

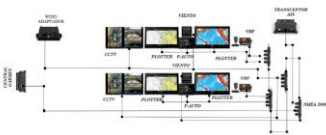
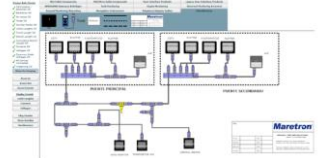
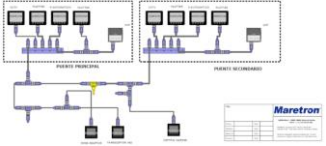
MEMORIA FINAL INNOVA¹ COMPROMISOS Y RESULTADOS PROYECTOS DE INNOVACIÓN Y MEJORA DOCENTE 2024/2025

Identificación del proyecto	
Código	sol-202400285070-tra
Título	PROTOCOLO NMEA: DE LA TEORÍA A LA PRÁCTICA EN COMUNICACIONES INTERIORES
Responsable	RAQUEL ESTHER REY CHARLO

1. Describa los resultados obtenidos a la luz de los objetivos y compromisos que adquirió en la solicitud de su proyecto. Incluya tantas tablas como objetivos contempló.

Objetivo nº 1	Diseño de conexiónado de equipos
Actividades que había previsto en la solicitud del proyecto:	Los alumnos a través de un software libre de diseño de líneas NMEA, llevarán a cabo el conexiónado de los distintos equipos de radiocomunicación. Donde se identificarán los distintos equipos
Actividades realizadas y resultados obtenidos:	El primer objetivo del proyecto se centró en acercar al alumnado a la comprensión y aplicación práctica del protocolo NMEA (National Marine Electronics Association), fundamental en las comunicaciones interiores y de navegación a bordo de buques. Este objetivo buscó que los estudiantes no solo conocieran la teoría relacionada con este protocolo, sino que fueran capaces de identificar los distintos equipos de radiocomunicación y representar de manera gráfica su interconexión mediante herramientas digitales, simulando el diseño de una red de comunicaciones a bordo. El propósito final fue reducir la brecha entre el conocimiento teórico y la práctica aplicada, potenciando competencias relacionadas con: • Comprensión de la estructura y función de las sentencias NMEA. • Identificación de equipos de radiocomunicación y navegación (GPS, AIS, VHF-DSC, etc.). • Diseño y optimización de esquemas de interconexión mediante software. • Desarrollo de la capacidad de resolución de problemas técnicos propios de la ingeniería marítima. Se diseñó una actividad práctica innovadora basada en el uso de software libre (N2KBuilder) especializado en el diseño de líneas NMEA. La actividad se estructuró en tres fases: Fase 1: Introducción teórica y contextualización: Se impartió una sesión explicativa sobre: • Principios básicos del protocolo NMEA. • Tipos de sentencias NMEA más comunes y su función en los equipos. • Normativa aplicable en el ámbito marítimo (p. ej., SOLAS y GMDSS). Fase 2: Diseño de la red de comunicación: Cada grupo de estudiantes utilizando el software, debía: • Seleccionar los equipos que integran la red (GPS, AIS, VHF-DSC, ECDIS, piloto automático, etc.).

¹ Esta memoria no debe superar las 6 páginas.

	• Diseñar el conexionado, simulando la instalación real a bordo. • Comprobar la coherencia de la red mediante la simulación del flujo de datos NMEA. Fase 3: Identificación y análisis: Una vez finalizado el diseño, los estudiantes: • Identificaron cada equipo, describiendo su función dentro del sistema de comunicaciones interiores. • Analizaron los posibles problemas de integración (conflictos de velocidad de transmisión, errores en la estructura de las sentencias, etc.). • Presentaron sus conclusiones en formato de esquema Los resultados obtenidos muestran un alto grado de consecución del objetivo. Mayor autonomía y motivación en el proceso de aprendizaje, gracias al componente práctico y visual. Participación activa de los estudiantes, con un aumento en las interacciones durante la fase de análisis y resolución de problemas. Desarrollo de competencias transversales, como el trabajo en equipo y la toma de decisiones técnicas. Ejemplo visual de algunos diseños realizados  Imagen 1: Diagrama NMEA 2000  Imagen 2: NMEA 2000  Imagen 3 Esquema NMEA  Imagen4 Alumnos trabajando con el software
Objetivo nº 2	Simulación del gobierno del buque mediante elementos electrónicos accesibles
Actividades que había previsto en la solicitud del proyecto:	Con esta actividad se pretende facilitar al alumno el entendimiento de los procedimientos complejos del funcionamiento del gobierno del buque, ayudando de esta manera a mejorar sus destrezas
Actividades realizadas y resultados obtenidos:	Este objetivo se centró en facilitar a los alumnos la comprensión del funcionamiento del gobierno del buque a través de la simulación práctica, mejorando sus destrezas con un sistema de bajo coste y fácil acceso. Se emplearon los siguientes componentes: Una placa Arduino Leonardo como soporte del microcontrolador ATmega32u4, un económico micro servomotor SG90 con capacidad para controlar la posición de su eje hasta en 180° según se programe al microcontrolador, una escala de fondo impresa y una aguja plástica como indicador visual de ángulo de timón, y un osciloscopio para visualizar la señal de control que gobierna al micro servo. El micro servo replica los componentes básicos de un sistema de gobierno real al disponer de dos líneas para alimentación, otra para la señal de control, un potenciómetro interno como sistema de retroalimentación, y una caja de engranajes en su eje que reducen la velocidad de rotación final a la vez aumentan el par e incrementan la precisión de posición final o del timón. Mediante la programación del microcontrolador es posible enviar las señales necesarias al servo motor para que se posicione justo donde el usuario desea tal y como se haría en un buque donde el piloto en el puente de gobierno ordena al timón cambiar de posición a fin de variar el rumbo, simulando así un sistema de gobierno.

