval e industria 4.0”, desarrollado por el equipo docente de la Universidade da Coruña: Vicente Díaz Casás, Lucía Santiago Caamaño, Marcos Míguez González, Alicia Munín Doce, Sara Ferrero González, Tiago Manuel Fernández Caramés; y el equipo docente de CT Ingenieros: Almudena Casanova Díaz, Juan Oliveira, Laura Alonso García, Yanai Vieites Legarreta.

Autoría de la publicación: Yanai Vieites Legarreta, Alejandro Sanz Fonta, Laura Alonso García, Sergio Flores Zamora, Juan Antonio Oliveira Rodríguez.

Handle para citar: <http://hdl.handle.net/2183/27606>

Publica: Servizo de Publicacións Universidade da Coruña.

Coordinación del MOOC: Unidade de Teleformación, CUFIE. Universidade da Coruña. CT Ingenieros.

Diseño gráfico y producción de vídeo: Ingenyus.

Este documento está bajo una licencia Creative Commons:



Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual CC BY-NC-SA

Contenido

Contenido	3
BIG DATA.....	4
¿Qué es el big data?.....	4
Tipos de datos (según su estructura):.....	4
Fases de gestión de datos.....	6
Tipos de analíticas:.....	7
Ventajas e inconvenientes de uso de Big Data en el sector naval.....	8
Webgrafía	10
Enlaces	11
MATERIALES AVANZADOS	12
¿Qué son los materiales avanzados?.....	12
Materiales avanzados en barcos: presente	12
Materiales avanzados en barcos: futuro	14
Conclusión:	14
Enlaces	15
SENSORES	16
Sensórica e industria 4.0.....	16
Sensores y actuadores	17
Sensores.....	17
Referencias	21
Enlaces	22
BUQUES AUTÓNOMOS	23
Definición.....	23
Grados de autonomía	24
Desarrollo	25
Tecnologías habilitadoras	26
Cómo funcionan.....	27
Ventajas	27
Barreras	28
Misiones y ejemplos	29
Enlaces	31
BIBLIOGRAFÍA	32

BIG DATA

¿Qué es el big data?

El big data se puede definir como un conjunto masivo de datos, estructurados y no estructurados, que las aplicaciones de software de procesamiento de datos que tradicionalmente se venían usando no son capaces de capturar, tratar y poner en valor en un tiempo razonable.

Igualmente, el mismo término se refiere a las nuevas tecnologías que hacen posible el almacenamiento y procesamiento, además de al uso que se hace de la información obtenida a través de dichas tecnologías.

Estos datos se caracterizan por las 3Vs:

Volumen: tendrá que procesar grandes volúmenes de datos generalmente no estructurados de baja densidad. La cantidad de datos generados está aumentando. Según crecen las bases de datos, también lo han de hacer las aplicaciones y arquitectura construida para soportar la recogida y almacenamiento de datos cada vez más variados.

Velocidad: La velocidad es el ritmo al que se reciben los datos y (posiblemente) al que se aplica alguna acción.

La velocidad de análisis requerida por la sociedad actual es una de las características fundamentales que tienen los datos a gran escala, donde los datos en constante movimiento procesados a tiempo real cobran protagonismo, ejecutando algoritmos cada vez más complejos en menos tiempo.

Variedad: La variedad hace referencia a los diversos tipos de datos disponibles.

Algunas organizaciones han añadido 2 V que representa la veracidad, que se refiere a la exactitud y fiabilidad de los datos. Y que el Valor de los datos generados deben ser útiles, accionables y tener valor.

Veracidad: saber la fiabilidad de la información recogida es importante para obtener unos datos de calidad e, incluso, dependiendo de las aplicaciones que se le vaya a dar a misma, se convierte en fundamental. Es un factor que puede influir mucho en conseguir una ventaja competitiva en la explotación del Big Data.

Valor: una gran cuantía de datos frecuentemente extrae pequeñas informaciones de valor. Cómo conseguir dicha información de manera eficiente es uno de los retos que afronta día a día el área de la inteligencia de datos. El valor es sin duda una cualidad fundamental en el análisis.

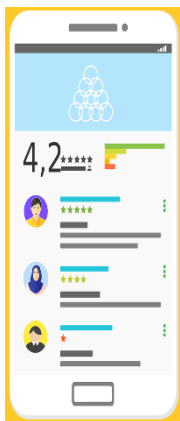
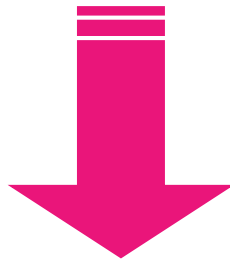
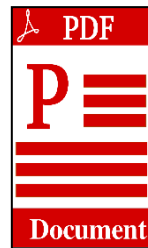


Tipos de datos (según su estructura):

Solo el 20% de información es estructurada y eso puede provocar muchos errores si no acometemos un proyecto de calidad de datos.

- **Estructurados:** Datos ordenados que se almacenan en tablas y están bien definidos en cuanto a su formato, tamaño y longitud. De esta manera, es más fácil procesarlos.

- **No estructurados:** Es un conglomerado masivo y desorganizado de datos que no tienen un formato específico y no es posible almacenarlos de forma tradicional. El valor no se adquiere hasta que se organizan, identificándolos y almacenándolos.
- **Semiestructurados:** Se trata de información no regular y que no se pueden gestionar de manera estándar. Es una mezcla de los dos anteriores: no están perfectamente estructurados, pero sí tienen patrones comunes que los describen y dan información sobre las relaciones entre los mismos.



Fases de gestión de datos

Captura y filtrado de datos

Durante la integración, es necesario incorporar volúmenes enormes de datos de numerosas fuentes y aplicaciones distintas, procesarlos y asegurarse de que estén formateados y disponibles de tal forma que los analistas empresariales puedan empezar a utilizarlos.

Es importante asegurarnos de que obtenemos datos de calidad de los que pueda salir un análisis veraz, útil y fiable. Todos los datos capturados necesitan ser guardados, antes de ello los sometemos a un filtrado de datos corruptos o datos que no responden con los objetivos establecidos.

Gestión (almacenamiento)

El big data requiere almacenamiento. Su solución de almacenamiento puede residir en la nube, on premises o en ambos lo que facilita su acceso y disponibilidad y evita los silos de datos.

La nube está aumentando su popularidad ya que es compatible con sus requisitos tecnológicos actuales y permite incorporar recursos a medida que los necesita.

Procesamiento/gestión

Aquí lo que hacemos es integrar los datos, manipulándolos masivamente para estructurarlos y diferenciarlos (a veces, en función de lo que necesitemos, extraeremos subconjuntos relevantes para manipularlos y analizarlos sin afectar al resto), de forma que podamos extraer información valiosa de ellos en fases posteriores.

Se pueden extraer conocimientos y buscar patrones repetitivos de esos datos a través de la estadística y la machine learning.

Las herramientas de procesamiento de los datos dan la base tecnológica para operar con grandes volúmenes de información batch o flujos rápidos de datos en tiempo real. Responden a cómo trabajar con los datos.

Análisis

Los datos por si mismos no garantizan conocimiento. EL valor no está en los propios datos sino en las relaciones que existen entre ellos. Estas relaciones son las que nos permiten extraer patrones que construyen el conocimiento en múltiples ámbitos que abarcan casi todos los campos imaginables.

La inversión en big data se rentabiliza en cuanto se analizan y utilizan los datos (en esta fase).

Existen distintos algoritmos y métodos para realizar el análisis de los datos, produciendo información de valor para el negocio.

Tipos de analíticas:

Existen tres tipos de analítica Big Data:

ANALÍTICA DESCRIPTIVA “¿Qué sucedió?”

Consiste en almacenar y realizar agregaciones de datos históricos, visualizándolos de forma que puedan ayudar a la comprensión del estado actual y pasado del negocio.

Se trata del tipo de analítica más simple. Estos hallazgos simplemente indican que algo está mal o bien, sin explicar por qué.

ANALÍTICA DIAGNÓSTICA “¿Por qué sucedió?”

Al igual que la descriptiva, tiene en cuenta el desempeño pasado del comercio pero suma al análisis datos del contexto. Gracias a eso, da un paso más allá de la anterior y permite descubrir tendencias o relaciones causales.

En esta etapa, los datos históricos pueden medirse con otros datos para responder a la pregunta de por qué sucedió algo. Gracias al análisis de diagnóstico, existe la posibilidad de profundizar, averiguar las dependencias e identificar patrones de comportamiento que expliquen los resultados obtenidos hasta ahora. Proporciona información detallada sobre un problema en particular.

Este tipo de análisis de diagnóstico es vital para solucionar problemas y evitar que sucedan de nuevo en un futuro.

ANALÍTICA PREDICTIVA “¿Qué sucederá?”

Se construye sobre la analítica descriptiva y usa modelos estadísticos avanzados para estimar aquellos datos de negocio que son desconocidos o inciertos, o que requieren de un proceso manual o costoso para su obtención.

