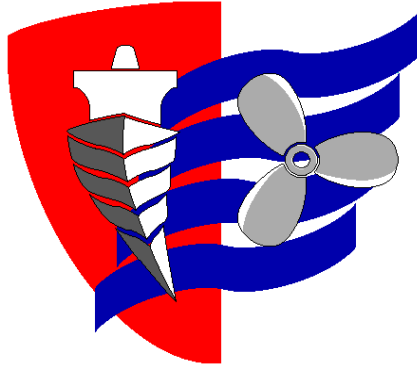


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

PESCANTE PORTABLE PARA LA FACULTAD DE NÁUTICA

Portable Davit for Nautical Faculty

Para acceder al Título de Grado en

**INGENIERÍA NÁUTICA Y TRANSPORTE
MARÍTIMO**

Autor: Daniel Díaz Rivas

Directora: Dra. Emma Díaz Ruiz de Navamuel

Julio - 2025

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Trabajo Fin de Grado

**PESCANTE PORTABLE PARA LA
FACULTAD DE NÁUTICA**

Portable Davit for Nautical Faculty

Para acceder al Título de Grado en

**INGENIERÍA NÁUTICA Y TRANSPORTE
MARÍTIMO**

Julio - 2025

Aviso de responsabilidad

Este documento es el resultado del Trabajo Fin de Grado de un alumno, siendo su autor responsable de su contenido.

Se trata por tanto de un trabajo académico que puede contener errores detectados por el tribunal y que pueden no haber sido corregidos por el autor en la presente edición.

Debido a dicha orientación académica no debe hacerse un uso profesional de su contenido.

Este tipo de trabajos, junto con su defensa, pueden haber obtenido una nota que oscila entre 5 y 10 puntos, por lo que la calidad y el número de errores que puedan contener difieren en gran medida entre unos trabajos y otros.

La Universidad de Cantabria, la Escuela Técnica Superior de Náutica, los miembros del Tribunal de Trabajos Fin de Grado, así como el profesor/a director no son responsables del contenido último de este Trabajo.

Palabras clave

Náutica, pescante, instalación portuaria, formación.

Resumen

A lo largo del presente Trabajo Fin de Grado se estudia la factibilidad del proyecto de instalación de un pescante móvil en la Facultad de Náutica de la Universidad de Cantabria.

Inicialmente se analizan los requerimientos establecidos por los organismos internacionales y estatales como son, el Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar, el Código de Dispositivos de salvamento, el Convenio internacional sobre normas de formación, titulación y guardia para la gente de mar, el Comité de Seguridad Marítima, La Directiva de Equipos Marinos europea, así como la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante.

A continuación, se evalúa el entorno de la instalación, abarcando la Facultad de Náutica, el Muelle de Gamazo y el Puerto de Santander.

Seguidamente se evalúan las diferentes soluciones disponibles en el mercado para la puesta a flote y recuperación de los botes de supervivencia además de verificar las actualizaciones necesarias del Plan de Formación para la homologación y autorización del centro para emitir los pertinentes certificados.

Una vez elegido el concepto del sistema que resolverá la necesidad formativa, se procede a dimensionar la estructura por medio del análisis cinemático de esta para su correcto transporte y almacenaje, el cálculo de esfuerzos, anclaje y cimentación.

Finalmente, tras determinar la factibilidad técnica, se procede a realizar una propuesta presupuestaria para determinar si el proyecto es viable económicamente también.

Keywords

Nautic, davit, port facility, training.

Summary

This Final Degree Project studies the feasibility of the installation of a mobile davit at the University of Cantabria's Faculty of Nautical Studies.

Initially, the requirements established by international and national organizations, such as the International Convention for the Safety of Life at Sea, the Life-Saving Appliance Code, the International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, the Maritime Safety Committee, the European Marine Equipment Directive, and the State Ports and Merchant Shipping Act, are analysed.

Next, the facility's environment is evaluated, encompassing the Faculty of Nautical Studies, the Gamazo Pier, and the Port of Santander.

The different solutions available on the market for launching and recovering survival boats are then evaluated, and the necessary updates to the Training Plan are verified for the training centre's approval and authorization to issue the relevant certificates.

Once the system concept that will address the training needs has been selected, the structure is sized through kinematic analysis for proper transport and storage, stress calculations, anchoring and foundations.

Finally, after determining the technical feasibility, a budget proposal is prepared to determine whether the project is economically viable.

1. Índice

Aviso de responsabilidad.....	3
Palabras clave	4
Resumen.....	4
Keywords	5
Summary	5
1. Índice.....	6
2. Introducción.....	9
3. Planteamiento del problema	10
4. Metodología.....	11
5. Desarrollo.....	12
5.1. Requerimientos SOLAS.....	12
5.1.1. Regla 9: Instrucciones de funcionamiento.....	12
5.1.2. Regla 10: Dotación de la embarcación de supervivencia.....	13
5.1.3. Regla 11: Disposiciones para la reunión y embarco.....	13
5.1.4. Regla 12: Puestos de puesta a flote	13
5.1.5. Regla 13: Estiba de las embarcaciones de supervivencia	13
5.1.6. Regla 14: Estiba de los botes de rescate	13
5.1.7. Regla 16: Medios de puesta a flote y recuperación de las embarcaciones de supervivencia.....	14
5.1.8. Regla 17: Medios de puesta a flote y recuperación de los botes de rescate	14
5.1.9. Regla 17-1: Rescate de personas del agua	14
5.1.10. Regla 19: Formación y ejercicios periódicos (abandono)	14
5.1.11. Regla 20: Disponibilidad funcional, mantenimiento e inspección	15
5.1.12. Regla 34: Cumplimiento del Código	15
5.1.13. Regla 35: Manuales de formación.....	16
5.1.14. Regla 36: Manuales de mantenimiento	16
5.1.15. Regla 38: Proyectos alternativos	16
5.2. Requerimientos STCW	17

5.2.1.	Certificados de suficiencia.....	17
5.2.2.	Código de Formación y competencias	17
5.2.3.	Requerimientos cubiertos por la Universidad de Cantabria	20
5.3.	Requerimientos IDS.....	22
5.3.1.	Criterios generales	22
5.3.2.	Criterios de los botes salvavidas	23
5.3.3.	Criterios de los botes de rescate	26
5.3.4.	Criterios de los dispositivos de puesta a flote y embarco.....	26
5.3.5.	Pruebas de las luces de los botes de rescate	27
5.3.6.	Pruebas durante la fabricación e instalación	28
5.3.7.	Código de prácticas para la evaluación, prueba y aceptación de prototipos de dispositivos y medios de salvamento de carácter innovador	28
5.4.	Requerimientos MSC.....	29
5.5.	Requerimientos MED	29
5.6.	Requerimientos LPEMM.....	30
5.6.1.	Planificación Portuaria	30
5.6.2.	Obras públicas en el dominio portuario.....	31
5.6.3.	Medio ambiente portuario	32
5.6.4.	Seguridad Portuaria	32
5.6.5.	Programa de Recomendaciones de Obras Marítimas y Portuarias ...	32
5.7.	Estudio del entorno de la instalación.....	33
5.7.1.	Instalaciones de la Facultad de Náutica	33
5.7.2.	Entorno del Muelle de Gamazo	34
5.7.3.	Puerto de Santander	35
5.8.	Elección del tipo de pescante.....	36
5.8.1.	¿Qué es un pescante?	36
5.8.2.	Tipos de pescante.....	37
5.8.3.	Elección del tipo de pescante.....	40
5.9.	Homologación del Centro	41
5.10.	Requerimientos finales y diseño	42
5.10.1.	Cinemática y transporte	42

5.10.2.	Estructura	42
5.10.2.1.	Cálculo de reacciones.....	43
5.10.2.2.	Diseño de la plataforma	46
5.10.2.3.	Análisis de Elementos Finitos.....	47
5.10.3.	Anclaje y cimentación	51
5.10.1.	Creación del plano.....	53
5.11.	Presupuesto.....	55
5.11.1.	Coste de la plataforma y montaje	55
5.11.2.	Coste de cimentación e instalación.....	56
5.11.3.	Coste del pescante y bote de rescate.....	57
5.11.4.	Costes de remolques.....	58
5.11.5.	Amortización	58
5.11.6.	Alternativa.....	59
6.	Conclusiones	60
7.	Bibliografía	61
Anexo 1:	Plano de la Facultad de Náutica	63
Anexo 2:	Plano de delimitaciones portuarias	64
Anexo 3:	Análisis de elementos finitos	65
Anexo 4:	Plano de plataforma de transporte	66

2.Introducción

Aunque el Grado en Ingeniería Náutica y Transporte Marítimo tenga como principal propósito la preparación de los futuros oficiales de puente de la Marina Mercante, una importante faceta de estos debe ser la resolución de problemas. Esta faceta es fundamentalmente la parte ingenieril de nuestros estudios, en la que aprendemos a identificar unas necesidades y resolverlas.

En este caso, hemos identificado la necesidad de la Facultad de Náutica en su programa formativo dentro de la asignatura Seguridad Marítima II. La solución que se ha implantado hasta ahora ha sido la complementación de nuestros estudios externamente.

Como ingeniero, pero también como alumno orgulloso de estudiar en esta facultad, debo proponer una alternativa y estudiar su viabilidad, No solo porque podría ser una solución a una necesidad sino porque mejoraría nuestras instalaciones y ayudaría a la Facultad de Náutica en su mejora continua.

Debemos recordar las posibles causas raíz para no cometer los mismos errores. En el pasado, unas instalaciones similares a las planteadas ya existían, pero por diversas razones, ya no se encuentran disponibles.

Se planteará, por tanto, una posible solución a una necesidad real, teniendo en cuenta nuestros conocimientos, estudiando los requerimientos de estas instalaciones y empleando herramientas ingenieriles.

3.Planteamiento del problema

En la actualidad, el programa formativo del Grado en Ingeniería Náutica y Transporte marítimo, concretamente la asignatura de Seguridad Marítima II, debe de completarse con formación externa a la UC en otro centro subcontratado externo.

El plan formativo, como establece la convención STCW, debe incluir actividades formativas que requieren de instalaciones de las que carece, en este momento, la Universidad de Cantabria.

Se trata de instalaciones poco estéticas para una zona paisajística y turística como es la Bahía de Santander. Además, requieren de un mantenimiento adicional al encontrarse en el exterior junto al medio marino y de una cimentación especial por encontrarse tan próximas a la mar. También son vulnerables ante la vandalización o uso inapropiado en la vía pública.

El proyecto deberá plantear una solución factible a los requisitos formativos, estructurales, del medio y dentro de un presupuesto razonable que justifique la inversión. Tras el estudio de viabilidad, podremos determinar si se trata de un proyecto que se podrá llevar a cabo dentro de las circunstancias mencionadas.

Con objeto de guiar nuestro trabajo y establecer prioridades, establecemos los siguientes objetivos:

- Determinar si el proyecto de un pescante transportable es viable técnica y económicamente.
- Investigar nuevas soluciones para las necesidades formativas en el uso de equipos e instalaciones de salvamento marítimo.
- Aplicar la herramienta de análisis de elementos finitos en el cálculo de estructuras.

4. Metodología

El convenio STCW establece los requisitos formativos, por lo que deberemos tenerlos en cuenta desde un inicio. Se establecerán unos requerimientos mínimos a lo largo del proyecto, que el diseño deberá cumplir.

Se realizará un estudio de la tecnología empleada por los principales fabricantes de pescantes en el mercado para aplicar la que mejor se adapte a los requerimientos.

También se analizarán las instalaciones de las que dispone la Facultad de Náutica de la Universidad de Cantabria, así como del entorno en el Muelle de Gamazo a través del cual se transportará e instalará temporalmente el pescante.

A continuación, una vez elegido el tipo de pescante, se planteará un diseño de estructura para su óptimo almacenaje, transporte, fijación al muelle, cimentación y uso formativo.

Finalmente, se completará el trabajo con una propuesta económica para determinar la viabilidad económica del proyecto.

5.Desarrollo

5.1. Requerimientos SOLAS

El SOLAS (2024) establece la obligatoriedad de evaluación, prueba y aprobación de dispositivos y medios de salvamento por parte de la Administración. Esta, se asegurará de que son sometidos a las pruebas de conformidad establecidas por la OMI tanto en las Reglas del Capítulo III (Dispositivos de salvamento) del SOLAS (2024) como del Código IDS (2017), o bien a pruebas que sean esencialmente equivalentes a juicio de la Administración.

De igual forma, en lo concerniente a dispositivos de salvamento con carácter innovador, los dispositivos de salvamento se ajustarán al menos a normas de seguridad equivalentes a las anteriormente mencionadas; o bien, los medios serán sometidos al análisis técnico y evaluación conforme a lo dispuesto en la regla 38 del SOLAS (2024).

También, aquellos dispositivos de salvamento de los cuales no figuren especificaciones definidas en el código IDS (2017), deberán ser adecuados a criterio de la Administración.

Así mismo, durante la fabricación se exigirán pruebas para asegurar que los dispositivos de salvamento cumplan la misma norma bajo la cual se han aprobado (Regla 5).

Aunque la instalación tiene como objetivo la formación en tierra, nos regiremos por requisitos para instalaciones en buques para asegurar la seguridad del alumnado y profesorado, así como dimensionar una instalación lo más próxima posible a la que encontraríamos en un buque. Sin embargo, como veremos a continuación, al tratarse de un proyecto que difiere ligeramente a lo establecido en el Convenio, especialmente en lo referido a su entorno de funcionamiento, se deberá llevar a cabo una reevaluación de los medios definidos en el proyecto.

5.1.1. Regla 9: Instrucciones de funcionamiento

Las embarcaciones de supervivencia y sus sistemas de puesta a flote dispondrán de señalización e indicaciones que expliquen la finalidad y modo de funcionamiento de los dispositivos conforme a las recomendaciones de la OMI.

5.1.2. Regla 10: Dotación de la embarcación de supervivencia

A bordo del bote de supervivencia, así como en los medios de puesta a flote, deberá haber un número de personas con formación necesaria para operar con seguridad la embarcación.

Aunque no se trata de un buque, se deberá de disponer de la lista del alumnado que realizará el ejercicio y distribuirá las distintas tareas de manejo y gobierno, supervisión del motor y patrón suplente.

5.1.3. Regla 11: Disposiciones para la reunión y embarco

Los puestos de embarco y operación del equipo serán fácilmente accesibles, además, la instalación se deberá disponer de manera que sea posible el embarco de personas transportadas en camilla.

Se deberá disponer de una escala de embarco que den acceso a la embarcación cuando esta se encuentre a flote. Para que esto se lleve a cabo sin riesgo, se proveerán de medios para atracar al costado, en este caso junto al muelle.

5.1.4. Regla 12: Puestos de puesta a flote

Las posiciones de aquellos tripulantes que vayan a operar los medios de puesta a flote deberán encontrarse en emplazamientos seguros y sin riesgos durante la actividad.

5.1.5. Regla 13: Estiba de las embarcaciones de supervivencia

Los botes salvavidas se encontrarán estibados fijados al dispositivo de puesta a flote y de manera que no entorpezcan el funcionamiento de los equipos de puesta a flote, tan cerca de la superficie del agua como sea posible y su posición de embarco se encontrará a, como mínimo, 2m del agua.

5.1.6. Regla 14: Estiba de los botes de rescate

Irán estibados de manera que estén listos para ponerse a flote en 5 minutos como máximo, en un emplazamiento adecuado para su botadura y recuperación, conforme además a la Regla 13.

5.1.7. Regla 16: Medios de puesta a flote y recuperación de las embarcaciones de supervivencia

Se proveerán dispositivos de puesta a flote y recuperado que cumplan con el Código IDS (2017). Cada bote dispondrá de su propio dispositivo de puesta a flote y además se dispondrán medios para suspender el bote y poder realizar mantenimientos. Los medios de control se dispondrán de manera que el operador del mecanismo pueda observar la embarcación en todo momento. Si se emplearan tiras, estas tendrán suficiente longitud como para que lleguen a la embarcación sobre el agua.

5.1.8. Regla 17: Medios de puesta a flote y recuperación de los botes de rescate

Los medios de puesta a flote y recuperado de los botes de rescate estarán dimensionados de manera que permitan efectuar su tarea lo antes posible. Si el bote de rescate es una embarcación de supervivencia, cumplirá lo prescrito a las reglas 11 y 12. El tiempo de recuperación no será superior a 5 minutos. Si cumple la doble función de bote salvavidas, deberá poder recuperar el bote con el peso equivalente de su equipo más la dotación de tripulantes para la que se aprueba. Los medios de embarco estarán dispuestos de manera que faciliten el manejo de una persona en camilla con seguridad.

5.1.9. Regla 17-1: Rescate de personas del agua

Se dispondrá de un procedimiento específico para el rescate de personas siguiendo las directrices establecidas por la OMI a fin de reducir al mínimo los riesgos y se llevará a cabo en el reconocimiento periódico o renovación del equipo.

5.1.10. Regla 19: Formación y ejercicios periódicos (abandono)

Previo a la realización de los ejercicios se deberá llevar a cabo una familiarización acerca de cómo emplear los equipos de seguridad y cómo proceder en caso de emergencia.

En el ejercicio de abandono de buque, en el caso del presente proyecto, ejercicio de formación de abandono, habrá que: Convocar al alumnado para asegurar la comprensión del ejercicio que se llevará a cabo y en qué consiste, acudir a los puestos de reunión y comprobar que el alumnado lleva la indumentaria adecuada. También, asegurar que se han puesto correctamente el chaleco salvavidas, arriar el bote salvavidas tras los preparativos previos,

poner en marcha el motor del bote y hacerlo funcionar, accionar los pescantes para poner a flote el bote salvavidas y dar instrucciones sobre los equipos radioeléctricos de salvamento.