La implementación permitió a los estudiantes interactuar directamente con el sistema ayudándoles a asimilar conceptos claves tan importantes como la retroalimentación y el efecto que tiene en el movimiento de un servo.



Imagen5: Parte del material utilizado

El proceso de desarrollo presentó tres **fases** que fueron exitosamente resueltos, según la normativa SOLAS que establece que el equipo de gobierno principal debe ser capaz de mover el timón de 35° a una banda a 30° de la otra en un tiempo máximo de 28 segundos, cuando el buque navega a su velocidad máxima:

- **Regulación de la velocidad del timón:** El primer desafío fue lograr que la velocidad de movimiento del timón fuera realista. En la práctica, un cambio brusco de timón no es operativo. Se superó este problema mediante la programación en la placa Arduino que controlaba la velocidad de rotación del motor, permitiendo movimientos del timón más lentos y graduales, más acordes con la realidad de un buque.
- **Ángulo de movimiento del timón:** Se trabajó en la regulación de la amplitud del movimiento del timón, ya que los servomotores pueden girar hasta un ángulo limitado. La solución implicó ajustar la programación para limitar el movimiento de la pala del timón dentro de un rango predefinido, similar al límite de timón que se usa en los buques reales para evitar la saturación del sistema.

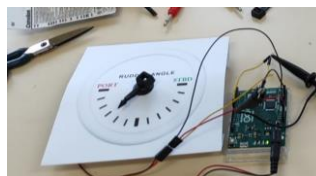


Figura6: Montaje para la práctica

- **Análisis de la señal del timón:** Para validar el correcto funcionamiento de la simulación, se utilizó un osciloscopio para visualizar la señal que emite el recorrido del timón. Al observar la forma de onda en el osciloscopio, fue posible detectar posibles anomalías y confirmar que el movimiento del timón se ajustaba a los parámetros de velocidad y ángulo establecidos, garantizando la fiabilidad de la simulación. Esta validación instrumental demostró la precisión del sistema desarrollado.