La analítica predictiva contrasta datos recientes e históricos con técnicas como la minería de datos, modelos de machine learning y estadísticas, para ofrecer escenarios y comportamientos de clientes futuros posibles basados en probabilidades.

Hay que tener en cuenta la previsión es solo una estimación, cuya precisión depende en gran medida de la calidad de los datos y la estabilidad de la situación, por lo que requiere un tratamiento cuidadoso y una optimización continua.

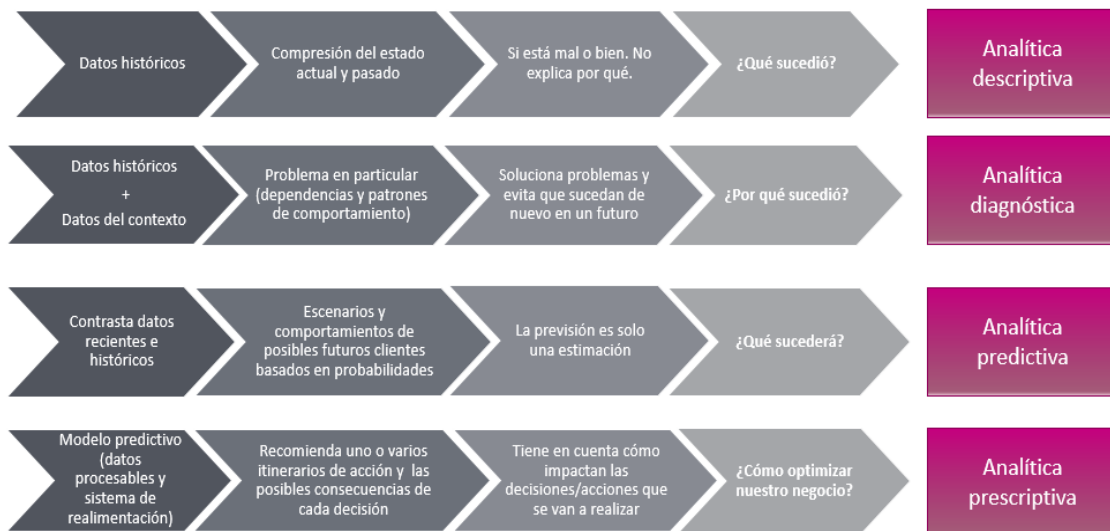
ANALÍTICA PRESCRIPTIVA “¿Qué hacemos para optimizar nuestro negocio?”

Se trata del nivel más alto de analítica y explota las anteriores junto con estrategias de optimización para mejorar la gestión y estrategias de negocio. La analítica prescriptiva va más allá de los modelos descriptivos y predictivos, recomendando uno o varios itinerarios de acción y mostrando las posibles consecuencias de cada decisión.

La analítica prescriptiva tiene en cuenta no solo los datos del negocio, sino cómo impactan las decisiones/acciones que se van a realizar.

Este tipo de analítica parte de un modelo predictivo con dos componentes adicionales: datos procesables y un sistema de realimentación que rastree las consecuencias de las acciones sugeridas.

Tipos de analíticas



Ventajas e inconvenientes de uso de Big Data en el sector naval.

La principal ventaja de Big Data es la obtención de información y conocimiento. Esta ventaja puede ser aplicada a todos los sectores y entornos, de forma que en el entorno industrial y sin ser exhaustivos, podríamos traducir esta gran ventaja en las siguientes:

- **Mejora toma de decisiones:** existen infinidad de datos sobre el mercado naval mundial, que debidamente organizados y analizados ofrecen una información crítica a la hora de tomar decisiones estratégicas para el astillero: dónde ofertar, qué mercados emergen, evolución de la flota, cuál es la línea de especialización con más futuro para el astillero...
 - Optimización de los procesos en base a datos históricos.
 - Soporte a la toma de decisiones en base a algoritmos automáticos.
 - Mejoras en la seguridad del negocio.
- **Mejor planificación del proyecto:** la construcción de un barco es un trabajo largo, en el que cada vez hay que ajustar más los plazos y los costes. La recogida de datos sobre el proceso hará posible ajustar las diferentes fases de construcción y evitar vacíos de ocupación, siendo más eficiente.
 - Ahorro de costes.
 - Ahorro de tiempos.
- **Feedback a tiempo real (=)** Capacidad de reacción: la gestión de un gran volumen de datos sobre el proceso facilitará una rápida capacidad de reacción ante cualquier cambio imprevisto, de los que suelen presentarse en el desarrollo de un producto tan complejo como un buque.
 - tecnología ágil y veloz
 - recibir datos a tiempo real y contar con la información necesaria rápidamente
- **Conocimiento del mercado, control de stock y política de compras:** como en otros procesos, en la construcción de un barco es capital que el engranaje no se pare porque no ha llegado a tiempo una pieza necesaria. Adecuar la política de compras al ritmo del trabajo y controlar el stock es muy importante en el éxito de los proyectos.
 - Búsqueda de nuevas oportunidades de negocio.
 - conocer a los consumidores y adelantarse a sus necesidades.

- detectar tendencias en consumo o fallos en la atención al cliente.
- Mayor precisión en la segmentación de mercados.
- Optimización de los canales de ventas.
- **Tecnología del presente y futuro**
 - Elemento diferenciador y de éxito entre las empresas.
- **Mantenimiento predictivo:** contar con el histórico de datos de toda la maquinaria que interviene en el proceso permitirá desarrollar modelos de mantenimiento predictivo y evitar las paradas no programadas.
 - Anticipación a problemas. Sistemas predictivos.

Entre los principales inconvenientes de Big Data, podemos destacar los siguientes:

- **Necesidad de elaborar una estrategia en la organización para la implantación de Big Data.**
- **Fiabilidad de los Datos.**
- **Portabilidad de los datos.**
- **Necesidades de hardware:** infraestructura de TI necesaria para respaldar las iniciativas de análisis de big data.
 - El espacio de almacenamiento para alojar los datos,
 - el ancho de banda de la red para transferirlos hacia y desde los sistemas de análisis
 - los recursos de cómputo para realizar esos análisis son costosos de comprar y mantener.
- **Escasez de recursos técnicos formados para el tratamiento de datos, manejo de las plataformas y análisis de datos.**
- **Costes de implantación:** Muchas de las herramientas de big data de hoy dependen de la tecnología de código abierto, que reduce drásticamente los costos de software, pero las empresas aún enfrentan importantes gastos relacionados con la dotación de personal, hardware, mantenimiento y servicios relacionados.
- **Dificultad para integrar sistemas heredados**
- **Ciberseguridad** (La vulnerabilidad de esta enorme cantidad de datos almacenados es el objetivo de los nuevos ciberataques)
- **Las políticas de protección de datos.** son necesarios consensos y protocolos que establezcan hasta qué punto esta tecnología podría considerarse intrusiva y cómo protegerla.
- **Tecnofobia.** existen reacciones desfavorables por parte de los usuarios, que consideran que vulnera su privacidad.

NOTA:

Una apuesta firme y decidida por la aplicación de la innovación y las nuevas tecnológicas en el sector naval es el eje transversal del “Plan Estratégico de I+D+I de los Medianos y Pequeños Astilleros. Visión 2030”. Una hoja de ruta establecida por los constructores navales españoles con el objetivo fundamental de coordinar, integrar y unificar la política europea frente a la competencia internacional en general y asiática en particular.

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Mejora toma de decisiones. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Optimización de los procesos en base a datos históricos. ▪ Soporte a la toma de decisiones. ▪ Mejoras en la seguridad del negocio. 	Necesidad de elaborar una estrategia en la organización y costes para la implantación de Big Data.
Feedback a tiempo real. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Capacidad de reacción. 	Fiabilidad y portabilidad de los datos.
Conocimiento del mercado, control de stock y política de compras. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Búsqueda de nuevas oportunidades de negocio. 	Necesidades de Hardware. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Espacio de almacenamiento para alojar los datos.