5.1.11. Regla 20: Disponibilidad funcional, mantenimiento e inspección

Aunque esta regla es aplicable a buques, en la medida de lo posible será aplicada y el equipo se encontrará bajo continua supervisión.

Antes de iniciar cualquier ejercicio, los dispositivos de salvamento estarán en condiciones de servicio y listos para usar inmediatamente.

Con objeto de asegurar la fiabilidad de los equipos, se llevará a cabo el mantenimiento, pruebas e inspecciones. Además, se proveerán instrucciones para el mantenimiento y la Administración podrá aprobar el programa de mantenimiento establecido.

Se inspeccionarán las tiras encargadas de asegurar el bote al pescante y renovarán cuando sea necesario por causas de deterioro o tras periodos de uso de cinco años. Asimismo, estarán disponibles componentes de respeto, así como herramientas para llevar a cabo mantenimientos y reparaciones.

Dado que los equipos no se encontrarán bajo las mismas condiciones de trabajo durante su vida útil que las instalaciones en un buque en la mar, la periodicidad de las siguientes actividades de mantenimiento han de acordarse con la Administración: Inspección ocular de ganchos, amarres de la embarcación y equipo de puesta a flote. Operar el motor del bote durante 3 minutos, su caja de engranajes y se moverá el bote hasta su posición estibada para asegurar el correcto funcionamiento de los equipos. Con una periodicidad menor, se sacará de su posición de estiba e inspeccionará conforme a lo establecido en la Regla 36.

Tendrá lugar un examen exhaustivo anualmente y se llevará a cabo una frenada del chigre a la máxima velocidad de arriado, sin tripulantes a bordo, con excepción de una prueba cada 5 años con una sobrecarga de 1,1 veces la carga completa homologada. Se revisarán también los aparejos de botadura y ganchos de suelta automática, que se someterán a una sobrecarga de 1,1 veces la masa total homologada.

5.1.12. Regla 34: Cumplimiento del Código

Aunque ya ha sido comentado con anterioridad, dicha Regla establece que los medios de salvamento deben cumplir con los requerimientos indicados por el Código IDS.

5.1.13. Regla 35: Manuales de formación

Con objeto de asegurar una correcta formación, se creará un manual en el que todos los procedimientos operativos de cada medio de salvamento se encuentren correctamente definidos y explicados. Incluirá, entre otros, el procedimiento a seguir durante la puesta a flote del bote de rescate/supervivencia, su recuperación, el uso de anclas flotantes, el correcto funcionamiento del motor e instrucciones para la reparación de emergencia de los dispositivos.

5.1.14. Regla 36: Manuales de mantenimiento

Al igual que el manual formativo, se dispondrá de un manual de mantenimiento en el que se incluirán: Instrucciones precisas para llevar a cabo la lista de comprobaciones de inspección, el programa de mantenimiento, diagramas que incluyan puntos de lubricación, lista de piezas reemplazables y sus proveedores, así como un registro de dichas actividades.

5.1.15. Regla 38: Proyectos alternativos

Dado que el presente proyecto difiere ligeramente del propósito establecido para la instalación de los botes de rescate/salvavidas, se debe establecer una metodología para evaluar estos nuevos medios.

Siempre y cuando los nuevos medios de salvamento ofrezcan una seguridad adecuada y se ajusten al propósito para el que se dimensionan, dichos proyectos podrán diferir de lo establecido en las Reglas, aunque se llevará a cabo un análisis técnico de conformidad por parte de la Administración.

Dicho análisis incluirá, como mínimo, las prescripciones que no se vayan a cumplir, el motivo para el incumplimiento y su justificación, la determinación del nivel de seguridad no inferior al requerido, la descripción del proyecto, demostración técnica del cumplimiento satisfactorio de los criterios de seguridad y por último, una evaluación de riesgos.

En caso de futuras modificaciones, las nuevas condiciones deberán volver a ser evaluadas.

5.2. Requerimientos STCW

5.2.1. Certificados de suficiencia

El Convenio internacional sobre normas de formación, titulación y guardia para la gente del mar, STCW (2010), establece que es necesario el cumplimiento de una serie de requisitos mínimos para la expedición de los certificados de suficiencia en el manejo de embarcaciones de supervivencia, botes de rescate y botes de rescate rápidos. Dichos certificados, requeridos para el ejercicio profesional como Oficial de puente de la Marina Mercante, avalan el cumplimiento de los requisitos mínimos por parte del alumno en un centro formativo acreditado.

Dentro de la Regla VI/2 del Convenio STCW (2010) se indica que todo aspirante al mencionado certificado de botes de rescate no rápidos debe cumplir los siguientes requisitos:

- Mayoría de edad.
- Haber completado un periodo de embarque aprobado de 12 meses, o un curso de formación aprobado y un periodo de embarque no inferior a seis meses.
- Satisfacer las competencias establecidas en los párrafos 1 a 4 de la sección A-VI/2 del Código de Formación.

Por otro lado, respecto al certificado de botes de rescate rápidos debe cumplir los siguientes requerimientos:

- Poseer un certificado de suficiencia en el manejo de embarcaciones y botes de rescate no rápidos.
- Haber seguido un curso de formación aprobado.
- Poseer las competencias establecidas en los párrafos 7 a 10 de la sección A-VI/2 del Código de Formación.

5.2.2. Código de Formación y competencias

Dentro del Anexo que contiene las Enmiendas de Manila al Código de formación, titulación y guardia para la gente de mar (Código de Formación), figuran las disposiciones obligatorias a las que se hace referencia en el Convenio STCW (2010). Además, las competencias que los alumnos deben demostrar para la expedición de los certificados, así como los conocimientos, métodos de demostración y criterios de evaluación. A continuación, aquellas competencias establecidas en el STCW (2010):

- **Hacerse cargo de una embarcación de supervivencia o bote de rescate durante y después de su botadura.**
 - Conocimientos: Deberá conocer la construcción y equipos, características específicas y sus instalaciones, así como los dispositivos de botadura. Comprenderá los métodos de puesta a flote y recuperación, incluyendo mar en calma y encrespada, medidas a tomar en caso de abandono de buque, peligros asociados a los dispositivos de suelta con carga y tareas de mantenimiento.
 - Método de demostración: Tendrá lugar una demostración práctica en la que se evidencie la capacidad del alumno para adrizar una balsa salvavidas llevando chaleco salvavidas, interpretar señales de máxima capacidad de la embarcación, dar órdenes correctas durante botadura, adrizado, alejarse de buque y desembarque de personas. Probará poder preparar y poner a flote la embarcación, alejarse del buque, así como recuperar de forma segura el bote y embarcaciones de supervivencia. Utilizando tanto una balsa salvavidas como un bote salvavidas.
 - Criterios de evaluación: La preparación, métodos de embarque y puesta a flote permiten que la embarcación se aleje del buque sin riesgos. Las medidas adoptadas reducen al mínimo las amenazas para la supervivencia. La recuperación de la embarcación respeta las limitaciones de el equipo y este se opera acorde a las instrucciones del fabricante.
- **Hacer funcionar el motor de una embarcación de supervivencia.**
 - Conocimientos: Métodos de puesta en marcha y funcionamiento del motor, accesorios y extintor disponible.
 - Método de demostración: Prueba práctica que evidencie la capacidad de puesta en marcha y funcionamiento en un bote salvavidas abierto o cerrado.
 - Criterios de evaluación: Se alcanza y mantiene la propulsión necesaria para navegar.
- **Organizar supervivientes y la embarcación de supervivencia tras el abandono.**
 - Conocimientos: Dominará el manejo de la embarcación durante condiciones meteorológicas adversas, el empleo de la boza, ancla flotante y resto de equipo. Racionamiento de agua y alimentos, medidas de detección, método de rescate con helicópteros, prevención de hipotermia, empleo de los botes con motor para reunir, organizar balsas y rescatar supervivientes, así como la varada voluntaria de la embarcación.

- Método de demostración: La práctica que evidencie la capacidad para remar y gobernar el bote con ayuda de brújula, utilización de los equipos disponibles y colocación de dispositivos que contribuyen a la localización.
 - Criterios de evaluación: Correcta organización de la supervivencia.
- **Dispensar primeros auxilios a supervivientes**
- Conocimientos: Empleo del botiquín de primeros auxilios y técnicas correctas de reanimación.
 - Método de demostración: Demostración práctica en el tratamiento de heridas y técnicas de reanimación tanto durante como después del abandono.
 - Criterios de evaluación: Correcto diagnóstico de la causa, naturaleza y gravedad de heridas y lesiones. Correcta priorización en la secuencia de tratamiento.
- **Comprender la construcción, mantenimiento y reparaciones del bote de rescate rápido.**
- Conocimientos: Conoce la construcción y equipo de los botes de rescate rápidos. Comprende el mantenimiento que se debe de llevar a cabo, reparaciones e inflado de los compartimientos de flotabilidad de botes de rescate rápido.
 - Método de demostración: Evaluación práctica de las instrucciones.
 - Criterios de evaluación: Método para llevar a cabo el mantenimiento y reparaciones.
- **Hacerse cargo de los dispositivos de puesta a flote y recuperación.**
- Conocimientos: Es capaz de evaluar el equipo para puesta a flote y manejo inmediatos. Conoce el funcionamiento y limitaciones del chigre, sistema de frenos, bozas y equipo de compensación del movimiento. Procede con las precauciones de seguridad en el proceso. Comprende las dificultades de la botadura en condiciones meteorológicas adversas.
 - Método de demostración: Demostración práctica de la capacidad de puesta a flote y recuperación.
 - Criterios de evaluación: Capacidad de preparación y encargarse del equipo de puesta a flote y recuperación.
- **Hacerse cargo del bote de rescate rápido con su equipo.**
- Conocimientos: Puede evaluar el estado de los botes de rescate rápidos con su equipo conexo de puesta a flote y manejo inmediatos. Toma las precauciones de seguridad necesarias en el proceso.

Comprende las implicaciones de la puesta a flote durante condiciones meteorológicas perjudiciales.

- Método de demostración: Demostración práctica de la capacidad de hacerse cargo del bote de rescate con su equipo durante la botadura.
- Criterios de evaluación: Capaz de encargarse del bote de rescate rápido en su botadura y recuperación.

➤ **Hacerse cargo de un bote de rescate rápido después de su puesta a flote**

- Conocimientos: Conoce las características, instalaciones y limitaciones de los botes de rescate rápidos. Comprende los procedimientos de adrizado, manejo en condiciones adversas, su equipo de navegación y patrones de búsqueda, así como factores ambientales que la afectan.
- Métodos de demostración: La demostración práctica del adrizado y manejo del bote, uso de equipo de comunicaciones y señalización, equipos de emergencia, rescate del agua de víctimas e implementación de patrones de búsqueda adaptados a las circunstancias.
- Criterios de evaluación: Demostración del correcto manejo del bote comprendiendo sus limitaciones y teniendo en cuenta las condiciones reinantes.

➤ **Hacer funcionar el motor de un bote de rescate rápido**

- Conocimientos: Conoce los procedimientos de puesta en marcha y funcionamiento del motor.
- Métodos de demostración: Evaluación práctica de los métodos empleados en el manejo del motor.
- Criterios de evaluación: Se arranca y maneja el motor para una adecuada maniobra.

5.2.3. Requerimientos cubiertos por la Universidad de Cantabria

Teniendo en cuenta los requisitos que establece la Universidad de Cantabria para la emisión de los certificados de especialidad de botes de rescate no rápidos y rápidos, es requisito indispensable haber completado con éxito la asignatura Seguridad Marítima II además de llevar a cabo una formación en el centro de Jovellanos complementaria.

La guía docente de la asignatura Seguridad Marítima II (Curso académico 2024-2025) define una serie de competencias específicas que se obtendrán tras haber superado la asignatura. Analizando exclusivamente las ya definidas en el Código de Formación, tenemos que la Guía Docente abarca las siguientes competencias:

- **Hacer funcionar el motor de una embarcación de supervivencia.**
- **Organizar supervivientes y la embarcación de supervivencia tras el abandono.**
- **Dispensar primeros auxilios a supervivientes**
- **Comprender la construcción, mantenimiento y reparaciones del bote de rescate rápido.**
- **Hacerse cargo de un bote de rescate rápido después de su puesta a flote**
- **Hacer funcionar el motor de un bote de rescate rápido**

Por el contrario, existen ciertas competencias que no se ven cubiertas en su totalidad dentro de la Facultad de Náutica, y que por ello se externaliza parte de la formación, a saber:

- **Hacerse cargo de una embarcación de supervivencia o bote de rescate durante y después de su botadura.**
- **Hacerse cargo de los dispositivos de puesta a flote y recuperación.**
- **Hacerse cargo del bote de rescate rápido con su equipo.**

En particular, todas las competencias relacionadas con el sistema de puesta a flote de los botes de rescate rápidos y botes de rescate no rápidos, no se ven cubiertas por la Guía Docente de la asignatura Seguridad Marítima II. Esto es evidente si observamos las instalaciones disponibles de la Facultad de Náutica. La Universidad de Cantabria carece de un sistema de puesta a flote de los botes de rescate de características similares a las disponibles en buques de la Marina Mercante.

Estas competencias, que quedan incompletas, son complementadas con la formación externa llevada a cabo en el Centro de Jovellanos. Siguiendo un Convenio Formativo que contempla y cubre dichas carencias. De esta manera, el alumnado debe acudir al Centro Jovellanos para completar su formación y así poder obtener los certificados, ahora ya cumpliendo con todas las competencias establecidas en el Convenio STCW (2010).

Será, por tanto, nuestro objetivo primordial el dotar a la Facultad de Náutica de unos equipos que permitan al profesorado llevar a cabo la formación requerida. Dotando al alumnado de la totalidad de las competencias necesarias acorde al Convenio STCW (2010) en una formación realizada íntegramente en las instalaciones de la UC.

5.3. Requerimientos IDS

El Código Internacional de Dispositivos de Salvamento, IDS (2017) establece los criterios a cumplir por aquellos dispositivos y medios de salvamento con el objetivo de poder ser aprobados internacionalmente siguiendo el procedimiento que enmienda del Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar, SOLAS (2024).

Será aplicable a todos aquellos dispositivos y medios de salvamento innovadores que no dispongan disposiciones en el SOLAS 2024 y que los Gobiernos Contratantes deseen su aceptación internacional.

5.3.1. Criterios generales

Los dispositivos de salvamento cumplirán, de forma general, con lo establecido a continuación IDS (2017) y en referente a botes de rescate:

- Se encontrarán estibados de forma segura y en disponibilidad inmediata. Ofrecerán medios para el abandono para todas las personas a bordo.
- Permitirán la posibilidad de rescate y recogida de personas que hayan caído al agua.
- La atmósfera marina, agua de mar o dulce, hidrocarburos y moho no podrán inutilizarlos, incluso bajo el deterioro de la luz solar.
- No sufrirán deterioro, al encontrarse estibados, en una atmósfera de entre -30°C y +65°C y al encontrarse en el mar, entre -1°C y +30°C.
- Cuando se encuentren a bordo de buques que transporten mercancías peligrosas, ofrecerán medios contra los riesgos derivados de la carga y contra incendios durante y después del abandono del buque.
- Serán fabricados, en la medida de lo posible, con materiales piro-retardantes.
- Se realizarán mantenimientos y pruebas periódicos para asegurar el cumplimiento del código.
- Dispondrán carteles de señalización y de instrucciones de uso, inspección, prueba funcional y mantenimiento adecuados para realizar dichas tareas.
- Serán de fácil uso y requerirán de formación previa mínima.
- Dos tripulantes podrán preparar la puesta a punto en menos de 5 minutos.
- Estarán equipados con todos los sistemas necesarios para su uso sin riesgos.
- Dispondrán de medios para el fácil embarque.

5.3.2. Criterios de los botes salvavidas

Dado que muchos de los botes de rescate cumplen los requisitos de botes salvavidas en la Marina Mercante con el objetivo de optimizar recursos, contemplaremos estos requisitos también. Estos se definen en el apartado 6 del Código IDS (2017):

PRUEBAS DE LOS MATERIALES:

- Se someterá el material del casco a una prueba de resistencia a las llamas.
- Si se empleara material de flotación intrínseca, esta se verificará tras ser sumergida en diferentes líquidos derivados del petróleo durante 14 días. No deberán haber perdido más del 5% de flotabilidad ni ver mermadas sus propiedades mecánicas.

PRUEBAS DE SOBRECARGA:

- El bote, sin carga, suspendido por sus ganchos de izada no sufrirá un arrufo excesivo.
- Se repetirá la medición de arrufo con el bote cargado bajo su máxima carga de funcionamiento.
- De nuevo, en incrementales del 25%, se repetirá la sobrecarga hasta el 100% y repetirán las mediciones de arrufo.
- Una vez retirada la sobrecarga, el bote no deberá presentar deformaciones permanentes resultado de las pruebas tras un máximo de 18h para botes de fibra.

PRUEBAS DE RESISTENCIA A CHOQUE Y CAÍDA:

- Se simulará, con el bote completamente cargado, un choque lateral en su situación de suspensión en ganchos de izada.
- Se medirán las aceleraciones sufridas en su interior para determinar la exposición de los ocupantes.
- Se someterá el bote a una caída libre de 3m sobre el agua completamente cargado con el mismo bote de la prueba de choque lateral.
- Tras las pruebas de choque y caída, se inspeccionará y realizará una prueba operacional. No deberá haber sufrido daños que afecten a su operatividad, ni penetrado el agua y las aceleraciones cumplen los criterios establecidos.
- Se cargarán los asientos con una masa de 100kg sin sufrir deformaciones.