Figura 7: Análisis de la señal del timón



Figura 8: Análisis de la señal del timón, ancho de pulso de 1ms 0°

	 Figura 9: Análisis de la señal del timón, ancho de pulso de 2ms 180° Los resultados obtenidos de este proyecto son significativos y demuestran la viabilidad de un enfoque didáctico práctico. La simulación con la placa Arduino y los componentes electrónicos permitió a los alumnos visualizar y experimentar de forma directa los principios del gobierno del buque. Se logró un entendimiento profundo de cómo los comandos del timón afectan al rumbo y de la importancia de la regulación de la velocidad y el límite de movimiento para una operación realista. La validación instrumental con el osciloscopio proporcionó una prueba tangible de que el sistema funcionaba de manera precisa y controlada, confirmando que la simulación es una herramienta educativa efectiva y robusta.
Objetivo nº 3	Visualización de tramas NMEA
Actividades que había previsto en la solicitud del proyecto:	Consistente en la recepción de los canales 87B y 88B de la banda de VHF del Servicio Móvil Marítimo que han sido asignados al sistema de identificación automático o AIS, para extraer posteriormente la información contenida en ellos en formato NMEA y su posterior uso en un sistema ECDIS o de información y visualización de cartas electrónicas.
Actividades realizadas y resultados obtenidos:	El tercer objetivo del proyecto tuvo como finalidad trabajar con la información generada por el Sistema de Identificación Automática (AIS), centrando la actividad en la recepción y tratamiento de datos transmitidos a través de los canales 87B y 88B de la banda VHF del Servicio Móvil Marítimo. Estos canales están específicamente asignados al AIS según la normativa internacional y constituyen una fuente esencial para la seguridad y la gestión operativa de la navegación. El propósito fue que el alumnado comprendiera y visualizara la manera en que los diferentes equipos de radio y navegación de un puente comparten información dentro de un sistema de navegación integrado. Para alcanzar este objetivo se diseñó una actividad práctica avanzada, en la que los alumnos siguieron un proceso estructurado en tres fases principales: Fase 1: Recepción y extracción de la Señal Esta fase se centra en la captura de las señales de los canales 87B y 88B de la banda VHF, asignados al Sistema de Identificación Automática (AIS). Para esto, se utiliza un transceptor marino VHF adaptado. La señal de audio demodulada se extrae directamente del pin 9 del circuito integrado KA3361, conocido como "audio recuperado". Fase 2: Conversión y procesamiento de la Información Una vez que se obtiene la señal de audio, se introduce en un ordenador personal (PC1), que actuará como emisor o talker. Se utiliza un software de prueba llamado ShipPlotter, que analiza la señal de audio para detectar los cambios de frecuencia, los transforma en estados binarios y los agrupa en tramas que cumplen con el estándar NMEA0183. El programa también permite la difusión de la información digitalizada a otros dispositivos. Fase 3: Visualización y uso en el Sistema ECDIS La información NMEA procesada en el PC1 se transmite a un segundo ordenador (PC2), que actúa como receptor o listener, a través de un convertidor USB a RS422/RS485. En este PC2, se instala el software libre OpenCPN, que funciona como un sistema de visualización de cartas electrónicas (ECDIS). El software interpreta la información NMEA entrante y la representa visualmente en una carta náutica digital, mostrando datos estáticos y dinámicos de las embarcaciones cercanas.

	El alumnado trabajó con ejemplos de sentencias NMEA, identificando la información contenida en ellas, como: Posición (latitud y longitud), velocidad y rumbo de los buques, identificación del buque (MMSI, nombre, tipo, etc.), estado de navegación y otra información operacional. La ejecución de esta actividad proporcionó resultados altamente positivos, tanto en el aprendizaje técnico de los estudiantes como en la producción académica derivada. Ejemplo visual de la explicación con el técnico de laboratorio colaborador, Francisco José Visglerio. 
--	--

2. Realice una breve valoración sobre la influencia del proyecto ejecutado en la evolución de las asignaturas implicadas.

Análisis del impacto de la innovación en las asignaturas relacionadas con el proyecto

El desarrollo del proyecto ha tenido un impacto directo y significativo en tres asignaturas clave del plan de estudios: Comunicaciones Interiores, Prácticas de Comunicaciones Interiores y Equipo de Gobierno del Buque. Dichas materias forman parte de la formación esencial para futuros profesionales del ámbito marítimo y están estrechamente relacionadas con la seguridad operacional, la gestión de la navegación y el mantenimiento de la integridad funcional de los sistemas del buque.

- Impacto en la asignatura Comunicaciones Interiores y Prácticas de Comunicaciones Interiores:

Esta asignatura se centra en el estudio de los sistemas de comunicación internos y externos de un buque, así como en los protocolos que permiten la interconexión entre diferentes equipos electrónicos. El proyecto ha introducido metodologías activas e innovadoras que han transformado el proceso de enseñanza-aprendizaje. Mejoras introducidas:

Aplicación práctica del protocolo NMEA; permitió visualizar la estructura de redes reales de comunicación a bordo. Uso de software libre (N2KBuilder); permitiendo trabajar de forma autónoma y colaborativa. Integración de señales AIS reales; la recepción, decodificación e integración de datos AIS en un sistema ECDIS, simulando procesos reales de un puente de navegación.

- Impacto en la asignatura Equipo de Gobierno del Buque

La asignatura Equipo de Gobierno del Buque está directamente relacionada con los sistemas que controlan la maniobrabilidad y dirección de la nave, incluyendo la interconexión con equipos de navegación y comunicación. Mejoras introducidas:

La implementación de la simulación de un equipo de gobierno del buque con Arduino y otros componentes de bajo coste ha tenido un impacto altamente positivo en la asignatura, transformando la metodología de enseñanza de conceptos teóricos complejos en una experiencia práctica y tangible.

El proyecto ha logrado un entendimiento profundo de los principios de gobierno del buque. La capacidad de los estudiantes para interactuar directamente con el sistema, observando la respuesta inmediata del timón a sus comandos y recibiendo retroalimentación visual a través del indicador de ángulo y el osciloscopio, ha sido fundamental. Esto ha permitido que los conceptos abstractos, como la relación entre el movimiento del timón y el cambio de rumbo, sean más fáciles de asimilar.