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conocer a los consumidores y adelantarse a sus necesidades. ▪ Detectar tendencias en consumo o fallos en la atención al cliente. ▪ Mayor precisión en la segmentación de mercados. ▪ Optimización de los canales de ventas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ancho de banda de la red para transferirlos hacia y desde los sistemas de análisis. ▪ Los recursos de cómputo para realizar esos análisis son costosos de comprar y mantener.
<p>Mejor planificación del proyecto.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ahorro de costes. ▪ Ahorro de tiempos. 	<p>Escasez de recursos técnicos formados. Para el tratamiento y análisis de datos. Manejo de las plataformas.</p>
<p>Mantenimiento predictivo.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Anticipación a problemas. ▪ Sistemas predictivos. 	<p>Dificultad para integrar sistemas heredados. Ciberseguridad.</p>
<p>Tecnología del presente y futuro.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Elemento diferenciador y de éxito entre las empresas. 	<p>Políticas de protección de datos. Tecnofobia.</p>

Tabla Resumen

Webgrafia

<https://www.powerdata.es/big-data>

<https://es.wikipedia.org/wiki/Macrodatos>

<https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Big-data>

<https://www.oracle.com/es/big-data/guide/what-is-big-data.html>

<https://www.iic.uam.es/big-data/>

<https://blog.mdcloud.es/que-es-big-data-y-para-que-sirve/> MAS INFO

https://www.sas.com/es_es/insights/big-data/what-is-big-data.html VIDEO

<https://www.masterbigdataucm.com/que-es-big-data/>

<https://www.bit.es/knowledge-center/analisis-de-datos-en-big-data/>

<https://www.executrain.com.mx/blog/big-data/item/los-4-tipos-de-analitica-de-datos-que-debes-conocer>

<https://www.datahack.es/tipos-analitica-big-data/>

<https://www.iep.edu.es/5-tipos-de-datos-en-el-big-data/>

<https://bbvaopen4u.com/es/actualidad/reconocer-los-diferentes-tipos-de-datos-indispensable-en-la-era-del-big-data>

<https://clastroeneb.es/2019/01/09/tipos-y-calidad-de-datos-en-big-data/>

<https://es.mailjet.com/blog/news/big-data/>

<https://www.ve.com/es/blog/que-es-big-data-fases-elementos>

<https://piperlab.es/2019/05/14/el-ciclo-de-vida-de-los-datos-las-5-fases-para-llevar-a-exito-un-proyecto-de-big-data/>

<https://auragroup.es/ciclo-de-vida-del-big-data/>

<https://www.datahack.es/fases-analitica-big-data/>

<https://prometeusgs.com/las-cuatro-fases-en-el-tratamiento-de-los-grandes-volumenes-de-datos/>

<http://datamall.com.ec/fases-para-un-proyecto-big-data-exitoso/>

Enlaces

Para saber más sobre Big data en el sector marítimo y naval:

- <https://www.artabrotech.com/todo-lo-que-el-sector-naval-gallego-puede-mejorar-explotando-sus-datos/>
- <https://www.artabrotech.com/el-sector-pesquero-gallego-ante-el-reto-de-las-tecnologias-4-0/>
- <https://www.artabrotech.com/los-datos-estan-ahi-desafio-atraparlos-organizarlos-obtener-valor/>
- <https://www.pctcan.es/la-industria-maritima-apuesta-por-la-innovacion-y-las-nuevas-tecnologias-para-ser-competitiva-frente-a-la-pujananza-del-mercado-asiatico/>
- <https://empresas.blogthinkbig.com/big-data-en-el-sector-publico-navantia/>
- Sesión Big Data y Analytics en el Sector Naval (Ingenieros Navales y Océánicos):
https://www.youtube.com/watch?v=_tiOygLSYsg

MATERIALES AVANZADOS

¿Qué son los materiales avanzados?

Los materiales avanzados son aquellos materiales desarrollados a través de la investigación para obtener unas propiedades físicas o de funcionamiento específicas, mayores que las de los materiales habituales como el acero o el aluminio.

Los materiales avanzados más conocidos actualmente son los materiales compuestos, los cuales se forman mediante dos o más componentes, de forma que las propiedades del material final son superiores a las de los materiales por separado. Estos materiales se componen de las fibras, encargadas de soportar los esfuerzos aportando rigidez y resistencia; y la matriz poco resistente y flexible, cuya función es darle cohesión al material y transmitir los esfuerzos a las fibras. Los materiales compuestos más comunes actualmente son los de matriz metálica, cerámica y orgánica.

Existe una gran variedad de materiales compuestos y avanzados en la actualidad, aunque sin duda será necesaria la aportación de investigación e innovación para desarrollar nuevos materiales con nuevas propiedades para sus diferentes aplicaciones.

La característica principal de los materiales compuestos actuales es que tienen una gran resistencia con un peso mucho menor que los materiales convencionales como el acero. A través de la innovación, muchos de estos materiales son mejorados día a día para introducir grandes cambios en casi todos los ámbitos de la ingeniería, como el aeronáutico o el automovilístico.

En el sector naval, estos materiales son predominantes en la náutica de competición y recreo, aunque también tienen sus aplicaciones en otras ramas, pero las limitaciones a su implantación residen en el alto coste y complejidad de fabricación que este tipo de materiales suponen, ya que requiere de unos equipos muy grandes y personal cualificado para llevar a cabo la fabricación, además de unos grandes moldes muy resistentes a los ciclos de calor, el efecto de las resinas o a la fatiga producida por las diferencias de presión provocadas para el curado de las resinas.

Materiales avanzados en barcos: presente

Como ya dijimos antes, los materiales avanzados como la fibra de carbono están a la orden del día en otros sectores de la ingeniería como aeronáutico, automovilístico y en náutica de competición, siendo una parte imprescindible en estos ámbitos.

La aplicación de materiales compuestos permite aumentar enormemente la resistencia de las estructuras a la vez que se reduce su peso. Esto permite aumentar la potencia para un mismo consumo de combustible, o en su defecto reducir el combustible necesario para conseguir una misma potencia, obteniendo una mayor eficiencia sin perder propiedades mecánicas, además de aumentar los ciclos de vida de las estructuras.

Actualmente, los materiales compuestos en el sector naval tienen unos usos muy específicos.

Principalmente, podemos encontrarlos en pequeños barcos que buscan una gran ligereza para alcanzar grandes velocidades, como pueden ser embarcaciones de competición, yates de lujo, canoas, catamaranes, u otros elementos deportivos. También en esta categoría estarían diversas embarcaciones de pesca o de apoyo a las Fuerzas Armadas.

Japón es, con diferencia, el país líder en este desarrollo, donde los barcos de pesca con casco de fibra de vidrio representan el 60% del total siendo muy comunes hasta los 45m de eslora. Pero unas de las embarcaciones en las que más

se utilizan estos materiales han sido históricamente los aerodeslizadores, los cuales llevan desde el Hovermarine HM2, fabricado en 1969 utilizando estructuras sándwich hechas mediante refuerzos de fibra con núcleos de espuma.

La estructura más utilizada habitualmente es el ya mencionado panel de sándwich. Esta estructura combina paneles de fibras de aramida o núcleos de espuma, que con refuerzos de carbono y resinas de gran resistencia, dan lugar a lo que comúnmente se conoce como panel sándwich. Mediante los acabados superficiales necesarios, estos materiales pueden resistir la corrosión requiriendo un menor mantenimiento que los materiales actuales.

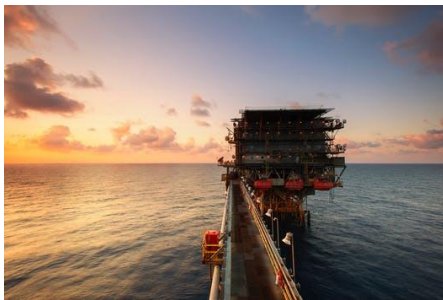
Por otro lado, también son comunes los materiales compuestos en buques de guerra, aunque ya no para la construcción de los buques en sí salvo en el caso de los cazaminas, sino normalmente para la construcción de componentes. El motivo de su uso es principalmente, en este caso, la necesidad de un entorno amagnético, además de la reducción de pesos, la versatilidad de formas que se pueden lograr y la miniaturización de la electrónica empleada.

Otra de las ramas del sector naval en la que los materiales compuestos están extendidos es en el sector petrolífero, dada la resistencia mecánica y química que se puede alcanzar con estos nuevos materiales, que resultan muy adecuados en un entorno de trabajo tan hostil.

Dentro de las estructuras en las que es más habitual encontrar materiales compuestos en barcos, destaca especialmente su uso en la fabricación de mástiles, el cual comenzó en 1990 cuando un estudio mostró que los refuerzos de carbono solucionaban algunos de los problemas que más se daban en los modelos de acero, permitiendo una reducción de peso con respecto a otros modelos de materiales ligeros como el aluminio. Otro uso común es la fabricación de hélices para barcos o submarinos, donde la fibra de carbono o la fibra de vidrio se juntan con aleaciones de níquel, aluminio y bronce.

En cuanto a los cascos, destacan el uso de fibra de vidrio o carbono con resinas epoxy y similares. Viene pisando fuerte la fibra de basalto, para seguir procesos de la misma naturaleza.

Por otro lado, las velas de los buques de competición también has sufrido modificaciones, existiendo gran variedad de ellas, y siendo unas de las más apreciadas las que contienen kevlar®.



resistencia de éstos frente al acero.

Por su parte, el astillero estatal español Navantia, ha incluido recientemente una serie de rejillas en buques petroleros fabricados con polímeros por medio de fabricación aditiva.