PRUEBAS DE FRANCOBORRDO Y ESTABILIDAD:

- Con el bote totalmente cargado y los compartimentos estancos cerrados, se simulará una brecha de agua y asegurará que el bote mantendrá estabilidad positiva.
- Con el bote cargado con su equipamiento, se simulará la carga de los tripulantes en uno de sus costados y deberá mantener un francobordo en su costado no inferior al 1,5% de la eslora del bote o 100mm, el que sea mayor.

PRUEBA DEL MECANISMO DE SUELTA:

- Se cargará al bote con un 1,1 veces su masa incluyendo equipamiento, pasajeros y bote y simulará su suelta sin sufrir daños o agarrotamientos en el mecanismo.
- Con el bote salvavidas en rosca y una sobrecarga del 10%, el bote se suelta simultáneamente estando a flote.
- Se demostrará que, con el mecanismo de accionamiento desconectado y el bote cargado, siendo remolcado a 5 nudos, el gancho permanece cerrado.
- Tras la repetición de la acción de suelta 50 veces con la carga completa, no se producirán fallos en el mecanismo.
- Se someterá a una sobrecarga de 1.1 veces del peso en conjunto y repetirá la suelta 10 veces sin fallos.
- A continuación, con su carga de trabajo admisible, la fuerza de actuación necesaria no será inferior a 100N ni superior a 300N.
- Un segundo mecanismo, bajo una carga del 100% de la carga admisible, cumplirá los mismos requerimientos de fuerza de actuación. A continuación, se someterá a por lo menos 6 veces la fuerza de carga de trabajo sin que el mecanismo falle.

PRUEBA OPERACIONAL DEL BOTE SALVAVIDAS:

- Habiendo cargado el bote con pesos iguales a su equipo y tripulación para la que se va a aprobar, navegará y maniobrá adecuadamente durante al menos 4h a 6 nudos de velocidad. Navegando a velocidad máxima durante al menos 2 min sin fallos.
- El motor arrancará en frío a una temperatura de -15°C durante 3 veces, siendo operado sin fallos.
- El motor se arrancará fuera del agua durante 5 min en condiciones de almacenaje.
- El motor trabajará adecuadamente durante 5 min sumergido hasta el eje del cigüeñal.
- Los accesorios no afectarán al correcto funcionamiento del compás.

- Se probará físicamente que es posible subir a bordo a personas incapacitadas en el mar.

PRUEBAS DE REMOLQUE Y SUELTA DE LA BOZA:

- Con el bote cargado y equipado con una masa igual a la del número de pasajeros y equipo para los que se aprueba, se podrá remolcar a una velocidad no inferior a 5 nudos sin sufrir daños.
- El mecanismo de suelta de boza se podrá soltar en las condiciones previas de remolque.

PRUEBAS PARA BOTES SALVAVIDAS TOTALMENTE CERRADOS:

- Sin ayuda externa y una vez escorado 180°, el bote se auto adrizará con una carga de personas a bordo y equipo equivalentes a las aprobadas. Tendrá la misma capacidad encontrándose en rosca.
- A menos que el motor se apague automáticamente, el motor deberá seguir funcionando mientras esté invertido y 30 min después. En caso de que se apague automáticamente, deberá arrancar y funcionar durante 30 min después del adrizado.
- Con el bote inundado completamente y con todas las aberturas y puertas abiertas, se hará girar el bote 180° sobre su eje longitudinal y quedará en una posición que permita ser evacuado.
- Tras un ciclo severo de funcionamiento establecido, el motor seguirá funcionando correctamente y no habrá perdido una cantidad excesiva de aceite, sufrido recalentamiento o desgaste prematuro visible.

BOTES CON SISTEMA AUTÓNOMO DE AIRE:

- El sistema automático de sobrepresión no permitirá la bajada de presión del interior por debajo de la exterior ni una diferencia mayor a 20hPa tras un determinado ciclo de prueba.

BOTES PROTEGIDOS CONTRA INCENDIOS:

- Se fondeará el bote y hará arder su perímetro de agua completamente con queroseno, con el motor a pleno funcionamiento y los sistemas de protección de gases y sistema contra incendios activados. Durante 8 minutos, se tomarán diversas medidas de temperatura, atmósfera interior y presión, debiendo cumplir con los mínimos requerimientos establecidos.
- Poniendo en marcha el motor y bomba de aspersión, se medirá el caudal proporcionado y asegurará que la cobertura de la superficie sea adecuada durante cambios sucesivos de asiento y escora de 5° a cada eje.

5.3.3. Criterios de los botes de rescate

Como es fácil que a bordo nos encontremos con botes salvavidas cumplan la doble función de botes de rescate, incluiremos estos en el estudio acorde al Código IDS (2017), en particular los botes de rescate rígidos:

- Se determinará la fuerza de remolque que puede proporcionar el bote durante un mínimo periodo de 2 min para conocer la balsa salvavidas más grande que puede remolcar. Ninguno de los dispositivos sufrirá daños en el proceso constando en la homologación dicha fuerza máxima.
- El bote de rescate maniobrá adecuadamente y sin producir molestias a los ocupantes en situación de carga completa y abandono.
- Se cargará el bote con su carga de funcionamiento y suspenderá en sus eslingas sin sufrir daños o deformaciones.
- El motor funcionará correctamente y maniobrá durante 4h a una velocidad mínima de 6 nudos comprobando los consumos y capacidad de combustible.
- En caso de que no sea auto adrizante, dos personas lo podrán adrizar hallándose invertido en el agua. Deberá funcionar correctamente el motor durante 30 min tras el adrizado.
- Podrá ser impulsado por medio de remos en aguas tranquilas a 0,5 nudos como mínimo.

5.3.4. Criterios de los dispositivos de puesta a flote y embarco

Tomaremos más en detalle los requerimientos de los dispositivos de puesta a flote y embarco puesto que tomará un mayor papel en el presente proyecto. La base para el pescante que diseñaremos con posterioridad deberá trasladar los esfuerzos desde el pescante hasta la cimentación. El Código IDS (2017) define las pruebas que deberá soportar el pescante para su aprobación y que tendremos en cuenta durante el diseño:

- Se someterán a los pescantes a una prueba estática de sobrecarga de 2,2 veces su carga máxima de trabajo. Además, se hará oscilar la carga 10° sobre la vertical y además simulando una escora de 20° sobre ambas bandas. No deberá haber daños ni deformaciones tras la sobrecarga.
- Se suspenderá una carga de 1,1 veces la carga máxima de trabajo y hará oscilar 20° de escora a cada banda y 10° de asiento. Posteriormente se repetirá la operación con el bote completamente equipado sin pasajeros y observará que el funcionamiento es correcto y no existen daños o deformaciones.

- Cargando los ganchos de izada con 1,1 veces la carga máxima de trabajo, se desplazará la carga desde la posición de a bordo hasta la de fuerabordo. Sin dificultad, daño o deformación.
- Se harán girar los tambores del chigre hasta su máxima extensión y cargarán con 1,5 veces la carga máxima de trabajo y arriará una vuelta completa del tambor. Seguidamente se cargará 1,1 veces la carga máxima de trabajo y dejará caer y frenará bruscamente.
- La velocidad de arriado debe ser de, como mínimo, 0,3 m/s y 0,8m/s para botes de rescate rápido, bajo una carga equivalente al número de personas y equipo para el que se vaya a aprobar.
- Se deberá demostrar que es posible accionar manualmente el chigre con una carga de 1,5 veces la masa de los medios de izada cargados.
- Tras la prueba, se desmontará el chigre e inspeccionará.
- Se someterá a los ganchos de suelta automática a un ensayo de resistencia a la corrosión y a continuación se someterán cinco veces a un ciclo de carga/descarga y suelta en incrementales determinados en la norma.
- La fuerza de cierre deberá ser inferior a 120N sin carga.
- Se probará el mecanismo de suelta automática, inicialmente, con la masa de salvavidas más ligera y una sola persona podrá accionarlo sin dificultad.
- Se soltará el gancho 100 veces sin fallo bajo carga máxima, a continuación, se desmontará y examinará.
- Se simulará la congelación del gancho y acumulación de hielo a -30°C debiendo soltar bajo carga y sin fallo.
- Se deberá demostrar que el gancho no se daña tras 10 impactos horizontales a una velocidad de 3,5m/s sobre el costado.
- En caso de emplear ganchos de diferentes fabricantes, se deberán efectuar las pruebas de ambos componentes y su compatibilidad.

5.3.5. Pruebas de las luces de los botes de rescate

- Se probarán doce luces de cada modelo utilizado y someterán a ciclos de temperatura.
- Si se emplean luces con células activadas por agua de mar, tras haberse sometido a 10 ciclos de temperatura. 4 de ellas se enfriarán a -30°C, otras 4 a +65°C y otras 4 se estibarán en agua dulce. Deberán funcionar correctamente y proporcionar una intensidad luminaria de al menos 4cd en un periodo de 12h.
- Si la fuente de energía son pilas secas, se someterán al ciclo previo.
- Si se trata de luces de destellos, durante un periodo de 12h mantendrán entre 50 y 70 destellos por minuto a una intensidad superior a 4,3cd.

- Se someterán a diferentes ensayos, de vibración, cultivo de moho, resistencia a la corrosión y agua de mar, radiación solar, prueba de lluvia y estanqueidad y exposición al fuego.
- Se verificará la intensidad luminosa proporcionada, temperatura de color y cromaticidad.

5.3.6. Pruebas durante la fabricación e instalación

Salvo cuando el SOLAS (2024) o el Código IDS (2017) establezcan la inspección siguiendo un método determinado, la Administración llevará a cabo pruebas aleatorias en las fábricas para asegurar la conformidad. Cuando el funcionamiento adecuado de los dispositivos dependa de la adecuada instalación, como es el caso, la Administración exigirá que se realicen pruebas del dispositivo instalado para asegurar que se ha montado correctamente.

- Todo bote salvavidas y de rescate se cargará con una masa de 1,1 veces su carga de régimen y procederá a su suelte, asegurando que mantienen flotabilidad.
- Antes de la instalación, se probará el correcto funcionamiento continuo durante 2h del bote.
- Se aplicará una carga igual al peso del bote con su asignación completa y de equipo sin sufrir daños en el mecanismo o bote.
- Se sobrecargará con 2,2 la carga de trabajo estática completamente fuerabordo y los chigres se someterán a 1,5 veces la carga máxima de trabajo. Se martillearán las piezas fundidas del bastidor para asegurar que son sólidas.
- Se medirá la velocidad de arriado y puesta a flote bajo una carga de masa equivalente.
- Una persona a bordo efectuará la prueba de la operación de puesta a flote desde el interior del bote.
- Se aplicarán los frenos súbitamente durante la puesta a flote para asegurar que son suficientes para soportar la carga.
- Se deberá demostrar que el bote se puede recuperar accionando el mecanismo manual y devolver a su posición de estiba.

5.3.7. Código de prácticas para la evaluación, prueba y aceptación de prototipos de dispositivos y medios de salvamento de carácter innovador

La OMI reconoce que cabe la posibilidad que aparezcan nuevos medios de salvamento que, por su carácter innovador, no se adapten por completo a lo establecido en la norma. Por ello, considera la necesidad de establecer una

norma que los contemple y regule. Surge de esta manera el código de prácticas para la evaluación, prueba y aceptación de dichos prototipos en el Código IDS (2017).

Es de elevada importancia que los medios de salvamento y en este caso, de formación para el salvamento, se mantengan en continua actualización y perfeccionamiento.

En cualquier caso, se deberá demostrar que los dispositivos cumplen con lo prescrito en el Código IDS (2017). Desempeñarán todas las funciones de los medios que pretenden sustituir y no obstaculizarán el funcionamiento de ningún otro dispositivo o medio a bordo.

Analizando lo establecido en el mencionado Código, observamos que los requerimientos generales son equivalentes a los ya mencionados para cada dispositivo. Por tanto, nos limitaremos a analizar el dispositivo que diseñaremos como una extensión del propio pescante a efectos de tales comprobaciones.

5.4. Requerimientos MSC

La OMI reconoce la necesidad de implementar requerimientos más precisos para las pruebas de los dispositivos de salvamento, por ello, encomienda al Comité de Seguridad Marítima la aprobación de las pruebas recomendadas para dichos equipos. Recomienda a los Gobiernos que se cercioren de que los dispositivos de salvamento son objeto de las pruebas que mencionaremos a continuación y aquellas otras pruebas que, a juicio de la Administración, sean equivalentes.

La Resolución MSC.81(70) describe dichas recomendaciones y en sus apartados 6, 7 y 8, define respectivamente las pruebas que deberán pasar los botes salvavidas, botes de rescate y botes de rescate rápidos y los dispositivos de puesta a flote y embarque.

Su contenido expande el detalle de las pruebas a llevar a cabo ya mencionadas en los requisitos establecidos por el SOLAS y el Código IDS. Por ello, no serán enumerados de nuevo, sin embargo, si volveremos a mencionar a la hora de analizar los sobre esfuerzos, materiales, criterios de fabricación y demás especificaciones técnicas finales.

5.5. Requerimientos MED

La Directiva de Equipos Marinos, definida por la Directiva 2014/90/UE, tiene como objetivo mejorar la seguridad en la mar, para ello, pretende asegurar

que los equipos, en este caso de salvamento, cumplen con los requisitos establecidos por la OMI, pero adicionalmente, un estándar común de seguridad y rendimiento.

También asegura que aquellos certificados emitidos por los estados miembros de la Unión Europea sean aceptables en los demás estados.

Aunque esta normativa es aplicable a equipos que se encuentran en buques y está dirigida a las empresas fabricantes de dichos equipos, es recomendable considerar sus requerimientos a la hora ejecutar el proyecto en vista a una posible comercialización a nivel internacional. No solo es requisito dentro de la EEE, sino que existen acuerdos de reconocimiento mutuo con EEUU respecto al certificado MED por lo que también podríamos comercializar allí el dispositivo.

La Comisión Europea ha creado los Reglamentos 2017/306 y 2018/773 que abarcan los requerimientos de construcción, diseño y pruebas que deben cumplir los productos marinos.

Observando con detalle dichos Reglamentos, verificamos que nuevamente hacen referencia a normativa aprobada por la OMI y ya estudiada en los apartados previos del presente trabajo a cerca de los requerimientos del SOLAS, del Código IDS, así como del MSC. Nos limitaremos por tanto a tratar de cumplir los anteriores y obtener la certificación MED en caso de decidir comercializar el producto internacionalmente.

Cabe destacar la creación de distintos módulos para determinar la conformidad del producto en base al tipo de equipo de que se trate, no obstante, será de estudio una vez determinada la viabilidad del proyecto.

5.6. Requerimientos LPEMM

La Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante le atribuye a las Autoridades Portuarias las competencias en el Artículo 25 de proyección, construcción, conservación y explotación de las obras y servicios del puerto, Menéndez (2012). Además, le atribuye en el Artículo 26, las funciones de redactar los planes especiales de ordenación urbanística del puerto, proyectar y construir las obras necesarias programadas y otorgar concesiones y autorizaciones de uso del dominio público portuario.

5.6.1. Planificación Portuaria

El Artículo 52 de la LPEMM regula el Marco Estratégico de interés general, que define el modelo de desarrollo estratégico, y los objetivos globales técnicos, financieros y económicos. Aunque dicho Marco Estratégico es

aprobado por el Ministerio competente, su elaboración es llevada a cabo por Puertos del Estado con la ayuda de las Autoridades Portuarias. La LPEMM provee de ciertas herramientas para llevarlo a cabo, a saber, el Plan Estratégico, el Plan director de Infraestructuras del Puerto y el Plan de Empresa.

A través del Plan Estratégico, cada una de las Autoridades Portuarias establece el plan de acción de los puertos que aquellas gestionan. Por su parte, el Plan director recoge la situación del puerto en el momento de su redacción, las necesidades de desarrollo a medio plazo, alternativas de desarrollo, impacto ambiental, capacidad de las infraestructuras, fases de desarrollo y rentabilidad entre otros. Será obligatorio la elaboración de un Plan director cuando se vayan a llevar a cabo obras de modificación de puerto que afecten a los límites exteriores marítimos. Por esta razón es de interés llevar a cabo obras que no requieran de la modificación de dichos lindes.

5.6.2. Obras públicas en el dominio portuario

Para poder llevar a cabo modificaciones de los puertos de interés general se requiere de la aprobación del proyecto de ampliación o modificación y estudios adicionales por parte de la Autoridad Portuaria como se establece en el Artículo 58.1 de la LPEMM.

En caso de que proceda, debe llevarse a cabo un estudio del impacto ambiental por lo que trataremos de minimizar la obra a llevar a cabo lo máximo posible, así como emplear equipos que impliquen un menor impacto ambiental.

Además, como pretendemos llevar a cabo una obra mínima y esta tendrá lugar dentro de la zona de servicio del puerto, no será necesario que hayan sido previstas en la delimitación de usos portuarios o el Plan Especial.

En todo caso, las obras de modificación deberán estar incluidas en el Plan de Empresa y si es necesario, en el Plan director de infraestructuras.

Las Autoridades Portuarias podrán llevar a cabo cualquier obra siempre que se encuentre dentro del dominio portuario y se adapten al plan especial de ordenación que se deberá estudiar. En cualquier caso, las obras de modificación llevadas a cabo por la Autoridad Portuaria están exentas de la obtención de licencia previa y otros actos de control preventivo municipal al tratarse de obras de interés general. Sin embargo, si se lleva a cabo por terceros, no estarán exentas.