3. Incluya en la siguiente tabla el número de alumnado matriculado y el de respuestas recibidas en cada opción y realice una valoración crítica sobre la influencia que el proyecto ha ejercido en la opinión del alumnado.

Opinión del alumnado al inicio del proyecto				
Número de alumnado matriculado:				
Valoración del grado de dificultad que cree que va a tener en la comprensión de los contenidos y/o en la adquisición de competencias asociadas a la asignatura en la que se enmarca el proyecto de innovación docente				
Ninguna dificultad	Poca dificultad	Dificultad media	Bastante dificultad	Mucha dificultad
			X	

Opinión del alumnado en la etapa final del proyecto				
<i>Valoración del grado de dificultad que ha tenido en la comprensión de los contenidos y/o en la adquisición de competencias asociadas a la asignatura en la que se enmarca el proyecto de innovación docente</i>				
Ninguna dificultad	Poca dificultad	Dificultad media	Bastante dificultad	Mucha dificultad
		X		
<i>Los elementos de innovación y mejora docente aplicados en esta asignatura han favorecido mi comprensión de los contenidos y/o la adquisición de competencias asociadas a la asignatura</i>				
Nada de acuerdo	Poco de acuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	Muy de acuerdo	Completamente de acuerdo
			X	
En el caso de la participación de profesorado invitado				
<i>La participación del profesorado invitado ha supuesto un gran beneficio en mi formación</i>				
Nada de acuerdo	Poco de acuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	Muy de acuerdo	Completamente de acuerdo
Valoración crítica sobre la influencia que ha ejercido el proyecto en la opinión del alumnado				
La implementación de las prácticas diseñadas en este proyecto ha tenido un impacto significativo en el aprendizaje y desarrollo de competencias del alumnado, generando resultados que van más allá de la mera adquisición de conocimientos teóricos.				
Estas actividades han permitido que los estudiantes vivan experiencias cercanas a la realidad profesional, integrando conceptos técnicos complejos en un entorno controlado y seguro.				

4. Describa las medidas de difusión a las que se comprometió en la solicitud y las que ha llevado a cabo².

Descripción de las medidas comprometidas en la solicitud
1. Impartición de una charla o taller para profesores, se realizará en el mes de julio 2025 previo aviso de día y fecha. 2. Realización de videos que serán colgados en la plataforma de la asignatura, con posibilidad en canal YouTube
Descripción de las medidas que se han llevado a cabo
1. En un primer momento, la propuesta consistía en realizar una charla o taller para el mes de julio, pero al tratarse de un mes, donde realmente es muy difícil quedar con los compañeros se decidió adelantar la fecha a primeros de junio, cuando realmente estábamos en fechas de exámenes y era más factible que estuviesen por las aulas o despachos. Al tratarse de un tema tan específico, la solicitud de divulgación lo realice por correo electrónico personalizados a compañeros de los grados de EIMANAR.  La reunión divulgativa estuvo constituida por los miembros del proyecto, la coordinadora del grado de Ingeniería Radioelectrónica y por los compañeros de los grados de Ingeniería Radioelectrónica, Transporte Marítimo y Marina. 2. En la plataforma de la asignatura Práctica de Comunicaciones Interiores (24/25) se encuentran los videos que se realizaron con acceso en YouTube, tal y como se propuso, pero no están editados ya que durante el curso no dio tiempo y hay que mejorar la edición. - Práctica visual de la señal del timón; https://youtu.be/lCpgy8pydXE - Practica de amplitud de giro del timón; https://youtube.com/shorts/m9aLAnOEw3M - Práctica de velocidad de desplazamiento del timón; https://youtube.com/shorts/4lga7lQrMfg?feature=share - Práctica de amplitud y velocidad solventada; https://youtube.com/shorts/yN3akOs9tMI?feature=share

² Si en la solicitud no indicó compromiso de difusión de resultados, este criterio no se tendrá en cuenta en la evaluación.

3. A pesar de no ser una propuesta, como resultado de este proyecto, su implementación en el aula y continuación de una propuesta anterior docente 2023/24, se ha conseguido realizar una publicación sobre la propuesta. Se trata de un artículo científico titulado

“Demonstrative Method Between Theoretical Concepts and Their Application to the Real Environment: Internal Communications”.

DOI: 10.12716/1001.18.04.23

Está publicada en una revista acorde al grado y al mundo marítimo. Si se quiere acceder al artículo publicado se encuentra en:

https://www.transnav.eu/Article_Demonstrative_Method_Between_Theoretical_Rey-Charlo,72,1468.html

dicha revista está indexada en Scopus, en la Journal Citation Reports.

Tenemos un segundo artículo en revisión desde abril del 2025 en la misma revista denominado

“Visualization, Vulnerability and Manipulation in Internal Communications Systems on the Navigation Bridges”