En la industria petrolífera, entre otros muchos componentes, los risers (empleados para elevar el crudo desde el lecho marino a la superficie) suelen estar fabricados con diversos materiales compuestos, dada la versatilidad y

A pesar de todas estas aplicaciones, los materiales compuestos actuales no se utilizan en la fabricación de grandes barcos (en sí mismos) debido a su alto coste inicial (maquinaria, moldes...), así como los requisitos logísticos de fabricación y los requisitos que tienen que cumplir algunos barcos, los cuales no cumplirían si tuvieran piezas estructurales importantes fabricadas en material compuesto como la resistencia al fuego, resistencia eléctrica, protección ante impactos balísticos...



**LIGEREZA
Y RAPIDEZ**



Materiales avanzados en barcos: futuro

Durante los próximos años, la industria marítima deberá sufrir un cambio en los materiales más habituales en busca de una mayor eficiencia para actualizarse con respecto al resto de sectores de transporte, apoyado en la investigación, la innovación, el desarrollo de nuevas tecnologías, materiales, métodos de fabricación, disposición de estructuras... Esto se podrá llevar a cabo a través de varias vías.

Una de las posibles vías para nuevos materiales es sustituir elementos que ya existen en los barcos fabricados en materiales pesados como pueden ser las válvulas, bombas, tuberías... por elementos fabricados mediante materiales compuestos ligeros, que ofrecen una buena resistencia ante fluidos corrosivos mediante tratamientos superficiales adecuados.

Otra de las vías de mejora del sector pasa por desarrollar nuevos materiales que puedan aportar propiedades que igualen o mejoren las de los materiales convencionales, pero aportando una nueva componente valiosa como la auto reparación. Por ejemplo, una vía de investigación podría ser el ajuste de las estructuras en metales al nivel de su microescala o nano escala. Mediante la nano precipitación de partículas de carbono o de cobre, pueden conseguir propiedades de resistencia excepcionales. La creación de nuevas aleaciones permitiría ofrecer una alta maleabilidad y resistencia a la corrosión, mediante por ejemplo la introducción del grafeno en comparación a las aleaciones actuales basadas en zinc.



Otra rama de innovación podría ser la introducción de materiales que, mediante reacciones químicas o por sus propiedades físicas, sean capaces de regenerarse de forma autónoma para proteger su superficie y evitar daños estructurales. Este tipo de materiales, están basados en las propiedades de los tejidos biológicos para regenerarse tras detectar daños mediante sensores, pudiendo volver a su estado original, evitando así la propagación de fracturas que puedan provocar fallos catastróficos.

Finalmente, potenciar el uso de los biocomposites transformaría el sector hacia una renovación ecológica, ya que estos materiales en lugar de necesitar procesos petroquímicos para su producción, podrán hacerse mediante recursos naturales y renovables. Precisamente, la diferencia principal entre este tipo de composites y los composites habituales es que los biocomposites son biodegradables, por lo que contaminan mucho menos el medio ambiente, minimizando el impacto que su producción puede llegar a tener, y llegando incluso en algunos casos a ser completamente reciclables.

La estructura de los biocomposites es la misma que la de los composites convencionales. Estos están formados por una matriz de resina y un refuerzo de fibras naturales. La matriz está formada por polímeros que puede derivar de recursos tanto renovables como no renovables. Esta matriz es muy importante al proteger las biofibras de la degradación provocada por el ámbito de actuación. Estas biofibras son derivadas principalmente de materiales como el algodón, madera reciclada, papel, fibra de celulosa... Pueden utilizarse solos o como complemento para otros materiales como la fibra de carbono.

Conclusión:

Investigar en la ciencia de materiales es el camino principal de cara a introducir mejoras en los barcos del futuro, tanto en el ámbito civil como militar. Como ya expusimos anteriormente, las mejoras en los materiales permiten transportar

una mayor carga con un menor combustible, aumentando así la eficiencia. Durante este documento se han expuesto algunas de las líneas actuales en las que los composites aparecen en la industria naval, así como las líneas en las que podría haber un futuro de investigación para materiales avanzados de cara a la implementación en buques de diferentes tamaños.

Además de la introducción de los materiales compuestos en las embarcaciones de lujo, durante los últimos años se han realizado pruebas de prototipos de barcos fabricadas completamente en fibra de carbono y otros materiales compuestos para comprobar su comportamiento. Otros proyectos comprueban la eficacia de introducir elementos fabricados en materiales compuestos en barcos ya existentes, o desarrollando barcos donde los materiales compuestos son predominantes.

En conclusión, los materiales compuestos triunfarán definitivamente en la industria naval cuando se adapten bien a las estructuras de los grandes buques, ya que estos son los que más complicado tienen introducir los materiales avanzados debido a sus grandes requisitos de tamaño, peso, y rigidez estructural ante impactos.

Enlaces

Para saber más sobre:

- Materiales avanzados en náutica de competición:
 - <https://vadebarcos.net/2019/01/08/un-velero-impreso-en-3d-tomara-la-salida-de-la-proxima-mini-transat/>
 - <https://vadebarcos.net/2020/10/31/hasntaiger-x1-uno-de-los-yates-mas-espectaculares-de-2020-se-construye-en-alicante/>
- Fibra de carbono en náutica de competición:
 - <https://vadebarcos.net/2018/11/24/espectacular-y-electrico-asi-es-el-ran-vii-el-mejor-velero-de-competicion-de-2018/>
 - <https://vadebarcos.net/2019/11/09/el-catamaran-mas-rapido-del-mundo-elegido-mejor-velero-de-competicion-de-2019/>
- La fibra de basalto: <http://basaltec.es/>
- La aplicación de la fibra de vidrio: <https://fividrio.es/la-fibra-de-vidrio-en-la-construccion-de-barcos/>

SENSORES

Sensórica e industria 4.0

El desarrollo de todo tipo de sensores ha sido fundamental para la captación de información utilizable en multitud de procesos de automatización industrial y móvil.

A lo largo de la tercera revolución industrial, la humanidad ha sido testigo de la evolución tecnológica que han sufrido todos los procesos industriales y logísticos desarrollados a nivel global. De esta forma, se ha hecho una mayor integración de sistemas electrónicos (PLCs, actuadores, reguladores digitales, etc.) que han permitido desarrollar de forma más rápida y eficiente las distintas actividades industriales contemporáneas, prescindiendo cada vez más del factor humano y creciendo hacia un modelo de trabajo más autónomo. Esto permitió que la industria sea capaz de reducir consumos, tiempos y gastos en transporte y gestión, así mismo también redujo el nivel de deshechos frutos de las actividades industriales que en concordancia con nuevas filosofías en sistemas gestión ha permitido hacer que el rendimiento de la actividad industrial obtenga unas cotas de eficiencia y calidad nunca vistas previamente.



Ilustración 1-1: Ejemplo de actividad industrial, fuente: [Galicia24horas](http://Galicia24horas.com).

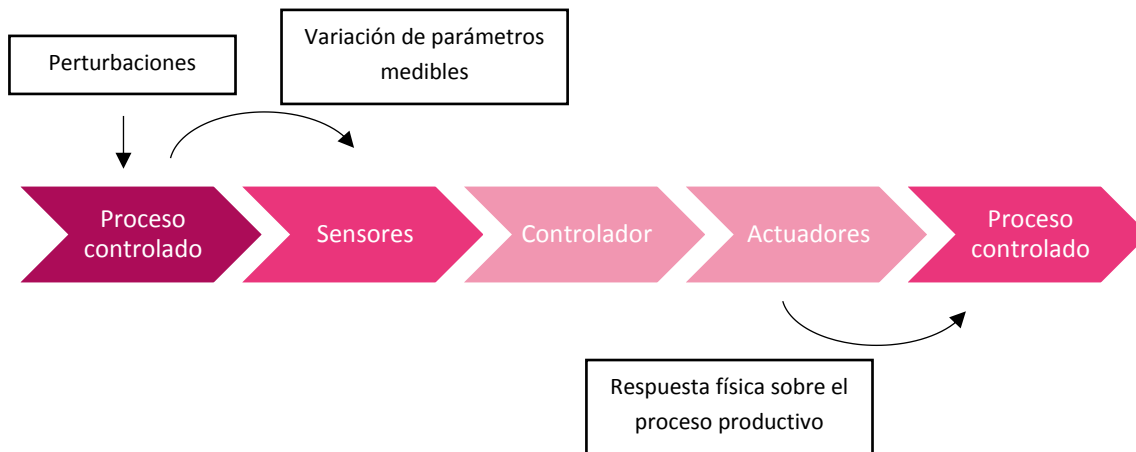
Sin duda, uno de los responsables de esta revolución fue el desarrollo de sistemas inteligentes capaces de reconocer las variaciones del proceso industrial y avisar/actuar en consecuencia. Haciendo que un sistema sea capaz de interpretar parámetros ambientales y de geoposicionamiento para, o bien mostrarlo mediante una interfaz de comunicación humana o bien realizar la interpretación de los parámetros y actuar en consecuencia para mantener el rendimiento y calidad del proceso en la máxima cota posible. En este punto el uso de sensores permitía la lectura de ciertos parámetros que intervienen en las tareas de forma que se pueden automatizar ciertas actividades, siendo la sensórica un complemento más dentro del conjunto de la maquinaria industrial.