5.6.3. Medio ambiente portuario

El Artículo 62 de la LPEMM establece una serie de normas con objeto de eliminar o disminuir los riesgos de vertidos o emisiones de contaminantes de todo tipo. Como los equipos que instalaremos pueden conllevar un riesgo, deberemos de contar con medios para combatir dicha contaminación en caso de accidente.

Además, nuestra instalación deberá contar un plan de contingencias que será considerado por las Autoridades Portuarias en la definición de su Plan de Contingencias del Puerto y, por ende, incluido en las Ordenanzas Portuarias.

5.6.4. Seguridad Portuaria

Como está establecido en el Artículo 65.2 de la LPEMM, la Autoridad Portuaria deberá elaborar un Plan de Emergencia Interior incluido en las Ordenanzas Portuarias. De igual forma, con objeto de prevenir actos antisociales contra las instalaciones, se deberá estudiar la necesidad un Plan de Protección y será competencia de la propia Autoridad Portuaria si se encuentra dentro del ámbito de aplicación del ISPS.

Respecto a los Riesgos Laborales, aclara el Artículo 65.1 de la LPEMM, que si el riesgo tiene lugar en las instalaciones autorizadas o concesionadas, las obligaciones empresariales corresponderán a los concesionarios, en este caso, la Universidad de Cantabria.

5.6.5. Programa de Recomendaciones de Obras Marítimas y Portuarias

Puertos del Estado redacta el ROM, Recomendaciones de Obras Marítimas y Portuarias de conformidad con lo establecido en los Artículos 17, 52.2, 55.1 y 58.1 de la LPEMM. Dado que se le atribuyen por Ley las competencias de ejecución de política portuaria, los instrumentos para el desarrollo portuario, la realización de nuevas obras de infraestructura y exigirá la redacción y aprobación de estudios complementarios.

Dispondremos pues de un documento revisado y aprobado por Puertos del Estado con los requerimientos de cimentación que deberemos tener en cuenta a la hora de diseñar los anclajes estructurales del pescante.

Estudiando dicho documento, podremos calcular los esfuerzos que deberá soportar, materiales a emplear, conocer los fundamentos teóricos de dimensionamiento, tipo de construcción y otros requisitos a introducir en el programa de cimentación elegido.

5.7. Estudio del entorno de la instalación

Debemos conocer en detalle el entorno de la instalación y sus limitaciones, para ello, estudiaremos los planos de las instalaciones de la Facultad de Náutica, el entorno del muelle de Gamazo y el entorno marítimo del Puerto de Santander. De esta manera podremos adaptar el proyecto y determinar si se puede ejecutar en dichos escenarios.

5.7.1. Instalaciones de la Facultad de Náutica

La planta baja de la Facultad de Náutica (Figura 1), dispone en su planta baja de un depósito destinado al almacenaje de las embarcaciones de formación.

En el Anexo I, podemos ver en detalle los planos publicados por la Universidad de Cantabria que analizaremos en el estudio cinemático.

Sabemos, además, que la altura máxima del portón de entrada es de 4 metros, factor crítico en el dimensionamiento.

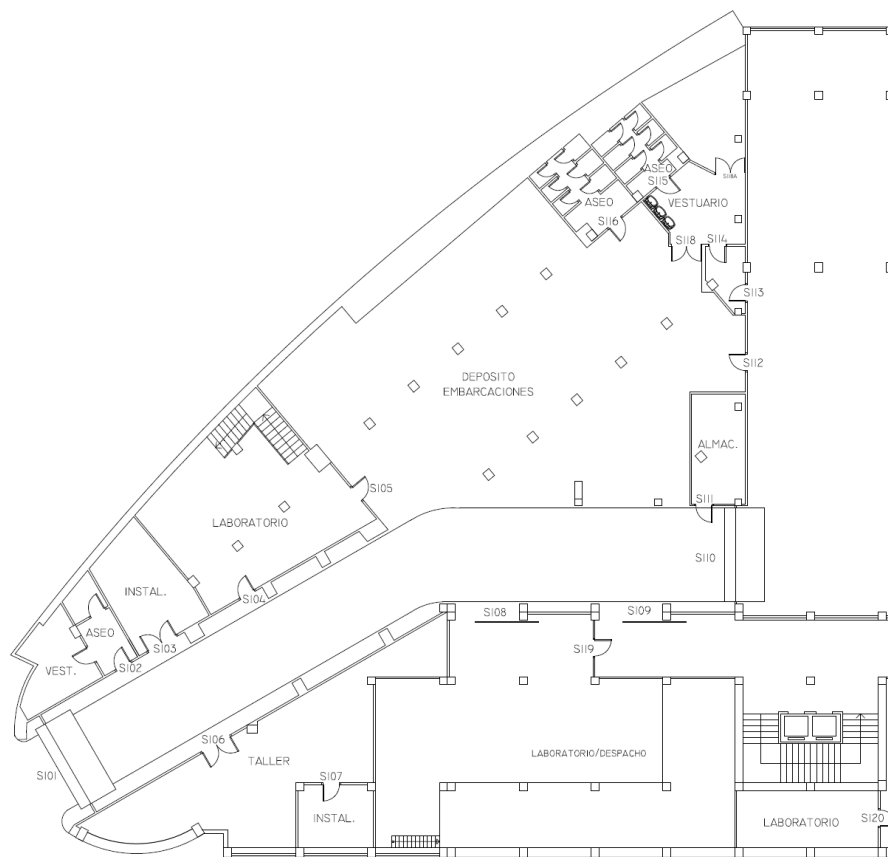


Figura 1. Plano de la Planta Sótano de la Facultad de Náutica de la Universidad de Cantabria. Universidad de Cantabria. Fuente: <https://web.unican.es/unidades/servicio-infraestructuras/Paginas/Planos.aspx>

5.7.2. Entorno del Muelle de Gamazo

La Facultad de Náutica tiene muy próximas varias áreas donde poder ejecutar la obra. Descartaremos el muelle de los Prácticos y el del Centro de Alto Rendimiento Príncipe Felipe que, aunque más próximos a la Facultad de Náutica, la densidad de tráfico marítimo y las limitaciones de espacio en tierra son elevadas.

Por otro lado, más al este (Figura 2), disponemos del Muelle de Gamazo, destinado a embarcaciones no comerciales de pequeño porte y con 5m de calado, no obstante, al encontrarse más lejana, debemos descartarla porque limitar al máximo el transporte de la estructura pesada debe ser una prioridad. Además, debido a las recientes obras, el entorno se encuentra lleno de obstáculos en la vía y eso complica la operación.



Figura 2. Plano de los Muelles de Gamazo. Puertos de Santander. Fuente: <https://www.puertosantander.es/es/muelles>

Debo señalar que, en 2020, posteriormente a la finalización de las obras que tuvieron lugar en Gamazo (Figura 3), existía una instalación de pescantes como podemos ver en la fotografía inferior. Construcción que se derribó por motivos que, según publica El Diario Montañés, “la embarcación, que desde hace años cumplía una función estética, suponía un “peligro” porque había gente que la escalaba”. Lamentando lo ocurrido y que no se hubiera detenido, no queda otra opción que la de ser pragmáticos y plantear este proyecto.



Figura 3. Obras del Muelle de Gamazo. Andrés Fernández. *El Diario Montañés*. (2015) Fuente: <https://www.eldiariomontanes.es/fotos/santander/201506/18/instaladas-hamacas-gamazo-30111658490323-mm.html>

5.7.3. Puerto de Santander

A continuación, estudiaremos los Planos de Usos Propuestos y el Derrotero del Puerto de Santander.

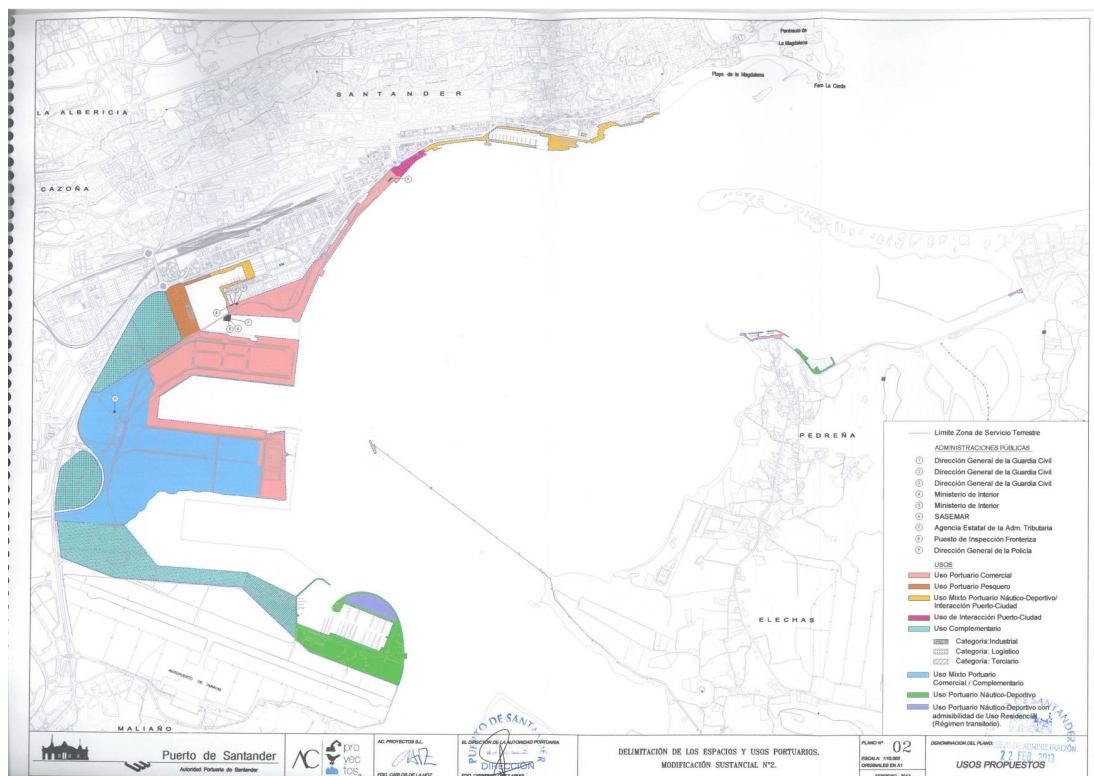
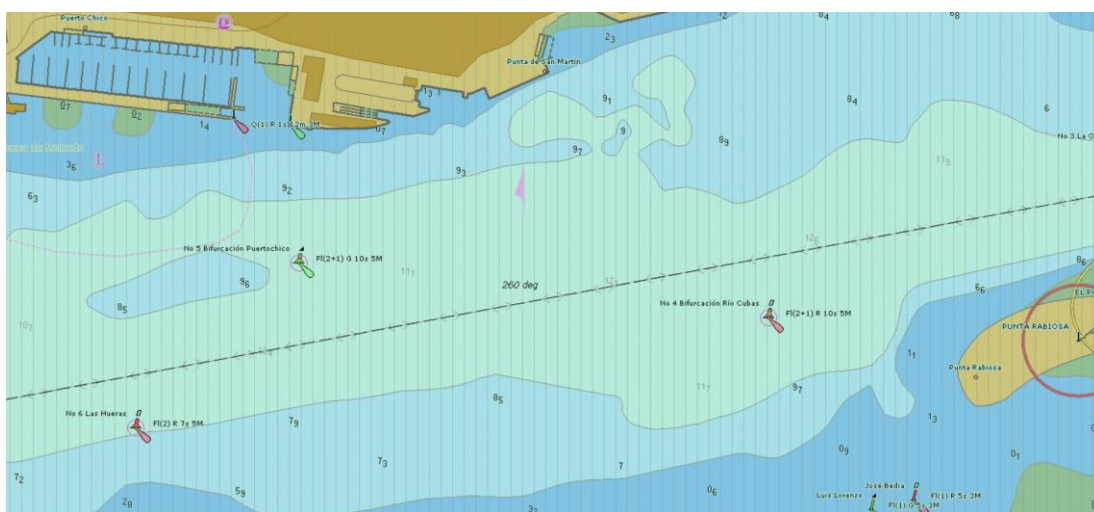


Figura 4. Delimitación de los espacios y usos portuarios. Puerto de Santander (2013). Fuente: <https://www.puertosantander.es>

Además, verificamos en la carta 4011 del Instituto Hidrográfico de la Marina (Figura 5), que disponemos de una amplia zona de navegación, suficiente para realizar las prácticas de navegación del bote de supervivencia y con suficiente calado.



5.8. Elección del tipo de pescante

5.8.1. ¿Qué es un pescante?

Aunque los pescantes se pueden emplear para el manejo de multitud de cargas, únicamente estudiaremos aquellos especializados en el arriado de botes de supervivencia y de rescate.

5.8.2. Tipos de pescante

Existe una gran variedad de soluciones en el mercado, cada una de ellas adaptada a las necesidades y retos que entraña el entorno de su instalación, como son, los requerimientos del tipo de buque, el número de pasajeros, la velocidad de arriado, la facilidad de operativa, el presupuesto, etc.

- Pescante fijo por gravedad fueraborda: El bote es puesto a flote verticalmente mediante un aparejo que trabaja verticalmente por gravedad y con frenos automáticos (Figura 6). Se trata de las estructuras menos complejas, sin partes móviles más allá de los cables y poleas. Las principales ventajas que posee este tipo sistema es su simplicidad, fácil mantenimiento y operativa. Por otro lado, su instalación ocupará un mayor volumen total debido al voladizo y elevación por no tener un mecanismo que lo estibe a bordo. Se suele emplear en plataformas off-shore y cruceros, donde ya existen estructuras sobre las que montar el voladizo y las ventajas de que el bote no ocupe espacio de cubierta y esté listo para su puesta a flote casi inmediatamente son prioritarias.



Figura 6. Pescante FPG Series. Palfinger (2025) Fuente: <https://www.palfingermarine.com/en/boats-and-davits/davits>

- Pescante pivotante por gravedad: Se trata de uno de los sistemas más extendidos. El bote es puesto a flote por gravedad y dispone de un mecanismo simple, también actuado por gravedad, que traslada el bote desde su posición de estiba en cubierta a su posición de bajada

fueraborda (Figura 7). Posteriormente el bote es puesto a flote verticalmente con una bajada controlada por motores eléctricos regulados manualmente desde el interior de la embarcación o desde el exterior. Aunque más complejo que el anterior, su mecanismo de gravedad sigue siendo relativamente simple y no requiere más que la liberación de unos frenos mecánicos y el efecto de la gravedad para pasar a su posición fueraborda. Su principal desventaja, de nuevo, es el tamaño que ocupa en cubierta, especialmente en la vertical. También en el eje transversal puesto que el pivote necesita disponer de ventaja mecánica para que la propia gravedad sea capaz de mover el mecanismo. Además, no se puede embarcar en su posición de estiba por lo que puede ser algo más lento en el ejercicio de abandono y requerirá de ciertos preparativos. Su mantenimiento será simple, mantener engrasado el cable, asegurar que los engranajes del motor tienen aceite y que los puntos de pivote y poleas están engrasados.



Figura 7. Pescante de gravedad. Clipper (2006). Fuente: <https://commons.wikimedia.org>

- Pescante telescópico: De amplia aplicación en buques de pasaje, consiste en un mecanismo de vigas telescópicas que al accionarse trasladan transversalmente el bote hasta encontrarse fueraborda (Figura 8). Se trata del sistema más complejo, debe ser accionado por sistemas

hidráulicos que actúen sobre el brazo telescópico y posteriormente mediante poleas, la embarcación será puesta a flote verticalmente. Es una instalación relativamente compacta si se dispone de cubiertas sobre el bote, como es el caso de cruceros, donde poder anclar el sistema de vigas. Su posición de estiba es la misma en la que los tripulantes embarcarán por lo que están disponibles para la evacuación inmediatamente. Sin embargo, por tratarse de un equipo con sistemas más complejos, también lo será su mantenimiento.



Figura 8. Pescante telescópico. Navim Group (2025). Fuente: <https://www.navim.com>

- Pescante de abatimiento hidráulico: Aunque menos extendido que los anteriores, se trata de un mecanismo que combina la ventaja mecánica de un brazo pivotante con un sistema hidráulico. Se trata del sistema más compacto y no requiere más estructura externa que la de la cubierta, se puede embarcar en su posición de estiba y operar desde su interior (Figura 9). Por el contrario, al requerir de un sistema hidráulico, su precio será más elevado y su mantenimiento algo más complejo que el de los equipos por gravedad.



Figura 9. Pescante hidráulico LH-140 MKIII. Viking (2025). Fuente: <https://www.viking-life.com/shop/boats-and-davits/davits>

5.8.3. Elección del tipo de pescante

Ahora que conocemos todos los requerimientos generales que se demandan de este tipo de instalación, las necesidades formativas del centro y el entorno, podemos llevar a cabo un análisis de cuáles son los sistemas que mejor se adaptan a la instalación.

El mayor reto que nos encontramos es el del espacio, si pretendemos no llevar a cabo unas instalaciones fijas exteriores, el sistema debe de ser lo más compacto posible para su almacenaje dentro del garaje de la Facultad de Náutica.

Por otro lado, el factor económico también es una gran limitación por lo que deberemos de llevar a cabo un presupuesto que estime los costes globales del proyecto y aclarar si es factible una amortización a largo plazo respecto de los costes formativos que tienen lugar en el Centro de Jovellanos. También debemos considerar el hecho de que las nuevas instalaciones puedan atraer a un mayor alumnado y además permitan a la Universidad realizar los cursos de actualización de los certificados.