Actualmente, inmersos en un nuevo proceso de revolución industrial protagonizado por la introducción de un sistema de telecomunicación permanente dentro de los procesos industriales e inteligencias artificiales capaces de tomar decisiones complejas, siendo capaces no de controlar una tarea, sino una actividad completa con diferentes máquinas y procesos intercomunicados, se hace evidente que es más importante que nunca el uso de sensores que permitan el control de todos los parámetros tanto ambientales del proceso como de los dispositivos integrantes del mismo para que las máquinas que están desarrollando la actividad industrial sean capaces de leer en todo momento la situación de la actividad y tomar decisiones en tiempo real sobre estas. Esto convierte a la sensórica no en una parte adicional del

proceso sino en parte del núcleo del mismo, sin el cual ninguno de los desarrollos e ideas que ha traído consigo la industria 4.0 tendría sentido ni aplicación.

Sensores y actuadores

Los sensores y actuadores son el pilar de la automatización industrial, ocupándose de realizar las entradas y salidas de nuestro sistema autónomo.



Gráfica 1-1: Diagrama de flujo de acciones de un sistema autónomo.

Los sensores nos permiten conocer el valor, en las unidades de medida adecuadas y con la precisión requerida, de las variables físicas que afectan al proceso industrial y convertirlas en señales eléctricas (mediante un transductor) que puedan ser interpretadas y procesadas por un controlador.

Por su parte, el actuador es aquel elemento del sistema de control que interactúa con el proceso o el entorno del mismo para realizar los cambios físicos necesarios con el fin de corregir o mejorar aquellos parámetros que se encuentren fuera del punto de ajuste del proceso.

Sensores

Los sensores son los dispositivos que se encargan de realizar la medida de las variables físicas que intervienen en un proceso industrial. Estas magnitudes que se miden no son necesariamente eléctricas por lo que para poder hacer la conversión de estas señales a señales eléctricas se hace uso de transductores. Los transductores son especialmente importantes para que los controladores puedan obtener magnitudes físicas. Normalmente, estas magnitudes se convierten en una señal eléctrica. Las ventajas de la conversión son por un lado la flexibilidad, ya que muchos medidores soportan la transformación de señales normalizadas. Una gran ventaja que tiene la conversión de la señal de la magnitud física a una señal analógica normalizada eléctrica es que esta puede ser leída a grandes distancias sin tener una pérdida significativa de señal gracias al uso de filtros y amplificadores para la transmisión de la señal.

Se pueden distinguir según el régimen de funcionamiento dos conjuntos de características. Características de régimen estático y dinámico.

Las **características estáticas** son:

- **Campo de medida.**
Es el rango de valores de la magnitud de entrada comprendido entre los límites superior e inferior que es capaz de medir con una tolerancia de error aceptable.
- **Resolución.**
La mínima diferencia entre valores que el sensor es capaz de detectar.
- **Exactitud.**
Diferencia entre la salida del sensor y el valor verdadero.
- **Precisión.**
Es la capacidad que tiene el sensor de ofrecer el mismo valor de salida al realizar varias lecturas de una misma entrada y bajo las mismas condiciones de medida.
- **Linealidad.**
Cercanía de la curva característica a una recta específica.

La curva característica es aquella que relaciona la señal de entrada del sensor con la señal de salida que genera.
- **Sensibilidad.**
Es la magnitud de los valores de salida en relación con el valor de la señal de entrada.
- **Ruido.**
Variación sufrida en el valor de salida respecto al valor verdadero debido a la interferencia en la señal de entrada o en la conversión de la misma en el transductor.
- **Histéresis.**
Diferencia entre los valores de salida obtenidos para un mismo valor de entrada.

Las **características dinámicas** son:

- **Velocidad de respuesta.**
Máximo número de medidas por unidad de tiempo que el sensor es capaz de realizar de forma estable.
- **Respuesta en frecuencia.**
Capacidad del sensor para seguir las variaciones de la señal de entrada a medida que aumenta la frecuencia
- **Estabilidad.**

Capacidad del sensor de mantener en el tiempo la frecuencia de medida sin perder la señal (sufrir retraso) ni disminuir la precisión y exactitud.

Clasificación

Tenemos, según diferentes características, la posibilidad de obtener diversas clasificaciones para los sensores:

Según la magnitud física de medida tenemos:

- Sensores de proximidad.
- Termómetros.
- Capacímetros.
- Acelerómetros.
- Detectores de luz.
- Distanciómetros.
- Medidores ultrasónicos.
- Amperímetros.
- Etc.

Según el aporte energético requerido tenemos:

- Sensores activos. La energía de la fuente de entrada es suficiente para generar la señal de salida del sensor (magnetoeléctrico, fotoeléctrico, termoeléctrico, etc.).
- Sensores pasivos. Necesitan de una fuente de alimentación externa para proporcionar una señal de salida (Resistivos, capacitivos, inductivos, etc.).

Según el tipo de señal de salida que generan tenemos los siguientes sensores:

- Digitales. Estos sensores frente a una señal de entrada continua son capaces únicamente de obtener una señal de salida en pasos discretos.
- Analógicos. Son capaces de emitir señales de salida dentro de un campo de valores continuos que varían en el tiempo con proporcionalidad al valor de la magnitud física de entrada que están midiendo.

Según la escala de salida usada:

- De medida. Son capaces de dar una serie de valores, según la resolución de los mismos, comprendida entre los límites del campo de medida.
- Todo o nada. Solo detecta la posición todo/nada siendo únicamente posible realizar la lectura de dos únicos valores según los parámetros configurados para el propio sensor.

Según la variable física que se mide podemos distinguir:

- Sensores mecánicos.

- Sensores eléctricos.
- Sensores Magnéticos.
- Sensores Térmicos.
- Sensores Acústicos.
- Sensores ultrasónicos.
- Sensores químicos.
- Sensores ópticos.
- Sensores de radiación.
- Sensores láser.

Tabla de relaciones de transducción

A continuación, se presentan los principios por los cuales los sensores (transductores) son capaces de realizar la transducción entre distintas magnitudes físicas.

	RADIACIÓN	MECÁNICA	TÉRMICA	ELÉCTRICA	MAGNÉTICA	QUÍMICA
RADIACIÓN	Foto-luminiscencia	Presión de radiación	Calent. por radiación	Foto-conductividad	Foto-magnetismo	Reacción foto-química
MECÁNICA	Efecto foto-elástico	Conservación del momento	Calor de fricción	Efecto piezo-eléctrico	Magnetostricción	Reacción de presión inducida
TÉRMICA	Incandescencia	Expansión térmica	Conductiv. del calor	Efecto Seebeck	Ley de Curie-Weiss	Reacción endotérmica
ELÉCTRICA	Electro-luminiscencia	Efecto piezo-eléctrico	Efecto Peltier	Unión P-n	Ley de Ampere	Electrólisis
MAGNÉTICA	Efecto Faraday	Magnetrostri.	Efecto Etling-Hausen	Efecto Hall	Inducción magnética	
QUÍMICA	Químico-luminiscencia	Reacción explosiva	Reacción exotérmica	Efecto Volta		Reacción química

Tabla 2-1: Tabla de relaciones de transducción, fuente: [1].

Sensórica inteligente en la industria 4.0

Como se ha mencionado previamente, la adquisición de datos adquiere dentro del paradigma de la industria 4.0 un papel clave, capaz de aportar la información necesaria al sistema para realizar acciones de forma autónoma y adaptativa. La evolución del tratamiento de esta información es lo que persigue el desarrollo de los sensores inteligentes, integrando la tecnología IoT (internet of things) con el pre-procesado de la información de medida. La sensórica inteligente, además de facilitar la conectividad necesaria para el IoT, debe crear beneficios extra como pueden ser el mantenimiento predictivo, procesos de fabricación de productos más flexibles y un aumento general de la productividad.

Un sensor inteligente debe tener las siguientes características para poder ser competitivo y entrar dentro de la filosofía de industria 4.0:

- Debe poder ser integrado en masa dentro de un proceso completo de producción.
- Debe tener un tamaño reducido.
- Debe estar preparado para trabajar interconectado en protocolos de comunicación de doble sentido.
- Auto-identificación y auto-validación dentro de la solución IoT desplegada.

- Bajo consumo energético.
- Mínima necesidad de mantenimiento.
- Capacidad de auto-diagnóstico, auto-calibrado y configuración remota.
- Preprocesamiento de los valores de lectura y capacidad de síntesis.

Los sensores inteligentes no se quedan en la función tradicional del sensor industrial del registro de datos de entrada mediante una señal de salida normalizada sino que van más allá y convierten las variables de lectura en un flujo de datos digitales con una gran cantidad de información enriquecida que a su vez es pre-procesada por los propios sensores haciendo que estos envíen no solo la información sino incluso alcance conclusiones sobre estos datos y nos informe sin el consumo de recursos de la unidad de control.

Los sensores inteligentes permiten, además, un alto nivel de flexibilidad dentro de la actividad industrial ya que pueden ser reconfigurados de forma remota mediante una interfaz de usuario simplificada en la que, cambiando un simple parámetro de producción, todo el sistema se reajuste adecuadamente para lograr el objetivo establecido.

Existen tantas posibilidades como necesidades surjan en la industria gracias a la aplicación de la filosofía 4.0 en el diseño y producción de los nuevos sensores inteligentes (dispositivos con autodiagnóstico capaces de realizar reparaciones sobre si mismos, por ejemplo).

En definitiva, se puede observar que la industria 4.0 es una revolución aplicada no solo sobre la tecnología sino también en la forma de entender los procesos y actividades industriales, otorgando al propio sistema las herramientas para poder optimizar de forma autónoma la actividad y aumentando la integración, fiabilidad, reducción de consumo y autonomía de cada elemento que integra la actividad industrial.

Referencias

- [1] Universidad de Valladolid, «uva.es,» [En línea]. Available: https://www.ele.uva.es/~lourdes/docencia/Master_IE/Sensores.pdf. [Último acceso: 19 10 2020].
- [2] A. Brunete, P. San Segundo y R. Herrero, Introducción a la Automatización industrial, Madrid: Universidad politécnica de Madrid, 2020.
- [3] CEIISA, «ceiisa.blogspot.com,» [En línea]. Available: <http://ceiisa.blogspot.com/>. [Último acceso: 15 10 2020].
- [4] PCE-Ibérica, «PCE-Iberica.es,» [En línea]. Available: <https://www.pce-iberica.es/>. [Último acceso: 19 10 2020].
- [5] Universidad de Oviedo, «uniovi.es,» 2004. [En línea]. Available: <http://isa.uniovi.es/~idiaz/SA/Teoria/04-05/SA.Sensores.pdf>. [Último acceso: 19 10 2020].
- [6] F. Alcalá, «monolitic.com,» [En línea]. Available: https://www.monolitic.com/blog/novedades-6/post/el-potencial-de-la-sensorica-inteligente-53#blog_content. [Último acceso: 19 10 2020].

Enlaces

Para saber más sobre:

- Sensorización aplicada en náutica de competición: <https://vadebarcos.net/2019/11/09/el-catamaran-mas-rapido-del-mundo-elegido-mejor-velero-de-competicion-de-2019/>
- Sensorización De una plataforma naval: <https://armada.defensa.gob.es/archivo/rgm/2018/08/rgm080918cap11.pdf>
- Monitorización de estructuras en tiempo real por medio de sensores:
 - <https://www.dnvgl.com/to2030/technology/structural-monitoring-with-real-time-digital-sensors.html>
 - <https://www.dnvgl.com/research/review2018/featured-projects/sensor-based-structural-monitoring.html>
- Sensores e Internet de las Cosas: <https://www.dnvgl.com/to2030/technology/sensors-and-the-internet-of-things.html>

BUQUES AUTÓNOMOS

Definición

Los buques de superficie autónomos (en inglés, unmanned surface vessels, USVs, autonomous surface vehicles, ASVs, o maritime autonomous surface ships, MASS) son embarcaciones capaces de operar sobre el agua sin tripulación a bordo, y con poca o ninguna interacción humana.

A través del control remoto y la monitorización desde un buque cercano o una instalación en tierra, o con el uso de inteligencia artificial y aprendizaje automático pueden alcanzarse diferentes niveles de autonomía, aplicables en función del tipo de buque, el servicio que presta o el lugar en dónde lo hace.



Imagen cortesía de Yara International ASA

Grados de autonomía

El Comité de Seguridad Marítima de la Organización Marítima Internacional (OMI) propone la definición de los buques marítimos autónomos de superficie (en inglés, Marine Autonomous Surface Ships, MASS) “como un buque que, en diversos grados, puede operar independientemente de la interacción humana”, y contempla cuatro grados de automatismo:

- Grado uno: Buque con procesos automatizados y apoyo a la toma de decisiones: Los marinos están a bordo para operar y controlar los sistemas y funciones del buque. Algunas operaciones pueden estar automatizadas y en ocasiones sin supervisión, pero con la tripulación a bordo lista para tomar el control.
- Grado dos: Buque controlado a distancia con gente de mar a bordo: El buque se controla y opera desde otro lugar, bien otro buque o bien un centro de control en tierra. Los marinos están disponibles a bordo para tomar el control y operar los sistemas y funciones a bordo.
- Grado tres: Buque controlado a distancia sin gente de mar a bordo: El buque se controla y opera desde otro lugar. No hay marinos a bordo.
- Grado cuatro: Nave totalmente autónoma: El sistema operativo de la nave es capaz de tomar decisiones y determinar acciones por sí mismo.



Desarrollo

Los primeros pasos en el uso de buques de superficie autónomos tienen sus orígenes hace más de cien años.

El 1 de julio de 1898, el conocido Nikola Tesla (1856-1943) presentaba en la Oficina de Patentes y Marcas de Estados Unidos su “Method of and Apparatus for Controlling Mechanism of Moving Vessels or Vehicles” (“Método y Aparato para Controlar el Mecanismo de Movimiento de Buques o Vehículos”). La patente describía el primer dispositivo de control remoto de cualquier tipo de vehículo, como barcos, globos o automóviles.

Tesla llevó su patente a la práctica en el marco de la primera Electrical Exhibition celebrada en el Madison Square Garden de Nueva York en septiembre del mismo año. Para la demostración se instaló una piscina en el interior del edificio, en la que Tesla hizo navegar su Teleautomaton, una pequeña embarcación a radio control de poco más de un metro de largo, controlada por él desde el puesto de control.

Y en 1905, el ingeniero de caminos, matemático e inventor Leonardo Torres Quevedo manejó gracias a su Telekino una embarcación a distancia en el Abra de Bilbao.

Tras la Segunda Guerra Mundial, la US Navy comenzó a utilizar este tipo de embarcaciones en tareas de colocación de minas marinas, y según las tecnologías de control remoto y navegación autónoma fueron mejorando, nuevos experimentos y pruebas fueron puestos en marcha. Así, el MIT ha desarrollado diferentes embarcaciones desde que en 1993 puso en funcionamiento el ARTEMIS, una réplica a escala de un arrastrero, utilizado para poner a prueba sistemas de control y navegación mientras recogía datos batimétricos. En Italia, el SESAMO fue desarrollado en 2005 para el apoyo en la investigación antártica. Y en Portugal, en 2009 se ponía en marcha el ROAZ II.

Pero el verdadero impulso a este tipo de embarcaciones se ha dado en la segunda década del siglo XXI. En febrero de 2015, la Agencia Finlandesa de Financiación para la Innovación Tekes aprobaba y financiaba con 6,6 millones de euros una unión universidad-empresa para la investigación acerca de los buques autónomos de superficie. El proyecto, denominado AAWA (Advanced Autonomous Waterborne Applications Initiative) une a centros de investigación como la Universidad Tecnológica de Tampere, el Centro de Investigación Técnica VTT de Finlandia o la Universidad de Turku con empresas punteras como Rolls-Royce, NAPA o Deltamarin.

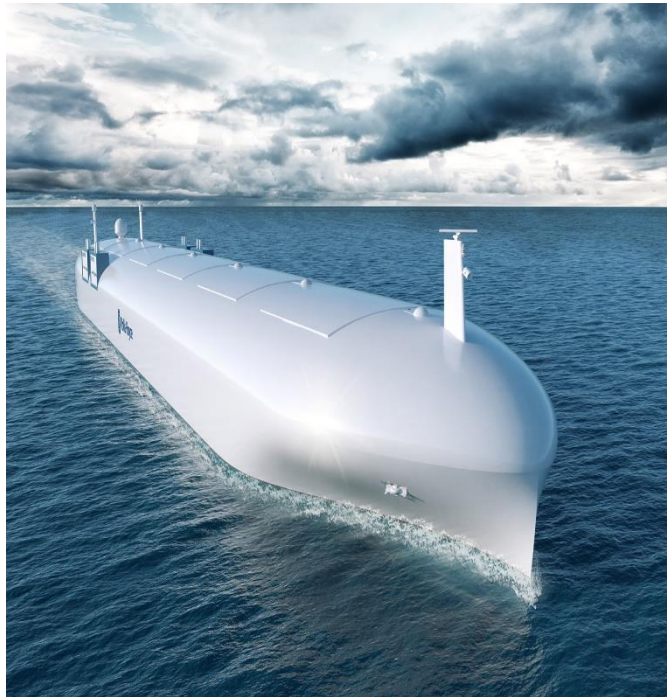


Imagen cortesía de Rolls Royce

Tecnologías habilitadoras

Las mismas tecnologías que podemos encontrar en coches autónomos o en los pilotos automáticos de los aviones pueden aplicarse en los buques autónomos: sensores colocados en los diferentes sistemas y equipos del buque, junto con cámaras de visión infrarroja y de espectro visual, radar, sónar, lidar, y sistemas de posicionamiento GPS y AIS, así como canales de información meteorológica e información del tráfico marítimo, suministrarán miles de datos a los centros de control en tierra, que mediante inteligencia artificial y big data transformarán toda esta información para ayudar al buque a seguir la mejor ruta posible.