No elegiremos el sistema de puesta a flote por caída libre, “método de puesta a flote de la embarcación de supervivencia por el cual esta se suelta con su asignación de personas y equipo y cae al agua sin medios retardadores del proceso”, como define el SOLAS (2024), pues entraña grandes riesgos para la seguridad del alumnado y profesorado. Sin embargo, será interesante considerar en un proyecto futuro esta instalación.

Dado que el espacio es el mayor factor limitante, optaremos por un sistema de pescante con abatimiento hidráulico. Para ello, diseñaremos una base estructural a la que anclar el pescante, que sea móvil para poder transportarla

de la facultad al muelle y realizar allí las prácticas académicas. Además, deberemos dimensionar una cimentación adecuada en el puerto y sistema de anclaje para asegurar una operativa segura.

No obstante, deberemos estudiar el coste económico del proyecto para determinar su factibilidad.

5.9. Homologación del Centro

Debemos cerciorarnos de que la nueva instalación permitirá al centro educativo cumplir con los requisitos para obtener la homologación y autorización para emitir los certificados de embarcaciones de supervivencia y botes de rescate no rápidos y rápidos.

El Real Decreto 2062/1999, de 30 de diciembre, por el que se regulan los requisitos mínimos para las formaciones de los profesionales marítimos, establece los contenidos que deben de tener los planes de formación, así como las instalaciones disponibles para llevar a cabo dichos planes formativos.

Estudiando los puntos 6 y 7 del anexo 1 del Real Decreto y comparándolos con la guía docente de la asignatura Seguridad Marítima II, observamos que deberemos actualizar tanto el programa del curso formativo como las condiciones mínimas del centro para su homologación y autorización.

- Actualización del curso de formación:
 - Competencias, conocimientos y aptitudes:
 - Tomar el mando de un bote de rescate o de supervivencia durante la botadura y posterior a ella: Deberá conocer la construcción y equipo de dichas embarcaciones, los distintos sistemas de puesta a flote existentes, procedimientos de abandono de buque y métodos de puesta a flote y recuperado con mar encrespada.
 - Manejo del motor de una embarcación de supervivencia.
 - Organización de supervivientes en la mar
 - Pruebas prácticas para evaluar las competencias:
 - Procedimiento de puesta a flote y alejarse hasta alcanzar una zona segura. Recuperación de embarcaciones de supervivencia.
 - Arranque y manejo del motor.
 - Capacidad de gobierno con ayuda de la brújula y remolque de una balsa salvavidas.
- Condiciones del centro para su homologación y autorización:

- Equipamiento material:
 - Bote cerrado convencional.
 - Pescante de gravedad o Pescante de energía mecánica acumulada.
- Otras condiciones:
 - El plan de formación deberá constar el cumplimiento de las Resoluciones y los cursos modelo de la OMI.

5.10. Requerimientos finales y diseño

Una vez comprendida toda la normativa asociada al proyecto de instalación de un pescante, así como los requerimientos formativos que debe cumplir, podemos comenzar con las fases de diseño.

El principal objetivo de este proyecto es el de determinar la factibilidad técnica y económica del proyecto por lo que se deberá considerar con cautela el diseño planteado y las limitaciones de experiencia en el diseño de estos equipos. No obstante, se tratará de llevar a cabo un diseño lo más próximo posible a las capacidades reales de fabricación de la industria, pero teniendo en cuenta las limitaciones de los objetivos formativos del presente TFG y del Grado en Ingeniería Náutica.

5.10.1. Cinemática y transporte

Dado que uno de los requerimientos del proyecto es el almacenaje del equipo en las instalaciones de la Facultad de Náutica y el transporte de este a su posición de uso en el muelle de Gamazo, debemos estudiar la movilidad del equipo dentro de las instalaciones. También debemos conocer el camino a recorrer hasta su punto de instalación la disposición de este.

ALMACÉN DE EMBARCACIONES:

Ahora estudiaremos más en detalle los planos de la planta baja de la Facultad de Náutica:

5.10.2. Estructura

Para el dimensionamiento de la estructura portante debemos conocer los esfuerzos que sufrirá, el punto de aplicación de estos y el factor de seguridad requerido por la normativa en su diseño. Esto es de vital importancia en relación con los costes puesto que cuanto mejor optimicemos la estructura, más posibilidades de viabilidad tiene el proyecto.

Existen dos instantes críticos en la estructura, uno es su posición de estiba y el otro, la posición de pescante extendido. En estos instantes las fuerzas que tienen lugar son máximas.

Dado que el pescante ya tiene la certificación SOLAS requerida, centraremos nuestro trabajo en el desarrollo de la estructura portante y calcularemos las fuerzas reacciones que tienen lugar. En primero lugar, las reacciones que tienen lugar en los puntos de anclaje de los brazos del pescante, en segundo y más adelante, las reacciones que tienen lugar entre la estructura base y la cimentación.

5.10.2.1. Cálculo de reacciones

Para la determinación de los puntos de aplicación de esfuerzos nos basaremos en los planos del fabricante del pescante. Es habitual que dichos esfuerzos ya estén disponibles en sus planos, pero al tratarse de un pescante de pequeña producción, acorde al fabricante, deberemos calcularlos nosotros.

En primer lugar, definimos la geometría de la estructura, nos apoyamos en el plano del fabricante y lo proyectamos sobre una superficie aproximada, aún por detallar, en 3D como vemos en la figura 10:

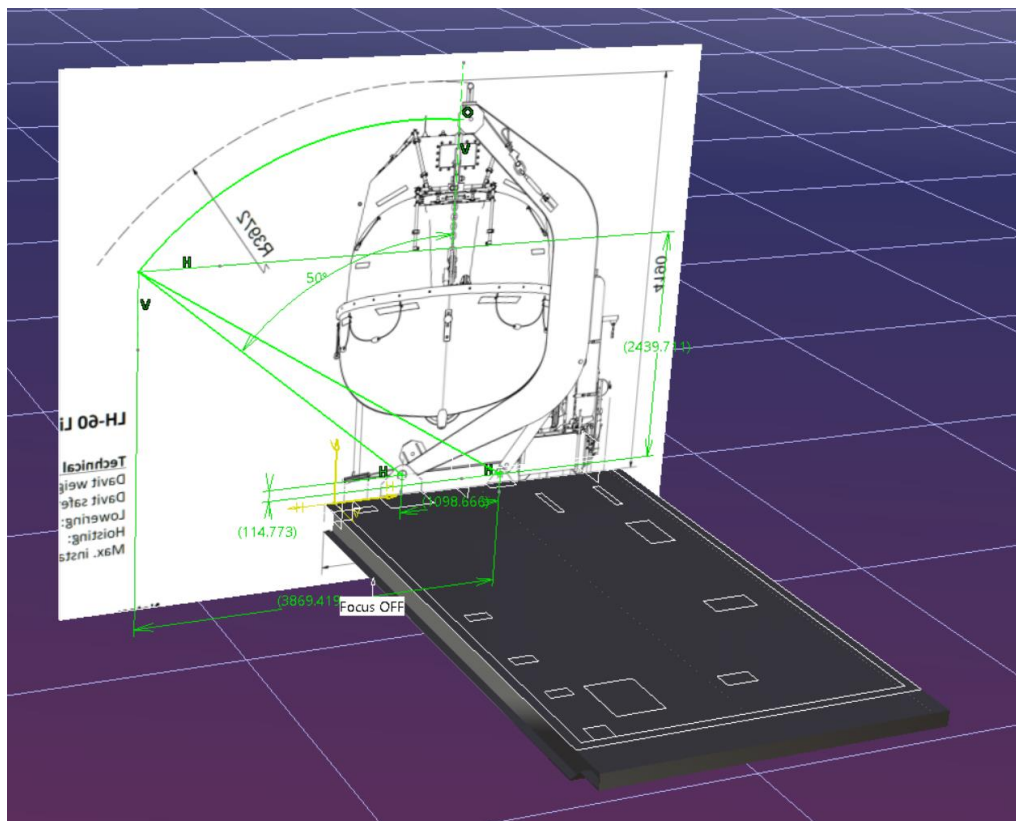


Figura 10. Proyección de plano del pescante en Catia v5. 2025. Plano propiedad de Viking. Modelo LH-60. Fuente: 3D Elaboración propia, Plano: <https://www.viking-life.com>

Ahora, trasladamos las medidas a un sencillo programa de cálculo de estructuras. Podemos hacer esto debido a la sencilla geometría del pescante, se trata de tres nodos conectados por dos tirantes. Pese a la geometría curva del brazo del pescante, podemos asumir que se trata de un sólido rígido que trasladará los esfuerzos a los anclajes de igual forma que lo haría una estructura de tirantes rígidos.

A continuación, calculamos las fuerzas principales que tienen lugar:

$$\text{Peso del bote} = 4250\text{Kg} = 4250 \times 9.81 = 41692.5 \text{ N}$$

$$\text{Peso del pescante} = 4000\text{Kg} = 4000 \times 9.81 = 39240 \text{ N}$$

Acorde al Capítulo VI del Código IDS y al BOE-A-1998-26347 en referente a la aplicación del código MSC.48(66) de 4 de junio de 1996, se aplicará un factor de seguridad mínimo de 4,5 en la proyección de todos los elementos estructurales utilizados en la puesta a flote. Habiendo revisado toda la normativa, este se trata del requerimiento más exigente para la estructura por lo que será en el que nos basemos principalmente en el cálculo:

$$\text{Carga total} = (\text{Peso del bote} + \text{Peso del pescante}) \times \text{Factor de Seguridad}$$

$$\text{Carga total} = (41692.5 + 39240) \times 4.5 = 364.2 \text{ KN}$$

$$\text{Carga por brazo de pescante} = \text{Carga total} \div 2 = 182.1 \text{ KN}$$

Los esfuerzos totales nos dan una idea de las cargas generales, pero debemos ser algo más precisos. Aplicaremos sobre el extremo del pescante (Carga nodo extremo) únicamente la carga debida al peso del bote y sobre el nodo base exterior, la carga debida a la masa del pescante (Carga nodo base).

$$\text{Carga nodo extremo} = \text{Peso bote} \times FS \div 2 = 93.81 \text{ KN}$$

$$\text{Carga nodo base} = \text{Peso pescante} \times FS \div 2 = 88.3 \text{ KN}$$

Ya conociendo la geometría del pescante, así como la carga aplicada y en el nodo externo y la base, realizamos un sencillo estudio de los esfuerzos apoyados en un programa de cálculo Figura 11:

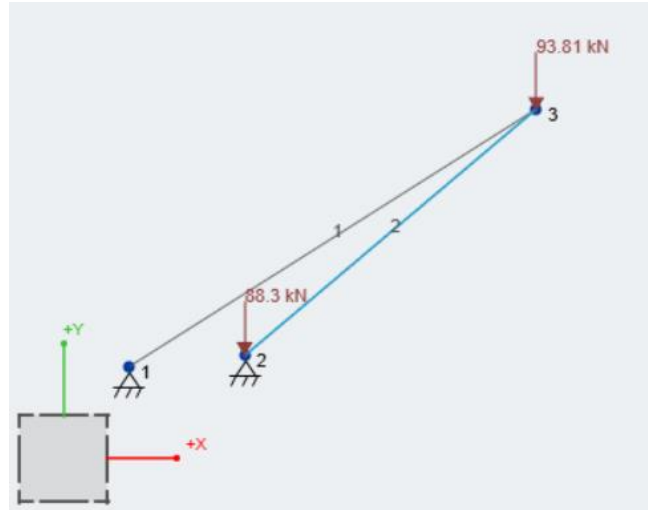


Figura 11. Aplicación de esfuerzos en nodos. 2025. Programa SkyCiv. Fuente: Elaboración propia

Seguidamente, obtenemos las reacciones, Figura 12:

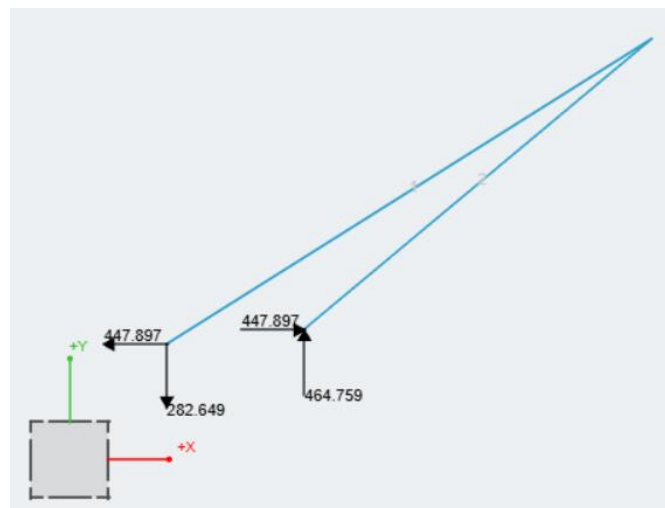


Figura 12. Obtención de reacciones en nodos. 2025. Programa SkyCiv. Fuente: Elaboración propia

Ahora que conocemos las reacciones que tienen lugar entre la base del pescante y la plataforma de transporte, figura 12, podemos comenzar a dimensionar esta.

Debemos destacar que, tras haber resuelto las reacciones en la posición de estiba, al tratarse de esfuerzos inferiores, Figura 13, basaremos nuestros cálculos en la condición extendida, más exigente. Abajo, los resultados del cálculo de reacciones en posición de estiba, Figura 14:

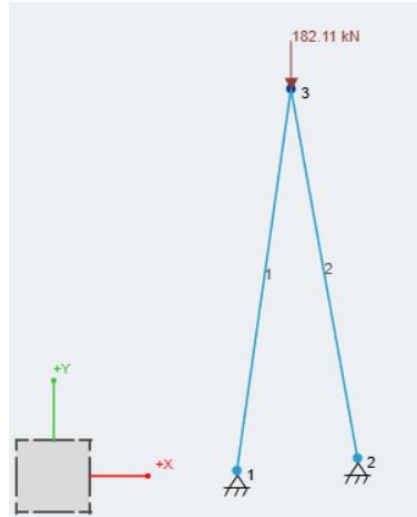


Figura 13. Esfuerzos posición de estiba.2025. SkyCiv. Fuente: Elaboración propia.

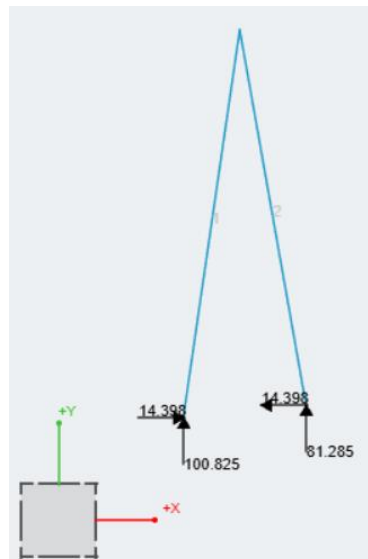


Figura 14. Reacciones en posición de estiba. 2025. SkyCiv.Fuente: Elaboración propia

5.10.2.2. Diseño de la plataforma

Para llevar a cabo su diseño, además de considerar los requerimientos ya mencionados, puntos de anclaje (Figura 15), los esfuerzos y reacciones que tienen lugar, la geometría del pescante y la cinemática, deberemos tener en cuenta otras soluciones en el mercado. Una vez realizado un estudio de las soluciones ya implementadas para la carga de equipos pesados, comenzamos el diseño estructural con la herramienta 3D Catia v5 (Figura 16).

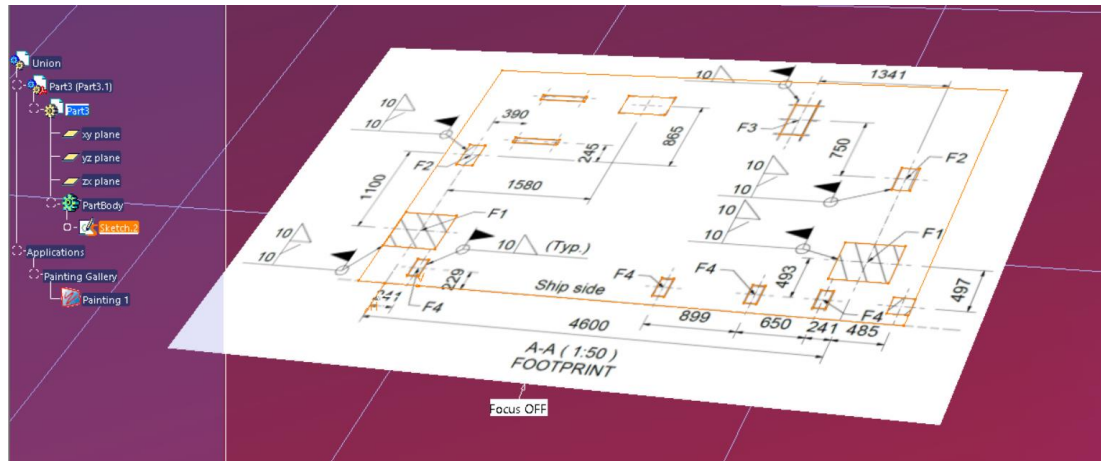


Figura 15. Proyección del plano base del pescante LH-60 de Viking. 2025. Sobre Catia v5. Fuente: 3D elaboración propia, plano: <https://www.viking-life.com>

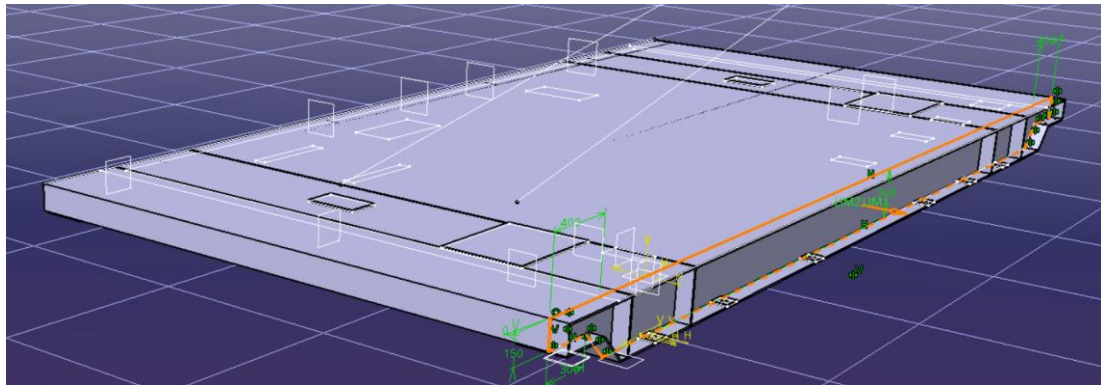


Figura 16 Diseño de plataforma de transporte. 2025. Catia v5. Fuente: Elaboración propia

5.10.2.3. Análisis de Elementos Finitos

Una vez definida la estructura en 3D, comenzamos con su validación por medio del uso de análisis de elementos finitos. Definiremos un tamaño de malla de 10mm, idealmente será del menor tamaño posible pero debido al tamaño de la plataforma y a las limitaciones del hardware empleado en el cálculo, no podemos reducirlo más. Por otro lado, la estructura no tiene superficies complejas por lo que dicha simplificación debería ser apropiada.

Aunque adjuntamos los resultados de los cálculos en el Anexo 3 y el reporte de análisis de elementos finitos obtenido en Catia v5, es importante detallar los parámetros definidos en la simulación.

Aplicamos los esfuerzos ya calculados sobre las áreas de fijación del pescante, Figura 17:

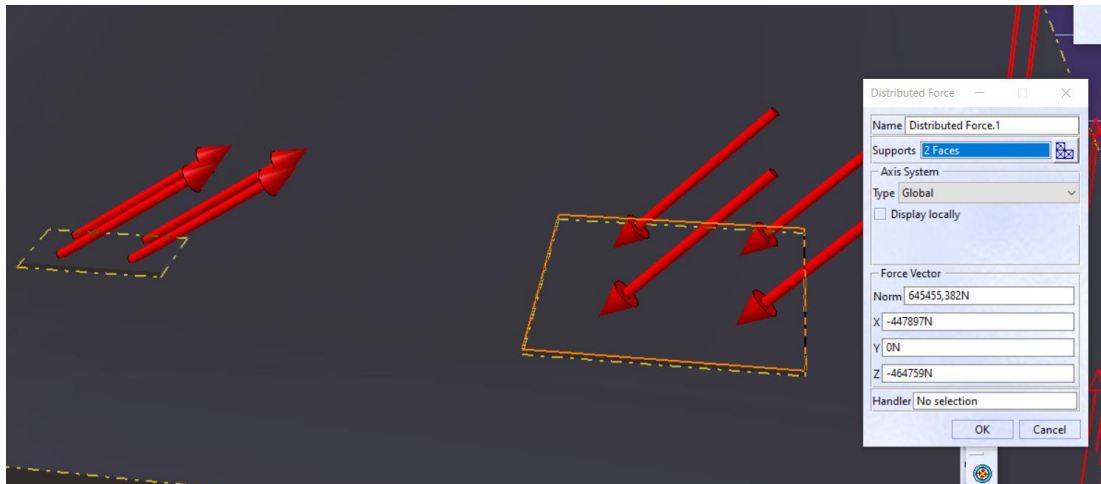


Figura 17 Introducción de esfuerzos. 2025. Catia v5. Fuente: Elaboración propia.

Seguidamente definimos las superficies de anclaje, Figura 18. Por un lado, se encuentran las superficies que únicamente limitan la traslación en el plano horizontal y en el extremo opuesto, los anclajes al suelo que definiremos como empotrados por simplificación de cálculo.

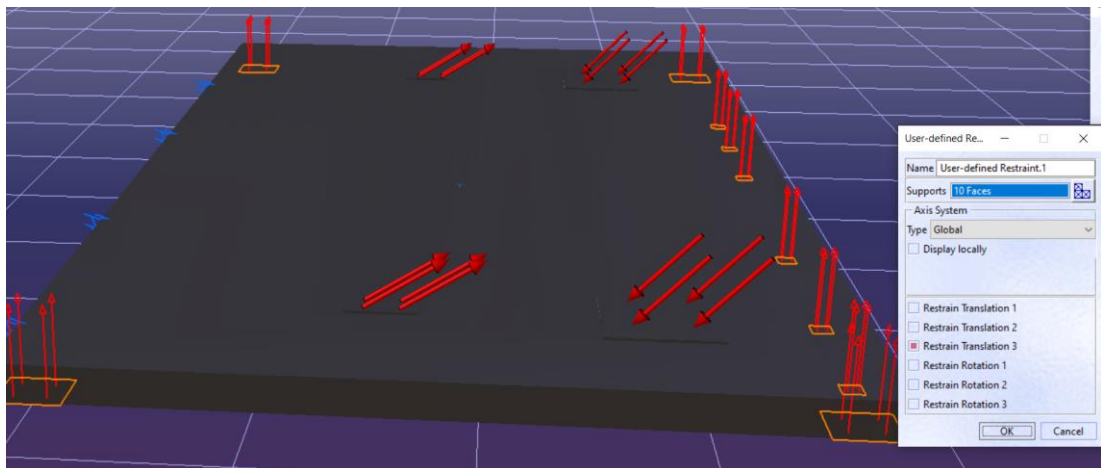


Figura 18 Áreas de fijación al suelo. 2025. Catia v5. Fuente: Elaboración propia.

Importante la definición de las características del material. Emplearemos un acero de características comunes e introduciremos estas en el programa de cálculo, Figura 19:

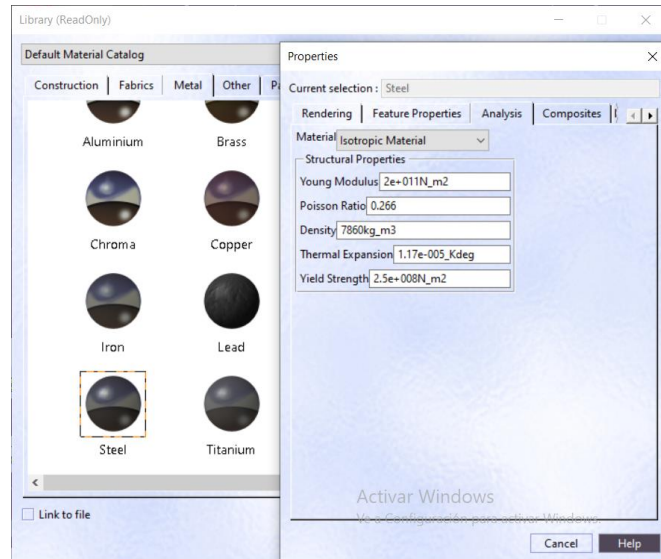


Figura 19. Características del material. 2025. Catia v5. Fuente: Elaboración propia.

Una vez completados los cálculos, estudiaremos los resultados. Los dos factores principales son, no superar el límite elástico del acero y no obtener deformaciones elevadas que se puedan trasladar al pescante e inducir oscilaciones y balances que puedan resultar en accidentes.

A continuación, observamos que las áreas donde se sitúan las mayores tensiones son las áreas de anclaje de los pescantes, Figura 20, especialmente el nodo interior. En este caso, al encontrarse el brazo en su posición extendida, el par trasladado es muy elevado en el extremo opuesto. Tras el cálculo, no superamos en ningún momento el límite elástico y no existe riesgo de rotura. A saber, el límite establecido son 250 MPa y en el cálculo no se superan los 5MPa, Figura 21.

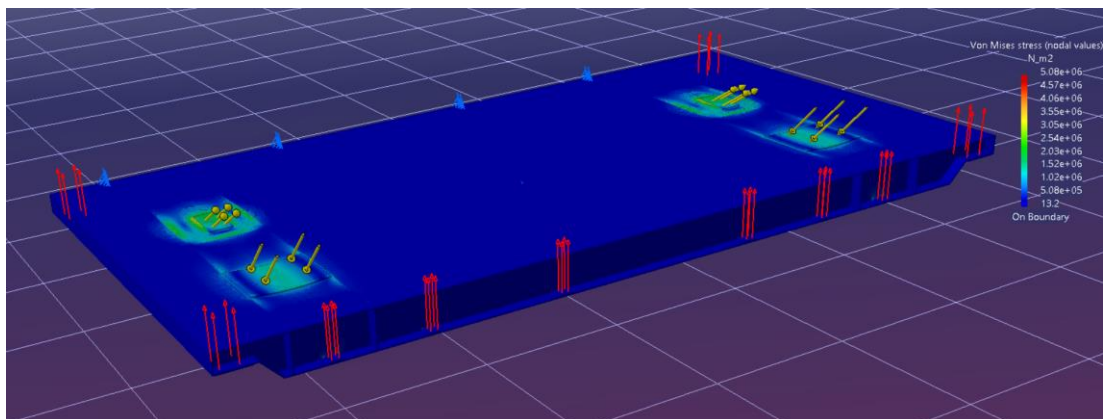


Figura 20 Análisis de elementos finitos. 2025. Catia v5. Fuente: Elaboración propia.

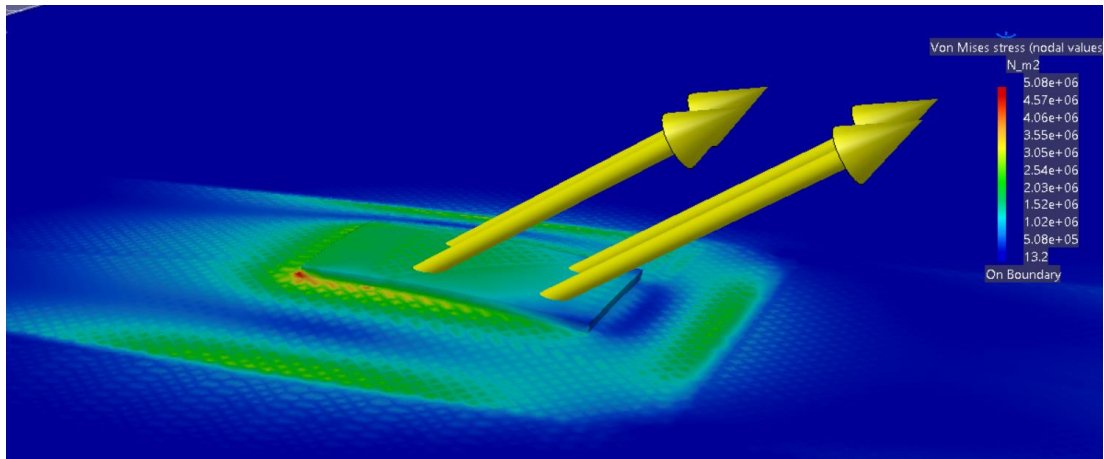


Figura 21. Concentración de esfuerzos en las áreas de anclaje. 2025. Catia v5. Fuente: Elaboración propia.

Seguidamente observamos las tensiones por nodo en el área de mayor estrés, con un máximo de 4.9MPa, figura 22, muy por debajo del límite elástico de 250MPa.

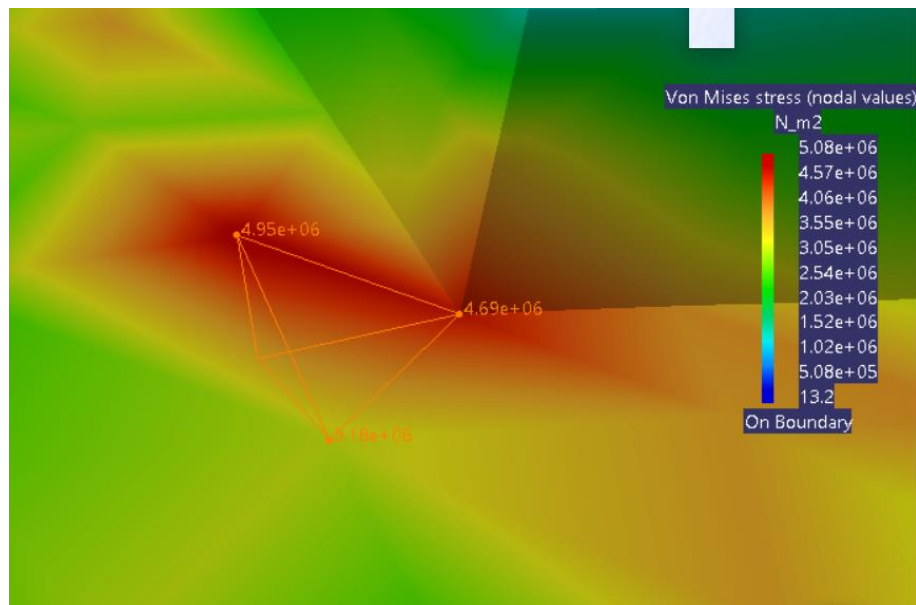


Figura 22. Nodos bajo máxima carga. 2025. Catia v5. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente identificamos las áreas que sufren un mayor desplazamiento, figura 23, de nuevo, se trata de las bases de los anclajes. Obtenemos un mínimo desplazamiento de 0.05mm, adecuado para su propósito y causando un mínimo movimiento en el extremo del pescante.

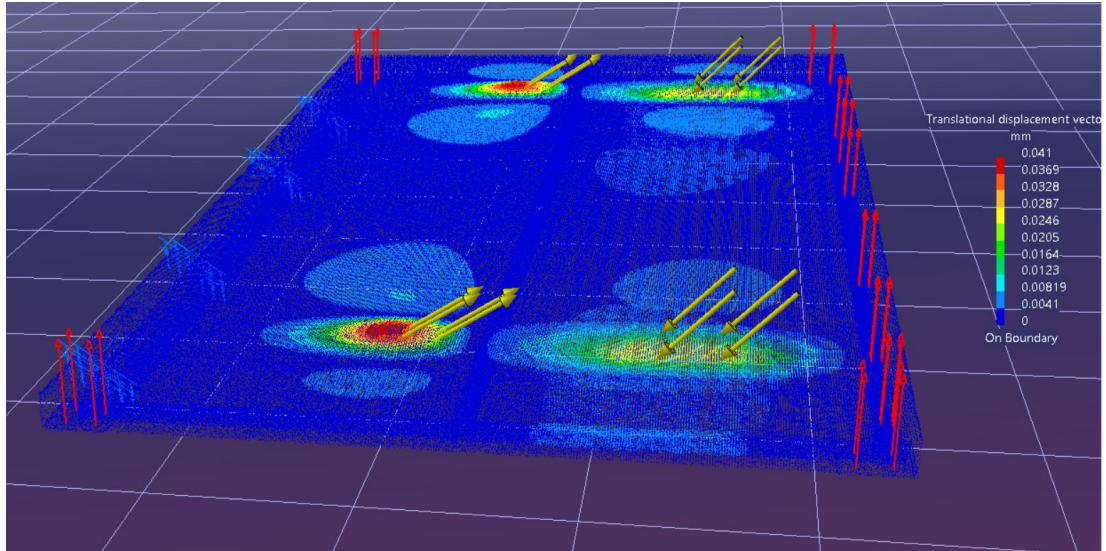


Figura 23. Desplazamientos de los nodos. 2025. Catia v5. Fuente: Elaboración propia.

5.10.3. Anclaje y cimentación

Para dimensionar los anclajes de la plataforma, emplearemos la misma estrategia de nodos, figura 24 y 25. Mantendremos el punto de aplicación de esfuerzos solo que esta vez, los puntos de apoyo se encontrarán en posiciones homólogas a los puntos de anclaje diseñados a tal efecto.

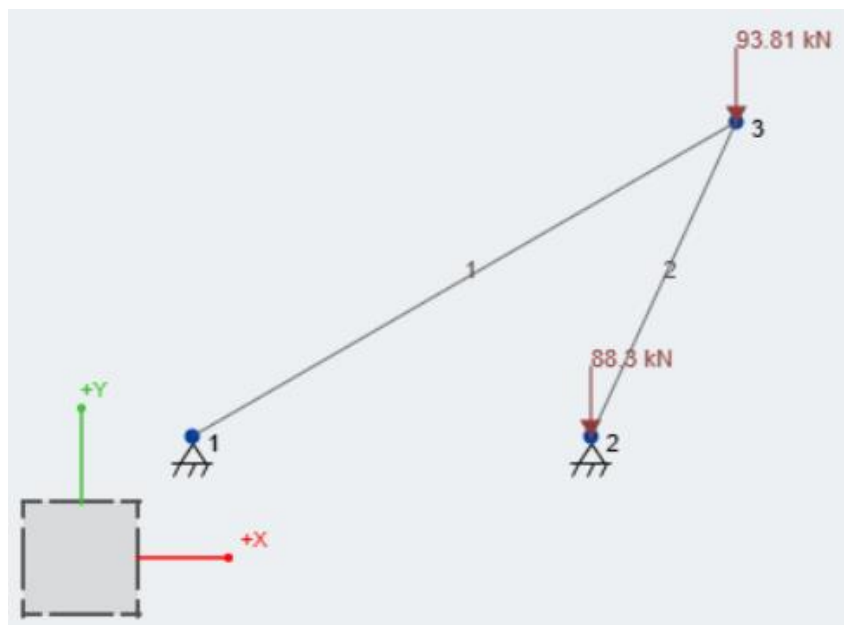


Figura 24. Esfuerzos sobre pescante trasladados a la cimentación. 2025. SkyCiv. Fuente: Elaboración propia.