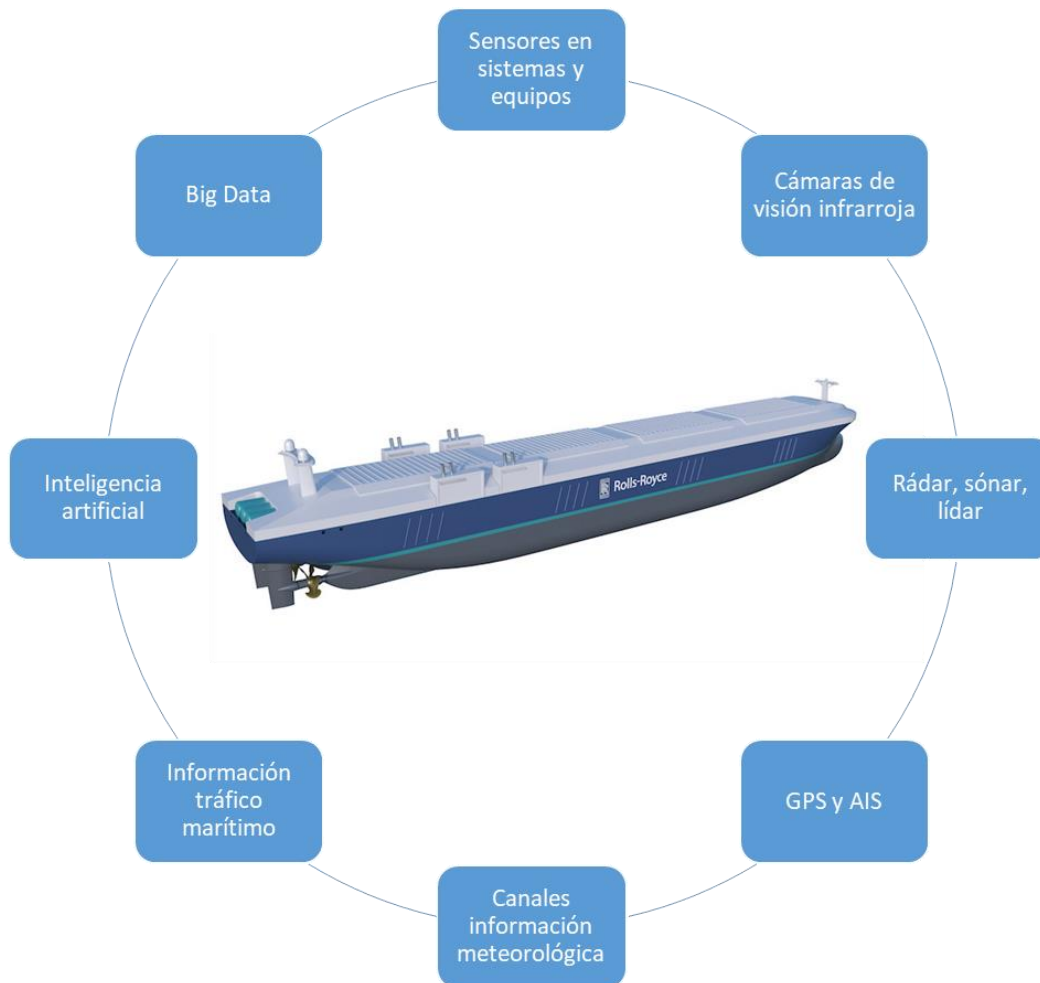


Imagen cortesía de Rolls Royce (elaboración gráfica propia)

Cómo funcionan

El sistema de navegación de cualquier buque autónomo de superficie consiste en tres módulos interconectados:

1. Localización

Actualiza la posición de la embarcación (a partir de su **ubicación**, obtenida mediante el sistema global de navegación por satélite y su **orientación** obtenida mediante una unidad de medición inercial).

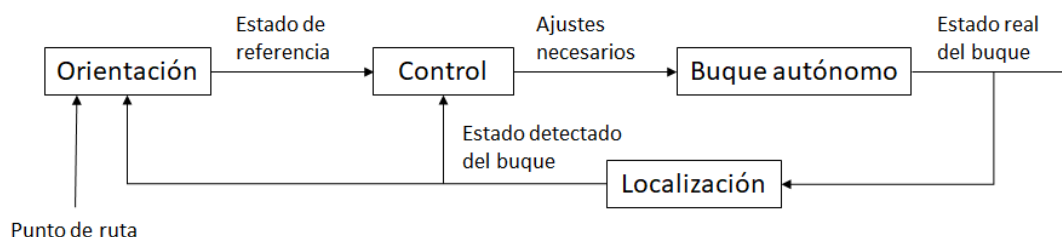
2. Orientación

Este módulo determina una señal de referencia para el sistema de control con respecto a los puntos de ruta prescritos y la posición actual del buque, pudiendo darse tres escenarios:

- el buque tiene que alcanzar un punto determinado o seguir un objetivo en movimiento, sin importar qué ruta siga para ello
- el buque tiene que seguir una ruta determinada
- el buque tienen que seguir una ruta determinada, y llegar a un punto determinado en un momento concreto

3. Control

Este módulo genera los ajustes necesarios para que el buque autónomo ajuste su posición en la dirección marcada por el módulo de Orientación. Aunque para la navegación en el plano horizontal tan solo necesitaríamos el avance y la guiñada, debemos tener en cuenta también el balanceo del buque para realizar con precisión una estabilización hacia un punto de ruta o un atraque autónomo.



Ventajas

Seguridad operacional

Se estima que entre el 75 y el 96 por ciento de los accidentes marítimos son causados por errores humanos como la fatiga, negligencias o falta de formación. La introducción de buques autónomos reducirá tanto la cantidad como la gravedad de estos accidentes debido tanto a la ausencia de tripulación a bordo como a la mejor actuación de los sistemas autónomos.

Reducción de costes

La ausencia de tripulación a bordo reducirá los costes de los buques autónomos: por un lado, la ausencia de espacios destinados a esta tripulación, tanto de habilitación como de servicios destinados a ella (cocina, gimnasio, gambuzas, etc.) permitirá reducir el tamaño de los buques, o incrementar el espacio para carga para el mismo tamaño de buque; por otro lado, reduciendo los costes asociados a mantener a la tripulación en forma de salarios o seguros.

Eficiencia energética e impacto medioambiental

La reducción de tamaño o el uso de este para carga debido a la ausencia de tripulación permitirá transportar mayores cantidades de carga con la misma huella energética e impacto ambiental. El desarrollo de algoritmos que permitan a los buques seguir las corrientes o los vientos de manera más eficiente ayudará a reducir los consumos y reducir de esta manera las emisiones.

Piratería

Con la ausencia de tripulación a bordo, los actos de piratería en los que esta se ve envuelta, deberían reducirse. Los buques podrán ser diseñados de manera que sea más complicado abordarlos, y el centro de control remoto podría inmovilizar o dirigir el buque hacia un destino seleccionado hasta que las autoridades pudieran llegar a él.



Imagen cortesía SEA KIT

Barreras

Fiabilidad

La mayor parte de la tripulación de los buques mercantes se dedica a al control del correcto funcionamiento de los diferentes equipos instalados a bordo. La complejidad de estos equipos requiere de un mantenimiento regular y su funcionamiento es esencial para la operación del buque. Las únicas maneras de enfrentar este problema en los buques autónomos es mediante la redundancia (lo que encarecería la construcción del buque) o mediante sistemas inteligentes de mantenimiento predictivo que fueran capaces de detectar futuros errores basados en los datos de operación de las máquinas de tal manera que los mantenimientos siempre fueran llevados a cabo en puerto.

Legislación

Las leyes y reglamentos internacionales son el mayor desafío al que se enfrentan los buques autónomos. La regla 5 del COLREG (el Reglamento Internacional para Prevenir Abordajes) requiere que haya al menos una persona de guardia para evitar colisiones, y el SOLAS (el Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar) requiere que todos los buques sean capaces de ayudar en operaciones de búsqueda y rescate. Sin humanos a bordo, cualquiera de estas reglas será difícil de cumplir.