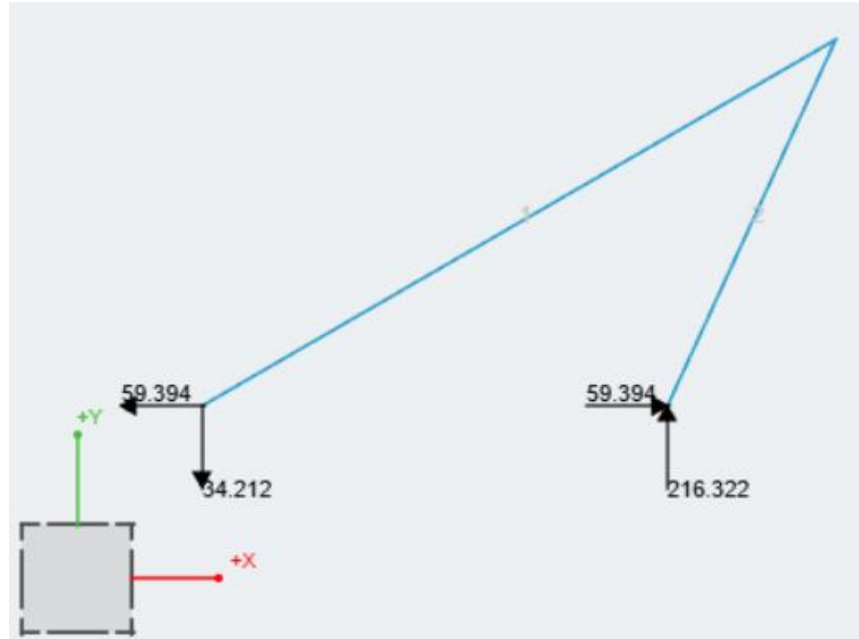


Figura 25. Reacciones en base de la plataforma con cimentación. 2025. SkyCiv. Fuente: Elaboración propia.

Sabemos por tanto que los soportes niveladores próximos al bote deben soportar axialmente 216KN de compresión y los tirantes en la banda opuesta, 68.54KN tras la suma vectorial de sus reacciones.

Hemos dimensionado a tracción 4 tirantes y a compresión, 6 plataformas niveladoras más las ruedas. Dividiendo por punto de apoyo, tenemos lo siguiente:

$$\text{Compresión de bases niveladoras} = 216.322 \div 8 = 27.04 \frac{KN}{Base} = \frac{2756 Kg}{Base}$$

$$\text{Tracción de los tirantes} = 68.54 \div 4 = 17.135 \frac{KN}{Tirante} = 1746 \frac{Kg}{Tirante}$$

Debemos elegir unas ruedas y plataformas niveladoras que soporten una compresión de al menos 2756Kg y unos tirantes que resistan 1746Kg a tracción. De igual forma, la cimentación deberá soportar dichos esfuerzos.

Propondremos como ejemplo los siguientes componentes:

- Pie KT180-M42x310: 200KN de compresión máxima, fabricado por NGI.
- Eslingas de amarre con carraca y capacidad de 2000Kg

Para dimensionar la cimentación debemos calcular la presión máxima que sufrirá:

$$\begin{aligned} \text{Presión} &= \frac{\text{Compresión de las bases niveladoras}}{\text{Superficie de las bases niveladoras}} = \frac{27.04 \text{KN}}{251.65 \text{cm}^2} \\ &= 10.75 \text{KN/m}^2 = 1.075 \text{MPa} \end{aligned}$$

Si estudiamos lo establecido en el documento “Recomendaciones para el proyecto y construcción de pavimentos portuarios”, ROM (2018), observamos que para una presión de 1.075MPa, sin deterioros con un porcentaje mínimo de fallo, para un tráfico mínimo, zona de uso comercial de uso medio, establece un mínimo de placa de hormigón armado de 0.25m.

Para la fijación a placa de cimentación, se emplearán placas de anclaje fijadas a esta y cabezales fijados a su vez a estos.

Nos limitaremos a obtener costes estandarizados de la placa de cimentación, así como las placas de anclaje en base a los espesores establecidos en el ROM (2018). Sin embargo, será necesario un futuro análisis y proyecto que incluya su dimensionado, que no se realizará en este puesto que consideramos que se aleja del propósito del proyecto. No obstante, dado que no se trata de una cimentación compleja, podemos realizar una estimación aproximada de los costes de esta, obteniendo los precios propuestos por la plataforma CYPE (2025) y su generador de precios.

5.10.1. Creación del plano

Con objeto de definir al fabricante con el máximo detalle posible los requerimientos de fabricación de la plataforma, puntos de anclaje y montaje de accesorios, se crea el plano de la plataforma, Figura 26.

En él, se definen tolerancias generales, estándares aplicables en la soldadura y las dimensiones de los elementos que componen la estructura. Nos apoyaremos en él para determinar los costes de fabricación estimados posteriormente en el presupuesto. Finalmente podemos determinar que la estructura es viable técnicamente. Se podrá ver en detalle en el Anexo 4.

5.11. Presupuesto

5.11.1. Coste de la plataforma y montaje

Coste de fabricación de la plataforma diseñada, montaje de pescante sobre esta, accesorios y transporte a instalaciones de la Universidad de Cantabria.

Descripción	Cantidad	Precio unitario/Kg	Importe
Acero laminado 10mm UNE-EN 10025	535	0,85	454,75
Corte láser CNC	90	0,06	5,4
Oficial 1ª Soldador	38	22,82	867,16
Ayudante montador estr. Metálica	38	22,67	861,46
Equipo de soldadura y electrodos	30	3,42	102,6
Pintor	8	22,67	181,36
Pintura grado marino	20	25,4	508
Ruedas giratorias (5000kg)	2	68,4	136,8
Ruedas fijas (5000Kg)	2	54,2	108,4
Patas niveladoras 42mm diam.	6	22,5	135
Eslingas	4	16,5	66
Transporte desde instalaciones	1	250	250
Coste sin IVA			3676,93
IVA (21%)			772,16
Coste total			4449,09

5.11.2. Coste de cimentación e instalación

Losa de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/F/20/XC2 fabricado en central, y vertido con bomba, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 85 kg/m³; acabado superficial liso mediante regla vibrante.

Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Materiales			
Separador homologado para cimentaciones.	5,000	0,15	0,75
Acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, suministrado en obra en barras sin elaborar, de varios diámetros.	86,700	1,22	105,77
Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,425	1,50	0,64
Hormigón HA-25/F/20/XC2	1,050	92,20	96,81
Subtotales materiales:			203,97€
Equipo y maquinaria			
Regla vibrante de 3 m.	0,333	5,23	1,74
Camión bomba estacionado en obra, para bombeo de hormigón.	0,042	190,40	8,00
Subtotal equipo y maquinaria:			9,74€
Mano de obra			
Oficial 1ª ferrallista.	0,544	24,04	13,08
Ayudante ferrallista.	0,816	22,82	18,62
Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,009	24,04	0,22
Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,120	22,82	2,74
Subtotal mano de obra:			34,66€
Costes directos complementarios			
Costes directos complementarios	2,000	248,37	4,97
Costes por m ³			253,34
Volumen (7x4x0,25) m ³			7
Coste total:			1773,38€

5.11.3. Coste del pescante y bote de rescate

Coste de compra FOB del pescante y bote de rescate, así como transporte desde Shanghái a Bilbao por mar y transporte terrestre al fabricante de la plataforma en Santander.

Descripción	Importe
Pescante hidráulico FOB	39690€
Bote de rescate (20 personas) FOB	26775€
<u>Cargos flete (Shanghái - Bilbao):</u>	
BAF	179,66€
Flete	4075,51€
LSS	35,58€
Pre-Transporte	533,64€
Recargo ENS	22,23€
<u>Cargos de destino:</u>	
Emisión de B/L	80€
Servicio Logístico	27€
Impuestos portuarios	50€
THC	250,5€
<u>Gastos de la entrega:</u>	
Recargos de transporte y combustible	18,94€
Transporte Terrestre Bilbao-Santander	431,65€
Coste total transporte	5704,71€
Tarifa arancelaria (Manufactura Acero)	
2,7%	1948,58€
Coste sin IVA	74118,29€
IVA (21%)	15564,84€
Coste total	89683,13€

5.11.4. Costes de remolques

Para el transporte y almacenaje de los equipos, debido a su peso, es necesario un remolque para el bote de rescate y un remolque eléctrico para impulsar la plataforma con el pescante.

Descripción	Importe
Remolque eléctrico	8600€
Remolque bote de rescate	6500€
Coste total con IVA (21%)	15100€

5.11.5. Amortización

Finalmente calcularemos el tiempo de amortización de la instalación teniendo en cuenta que los costes de la formación externalizada fueron los siguientes en los años 2016 y 2024. Pese a la gran inflación en el transporte, para el cálculo aplicaremos un 2%.

Descripción	Coste 2016	Coste 2024	Aumento	Inflación
Curso de formación botes de rescate	990€	1200€	210€	2%
Transporte	300€	760€	460€	11%

Ahora, teniendo en cuenta todos los costes, el total del proyecto es:

Descripción	Importe
Coste total de pescante y bote	89683,13€
Coste total de plataforma	4449,09€
Coste total de cimentación	1773,38€
Coste de remolques	18271,00€
Coste total	114176,60€

Teniendo en cuenta dicho coste total de proyecto y una inflación del 2% para el curso y transporte, el tiempo de amortización es de **37 años**. No obstante, estas instalaciones también permiten realizar formación complementaria de actualización de certificados. En este caso, estimando 10 alumnos por año, un curso de 8h de actualización a 13,15€/hora, reduciría significativamente la amortización a **21 años**.

5.11.6. Alternativa

Existe la posibilidad de llevar a cabo una instalación fija, como existía anteriormente en el Muelle de Gamazo. Esta será más económica puesto que reducimos significativamente los equipos necesarios, aunque ya conocemos los inconvenientes, un mayor mantenimiento y riesgo de vandalismo.

También hemos solicitado presupuesto por un pescante de gravedad, típico en instalaciones exteriores, pero los precios son similares así que asumiremos el mismo coste para bote y pescante en el cálculo:

Descripción	Importe
Coste total de pescante y bote	89683,13€
Coste total de cimentación	1773,38€
Coste total	91456,51€

En este caso, el tiempo de amortización se reduce a **31 años**. De nuevo, si empleásemos las instalaciones para llevar a cabo el curso de actualización, la amortización decrece a los **18 años**.

6. Conclusiones

Observando el trabajo realizado se puede concluir que los objetivos planteados en un inicio han sido alcanzados. Se trata, en efecto, de un proyecto viable técnicamente y amortizable a medio plazo, se ha conseguido, además, encontrar una nueva estrategia en la operativa de botes de rescate en centros formativos y aprendido métodos de análisis de elementos finitos.

Por otro lado, a nivel personal, se ha conseguido aunar las tres ramas del conocimiento en las que he dedicado más tiempo de estudio en mi carrera. Como ingeniero industrial mecánico, se han aplicado técnicas ingenieriles en la resolución de problemas; como profesor, se ha estudiado el plan formativo y propuesto su ampliación; como graduado en náutica, se han estudiado los requerimientos de los equipos que operaremos en un futuro.

Además, se ha dado respuesta a una necesidad real de la Facultad de Náutica y propuesto una solución viable.

En el pasado, existieron instalaciones en el Muelle de Gamazo con las que se podría haber llevado a cabo las formaciones pertinentes. Quizá, la falta de mantenimiento, cuidado o recursos, no permitieron su conservación. Este proyecto plantea no solo una solución factible, sino realista, el mínimo mantenimiento de un pescante almacenable evitaría que esto volviera a suceder en un futuro. Es de vital importancia no cometer los mismos errores.

Finalmente quisiera recalcar la enorme satisfacción de haber trabajado en una propuesta de mejora de la Facultad de Náutica de la Universidad de Cantabria y haber aportado mi granito de arena en hacerla mejor.

7. Bibliografía

Certificados de cursos de especialidad marítima que podrán expedirse a los/las estudiantes de los grados ETS de Náutica de la Universidad de Cantabria. 2024. [Consulta mayo 2025] Fuente: <https://web.unican.es/centros/nautica/Documents/CERTIFICADOS%20ESPECIALIDAD%20ALUMNOS/Listado%20Certificados%20Cursos%20de%20Especialidad%20Mar%c3%adtima.pdf>

Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar. Enmiendas en vigor el 1 de julio de 2024. ISBN: 978-92-801-320-90

Convenio internacional sobre normas de formación, titulación y guardia para la gente de mar. 2010. ISBN: 978-92-8010-220-8

Dispositivos de salvamento. Incluido el Código IDS. 2017. ISBN: 978-92-801-3200-7

Guía sobre legislación portuaria. Uría Menéndez. 2012. [Consulta mayo 2025] Fuente: https://www.uria.com/documentos/publicaciones/3794/documento/guia_Portuaria_UM.pdf?id=4576

Orden FOM/2296/2002, de 4 de septiembre, por la que se regulan los programas de formación de los títulos profesionales de Marineros de Puente y de Máquinas de la Marina Mercante, y de Patrón Portuario, así como los certificados de especialidad acreditativos de la competencia profesional. BOE núm. 226, de 20 de septiembre de 2002. [Consulta junio 2025] <https://www.boe.es/buscar/pdf/2002/BOE-A-2002-18310-consolidado.pdf>

Patas niveladoras industriales. NGI-Global. [Consulta mayo 2025] Fuente: https://ngi-global.com/es/Product/Pies_de_nivelaci%c3%b3n/1006538

Real Decreto 38/2009, de 23 de enero, por el que se regulan las pruebas a las que se someten los botes salvavidas y sus medios de puesta a flote y se autoriza su realización a empresas especializadas. BOE núm. 40 de 16 de febrero de 2009. [Consulta junio 2025] <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2009-2550>

Recomendaciones para obras marítimas. Puertos del Estado. 2019. [Consulta junio 2025] Fuente: https://widispe.puertos.es/rom/storage/public/docROM/ROM%204_1-18.pdf

Resolución de 14 de noviembre de 2016, de la Dirección General de la Marina Mercante, por la que se determinan las condiciones de obtención de los certificados de suficiencia de los marineros de la Marina Mercante. BOE núm. 291 de 2 de diciembre de 2016. [Consulta junio 2025] <https://www.boe.es/boe/dias/2016/12/02/pdfs/BOE-A-2016-11462.pdf>

Resolución MSC.81(70). Aprobada el 11 de diciembre de 1998. Recomendación revisada sobre las pruebas de los dispositivos de salvamento. Fuente: [https://www.wcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MSCResolutions/MSC.81\(70\).pdf](https://www.wcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MSCResolutions/MSC.81(70).pdf)

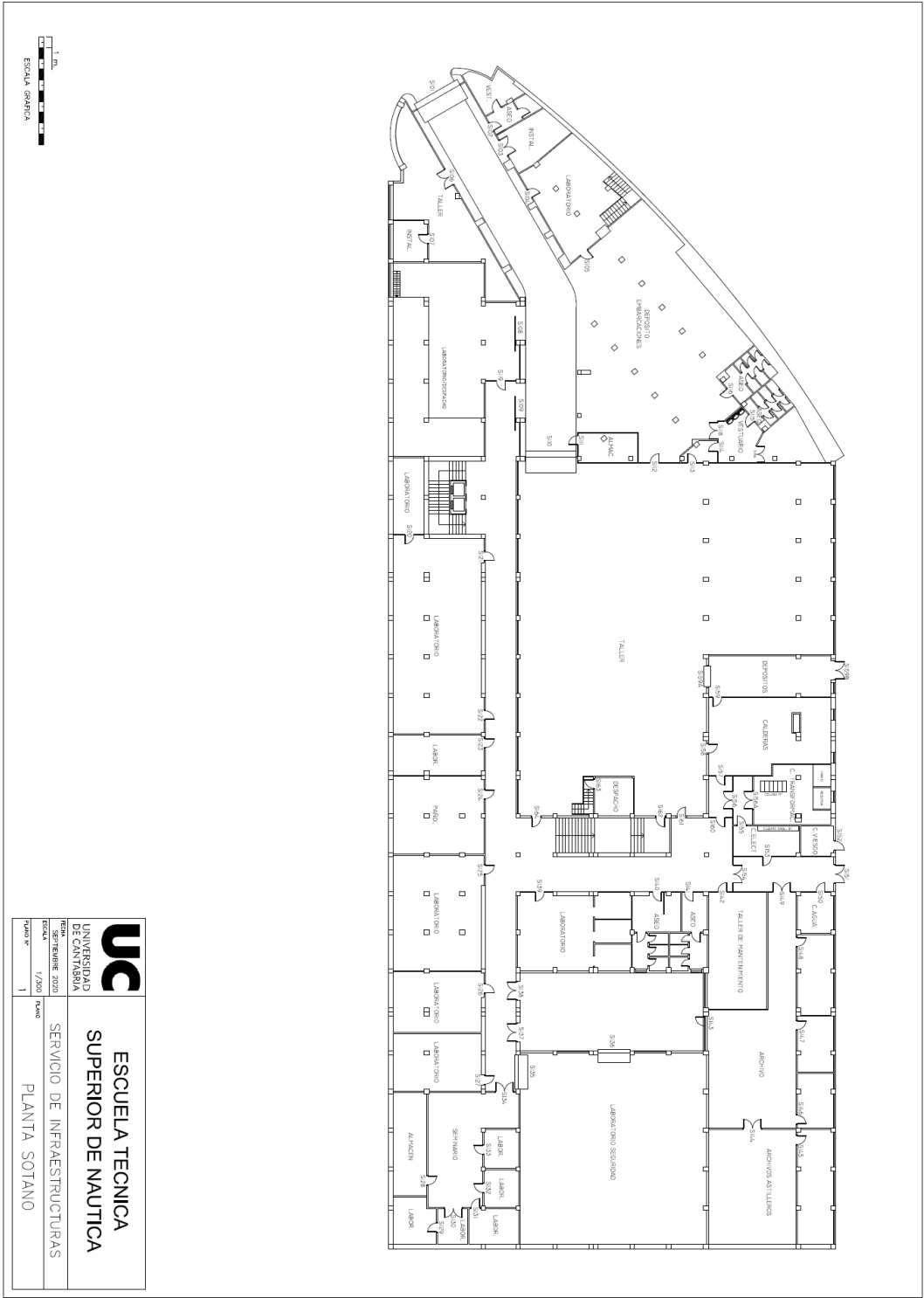
ROM 4.1 – Recomendaciones para el proyecto y construcción de pavimentos portuarios. Puertos del Estado. 2019. [Consulta junio 2025] Fuente: https://widispe.puertos.es/rom/storage/public/docROM/rom41-18/Resolucion_ROM_41.pdf