La Organización Marítima Internacional se ha puesto manos a la obra para adaptar los tratados marinos con la aparición de los buques autónomos, con un estudio que en una primera etapa identificará y clasificará los convenios de la organización dentro de los siguientes grupos:

1. No se aplican a las operaciones de los MASS
2. Se aplican a los MASS y no requieren modificaciones
3. Se aplican a los MASS y podrían requerir enmiendas o aclaraciones interpretativas
4. Se aplican a los MASS e impiden sus operaciones, con lo que su modificación sería necesaria.

En una segunda fase, la OMI preparará y adoptará las interpretaciones o enmiendas necesarias para los grupos 3 y 4, o propondrá nuevos instrumentos internacionales.

Ciberseguridad

Si ya en la actualidad los ataques cibernéticos al tráfico marítimo a través del sistema AIS o el GPS son habituales, la puesta en marcha del tráfico marítimo autónomo, con miles de datos viajando desde los buques hasta los centros de control en tierra, y con buques totalmente autónomos sin control desde tierra hacen pensar que multiplicará los ataques. La inversión en ciberseguridad parece clave para poder mantener un tráfico fiable y seguro.

Seguridad durante su implementación

Aunque a largo plazo los buques autónomos podrían mejorar la seguridad al reducir los errores humanos, durante su implementación convivirán con buques dirigidos por humanos. Está por ver cómo se gestionarán las dificultades de esta interacción, así como la que se producirá entre grandes buques autónomos con pequeños barcos de baja tecnología, como pesqueros o buques de recreo.

Responsabilidades legales

En caso de un accidente de un barco autónomo, descubrir quién sería el responsable será un difícil desafío, ya que varias partes, como la empresa, el proveedor de software, el proveedor de hardware o las estaciones de control en tierra, podrían tener la culpa. La ausencia de un capitán sobre el que poner el foco será la reglamentación internacional quien determine quién es en última instancia responsable de cualquier incidente que involucre a un buque autónomo.

Misiones y ejemplos

Los buques autónomos podrán encargarse no solo del transporte mercante de grandes cargas o de pasajeros, sino también de otras muchas diferentes tareas tanto civiles como militares. En el campo civil existen pequeñas embarcaciones autónomas dedicadas a la monitorización del clima y el medio ambiente, al escaneo del fondo marino, a la inspección de infraestructuras o la limpieza de puertos y vías fluviales, y en el campo militar embarcaciones dedicadas a la protección de instalaciones y otros buques o la caza de submarinos enemigos.

Algunos ejemplos de buques autónomos en funcionamiento en la actualidad o planeados su puesta en marcha en el corto plazo son:

- Los veleros robóticos Sairdrone, utilizados por la NOAA para la toma de datos meteorológicos en el Pacífico
- El USV Maxlimer, ganador del galardón Shell Ocean Discovery XPRIZE y utilizado para el escaneo del fondo marino
- El buque autónomo Mayflower, que 400 años después replicará el viaje del Mayflower original que en 1620 llevó a América a los primeros colonos anglosajones, aprovechando su viaje para recoger datos del clima, la vida marina y la contaminación del medio ambiente.
- El Yara Birkeland, el primer buque de transporte de mercancías autónomo, que debía haber entrado en funcionamiento a finales de este año pero ha visto pausado su desarrollo debido a la COVID-19.
- El Kaluga DS de Utek, diseñado para aplicaciones de búsqueda y rescate, vigilancia y protección de infraestructuras y puertos y monitorización medioambiental, que representa el primer abanderamiento en España de una embarcación autónoma no tripulada.
- El Seahunter de la US Navy, el primer buque no tripulado de la US Navy, un cazador robótico de submarinos con capacidad para navegar durante 90 días autónomamente en cualquier condición climática.



Imagen cortesía Saildrone



Imagen cortesía US Navy

Enlaces

Para saber más sobre:

- Buques autónomos:
 - <https://www.rolls-royce.com/~media/Files/R/Rolls-Royce/documents/%20customers/marine/ship-intel/rr-ship-intel-aawa-8pg.pdf>
 - <https://vadebarcos.net/2020/09/19/el-usv-maxlimer-muestra-el-futuro-robotico-de-la-exploracion-oceanica/>
 - <https://vadebarcos.net/2020/06/13/el-barco-arana-proteus-y-la-tecnologia-wam-v/>
 - <https://vadebarcos.net/2019/11/19/infografia-autonomous-vessels/>
 - <https://vadebarcos.net/2018/12/04/rolls-royce-y-finferries-prueban-el-primer-ferry-totalmente-autonomo/>
 - <https://vadebarcos.net/2018/09/15/sea-hunter-el-cazador-de-submarinos-autonomo-de-la-us-navy/>
 - <https://vadebarcos.net/2018/05/05/el-telekino-de-leonardo-torres-quevedo/>

<https://vadebarcos.net/2018/03/13/una-flota-de-veleros-autonomos-monitorizara-el-oceano-pacifico/>

BIBLIOGRAFÍA

BBC. (2020, 9 16). AI-driven robot Mayflower recreates historic voyage. BBC. Recuperado el 3 de noviembre de 2020, desde <https://www.bbc.com/news/technology-54176209>

Gabaldón, J. L. (n.d.). El Derecho marítimo ante los llamados buques autónomos (y 2). Naucher Global. Recuperado el 3 de noviembre de 2020, desde <https://www.naucher.com/actualidad/el-derecho-maritimo-ante-los-llamados-buques-autonomos-y-2/>

GSDM. (n.d.). GSDM Global. Maritime Autonomous Surface Ships (MASS) and Framework Development Challenges. Recuperado el 3 de noviembre de 2020, desde <https://www.gsdm.global/2019/07/25/maritime-autonomous-surface-ships-mass-and-framework-development-challenges/>

ITUNews. (n.d.). Autonomous shipping is making waves. ITUNews. Recuperado el 3 de noviembre de 2020, desde <https://news.itu.int/autonomous-shipping/>

Manley, J. E. (2008). Unmanned Surface Vehicles, 15 Years of Development.

The Maritime Executive. (2020, 5 12). Construction of Yara Birkeland Paused. The Maritime Executive. Recuperado el 3 de noviembre de 2020, desde <https://www.maritime-executive.com/article/construction-of-yara-birkeland-paused>

Oliveira, J. A. (2017, 2 18). Va de barcos. El Teleautomaton de Tesla: el primer dron marino. Recuperado el 3 de noviembre de 2020, desde <https://vadebarcos.net/2017/02/18/teleautomaton-tesla-primer-dron-marino/>

Oliveira, J. A. (2018, 3 13). Una flota de veleros autónomos monitorizará el océano Pacífico. Va de barcos. Recuperado el 3 de noviembre de 2020, desde <https://vadebarcos.net/2018/03/13/una-flota-de-veleros-autonomos-monitorizara-el-oceano-pacifico/>

Oliveira, J. A. (2018, 5 5). Va de barcos. El Telekino de Leonardo Torres Quevedo. Recuperado el 3 de noviembre de 2020, desde <https://vadebarcos.net/2018/05/05/el-telekino-de-leonardo-torres-quevedo/>

Oliveira, J. A. (2018, 9 15). Sea Hunter, el cazador de submarinos autónomo de la US Navy. Va de barcos. Recuperado el 3 de noviembre de 2020, desde <https://vadebarcos.net/2018/09/15/sea-hunter-el-cazador-de-submarinos-autonomo-de-la-us-navy/>

Oliveira, J. A. (2020, 9 19). El USV Maxlimer muestra el futuro robótico de la exploración oceánica. Va de barcos. Recuperado el 3 de noviembre de 2020, desde <https://vadebarcos.net/2020/09/19/el-usv-maxlimer-muestra-el-futuro-robotico-de-la-exploracion-oceanica/>

Organización Marítima Internacional. (n.d.). IMO. Autonomous shipping. Recuperado el 3 de noviembre de 2020, desde <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Autonomous-shipping.aspx>

Plataforma Oceánica de Canarias. (2020, 11 2). La Dirección General de la Marina Mercante admite a trámite el primer abanderamiento en España de una embarcación autónoma no tripulada. PLOCAN. Recuperado el 3 de noviembre de 2020, desde <https://www.plocan.eu/la-direccion-general-de-la-marina-mercante-admite-a-tramite-el-primer-abanderamiento-en-espana-de-una-embarcacion-autonoma-no-tripulada/>

SEA EUROPE. (2019, 06). Automated and connected ships & shipping.

Tanakitkorn, K. (2018, 10 31). A review of unmanned surface vehicle development. Maritime Technology and Research.

MÓDULO 2



Wikipedia. (n.d.). Autonomous cargo ship. Recuperado el 3 de noviembre de 2020, desde https://en.wikipedia.org/wiki/Autonomous_cargo_ship#cite_note-Batalden-1

Wikipedia. (n.d.). Unmanned surface vehicle. Recuperado el 3 de noviembre de 2020, desde https://en.wikipedia.org/wiki/Unmanned_surface_vehicle#cite_note-1