Software de diseño y cálculo estructural SkyCiv. [Consulta mayo 2025] Fuente: <https://platform.skyciv.com>

Suficiencia en el manejo de botes de rescate rápidos. Curso 1.24. OMI. 2000. ISBN: 978-92-801-0137-9

Suficiencia en el manejo de embarcaciones de supervivencia y botes de rescate que no sean botes de rescate rápidos. Curso 1.23. OMI. 2000. ISBN: 92-801-3553-8

Anexo 1: Plano de la Facultad de Náutica



Anexo 1. Plano de la Planta Sótano de la Facultad de Náutica de la Universidad de Cantabria. Universidad de Cantabria. Fuente: <https://web.unican.es/unidades/servicio-infraestructuras/Paginas/Planos.aspx>

Anexo 2: Plano de delimitaciones portuarias



Anexo 2. Delimitación de los espacios y usos portuarios. Puerto de Santander (2013). Fuente: <https://www.puertasantander.es>

Anexo 3: Análisis de elementos finitos

Informe de análisis de elementos finitos

Malla:

Elemento	Tamaño
Nodos	1569820
Elementos	5384609

Tipo de elemento:

Conexión	Estadística
TE4	5384609 (100.00%)

Calidad del elemento:

Criterio	Bueno	Pobre	Malo	Peor	Media
Elongación	5384609 (100.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0.341	0.579
Relación de aspecto	2275859 (42.27%)	3108750 (57.73%)	0 (0.00%)	4.357	2.383

Materiales

Material	Acero
Módulo de Young	2e+011N_m2
Ratio de Poisson	0.266
Densidad	7860kg_m3
Coef. Expansion térmica	1.17e-005_Kdeg
Límite elástico	2.5e+008N_m2

Caso estático

Boundary Conditions

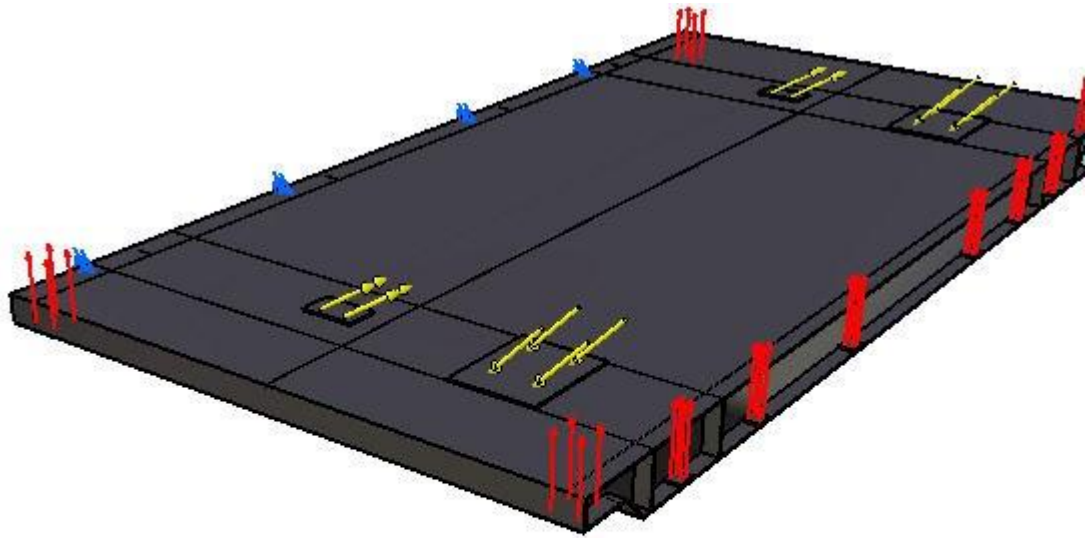


Figura 1

Cálculo estructural

Número de nodos	1569820
Número de elementos	5384609
Número de D.O.F	4709460
Número de contactos	: 0
Número de relaciones cinemáticas :	0

Tetraedros lineales : 5384609

Número de restricciones

Nombre:: Restraints.1

Número de S.P.C. : 5430

Cálculo de cargas

Nombre: Cargas.1

Resultante aplicada :

$$F_x = -2.980e-06 \text{ N}$$

$$F_y = 4.825e-09 \text{ N}$$

$$F_z = -1.891e+03 \text{ N}$$

$$M_x = -4.347e+03 \text{ Nxm}$$

$$M_y = 1.789e+03 \text{ Nxm}$$

$$M_z = -6.350e+00 \text{ Nxm}$$

Cálculo de rigidez

Número de líneas	:	4709460
Número de coeficientes		81844017
Número de bloques	:	164
Máximos coeficientes por bloque :		500000
Tamaño de la malla calculada:	:	954.60 Mb

Cálculo de singularidades

Restricciones: Restricciones.1

Número de singularidades:	:	0
Número de singularidades trasladadas		0
Número de singularidades en rotación	:	0
Tipo de restricción creada	:	MPC

Cálculo de restricciones

Restricción: Restricciones.1

Número de restricciones		5430
Número de coeficientes	:	0
Restricciones factorizadas	:	5430
Número de coeficientes	:	0
Restricciones desviadas	:	0

Cálculo factorizado

Método	:	SPARSE
Grados factorizados		4704030
Número de supernodos		28099
Número de índices		7628389
Coeficientes	:	-1659035494
Ancho de banda		13617
Tamaño frontal		92718153
Malla factorizada (Mb)	:	-12657.4

Bloques : 1318
 Mflops factorizados : 8 . 471e+06
 Mflop resueltos : 1 . 057e+04
 Pivote mínimo relativo : 5 . 685e-04

Máximo y mínimo pivote

Value	Dof	Node	x (mm)	y (mm)	z (mm)
3.6366e+06	Tz	683987	-1.5650e+03	1.0155e+03	-1.5618e+01
1.3452e+10	Tz	805508	-2.1258e+03	-5.6306e+02	-1.4000e+02

Mínimo pivote

Value	Dof	Node	x (mm)	y (mm)	z (mm)
6.3677e+06	Tz	781049	-3.0700e+03	-8.4057e+01	-1.7500e+02
6.7060e+06	Tz	390806	-2.8656e+03	4.9557e+03	0.0000e+00
6.7504e+06	Tz	1569819	-9.2814e+02	4.5243e+03	6.1624e+00
6.8486e+06	Tz	1569815	-8.4784e+02	4.5228e+03	6.8190e+00
7.2693e+06	Tz	782585	-1.5650e+03	-1.5406e+02	-4.5036e+01
7.3656e+06	Tz	1564365	-5.9500e+02	1.8559e+03	-5.0000e+00
7.5066e+06	Tz	782586	-1.5650e+03	-1.6406e+02	-4.5063e+01
7.6922e+06	Tz	1466316	-2.8496e+02	-4.3385e+02	-4.9589e+00
7.8228e+06	Tz	1564364	-5.8500e+02	1.8459e+03	-5.0000e+00

Traslación de pivotes

Value	Percentage
10.E6 --> 10.E7	3.1888e-04
10.E7 --> 10.E8	7.7168e-03
10.E8 --> 10.E9	9.9347e-01
10.E9 --> 10.E10	9.8940e+01
10.E10 --> 10.E11	5.8312e-02

Cálculo por método directo

Nombre: Solucion estática 1

Restricción: Restricciones.1

Carga: Cargas.1

Strain Energy : 9.315e-02 J

Equilibrio

Componentes	Fuerza	Reacción	Residual	Error relativo
Fx (N)	-2.9802e-06	2.9744e-06	-5.8457e-09	2.5699e-12
Fy (N)	4.8246e-09	-6.0437e-10	4.2202e-09	1.8553e-12
Fz (N)	-1.8910e+03	1.8910e+03	6.9895e-09	3.0726e-12
Mx (Nxm)	-4.3468e+03	4.3468e+03	-3.2440e-08	2.5081e-12
My (Nxm)	1.7889e+03	-1.7889e+03	-1.8586e-08	1.4370e-12
Mz (Nxm)	-6.3499e+00	6.3499e+00	2.0540e-08	1.5881e-12

Resolución del caso estático 1. Malla deformada

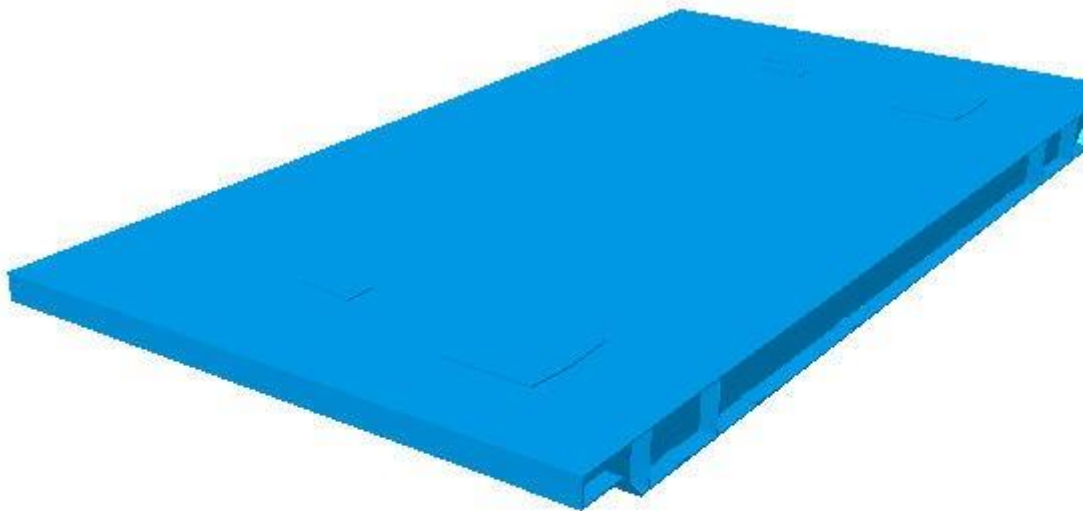


Figure 2

Solución del caso estático – Tensión de Von Mises 1

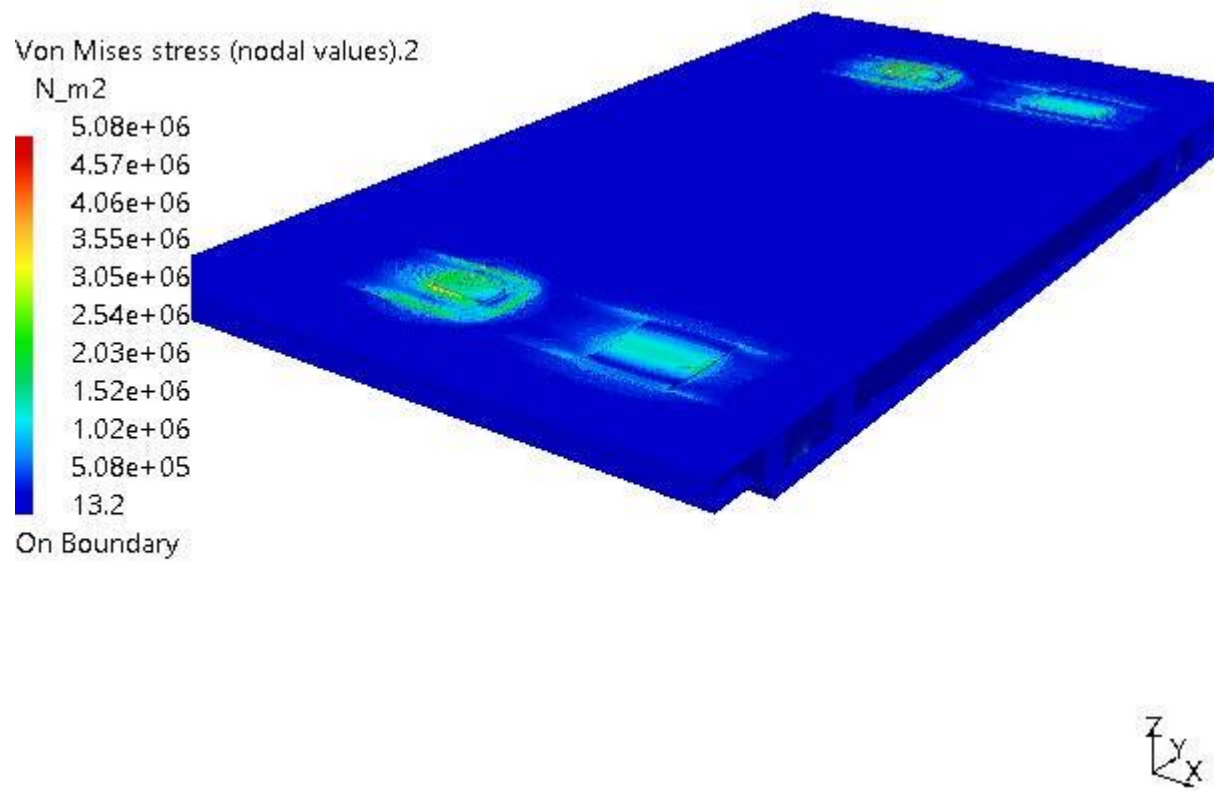


Figure 3

Solución del caso estático – Tensión de Von Mises 2

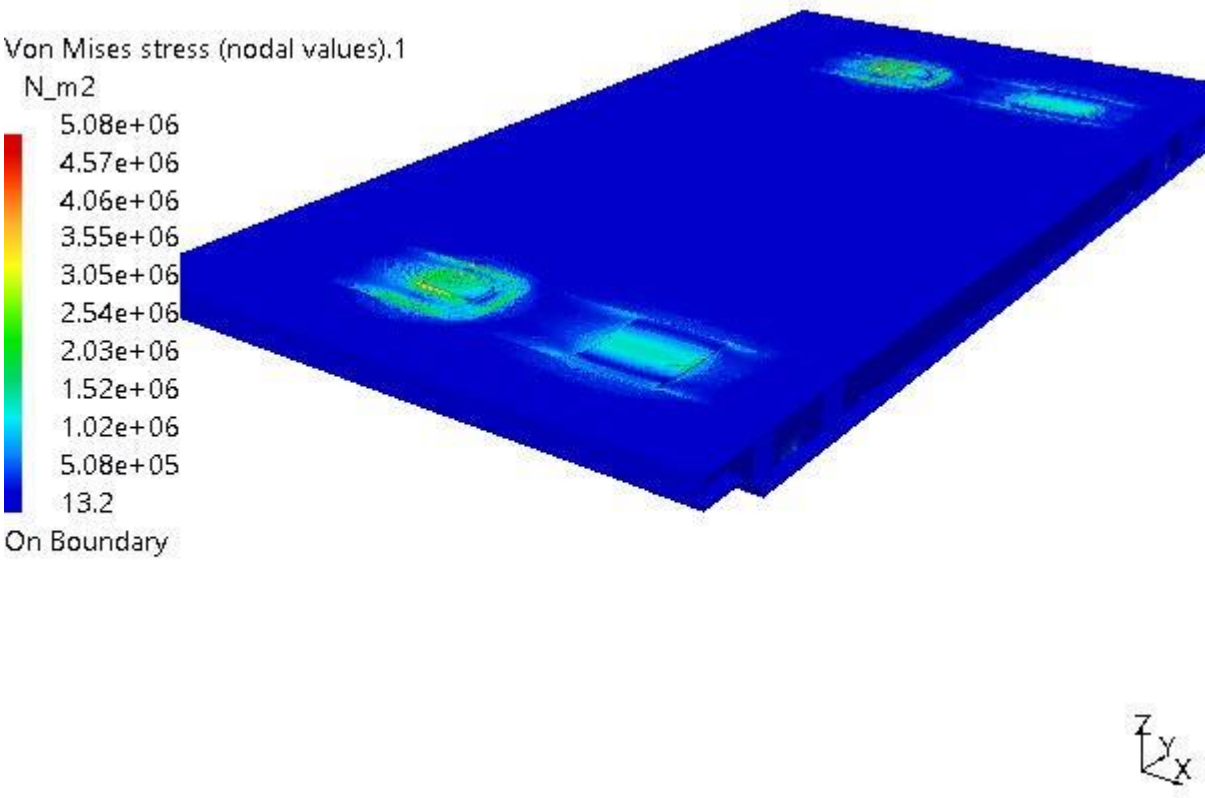
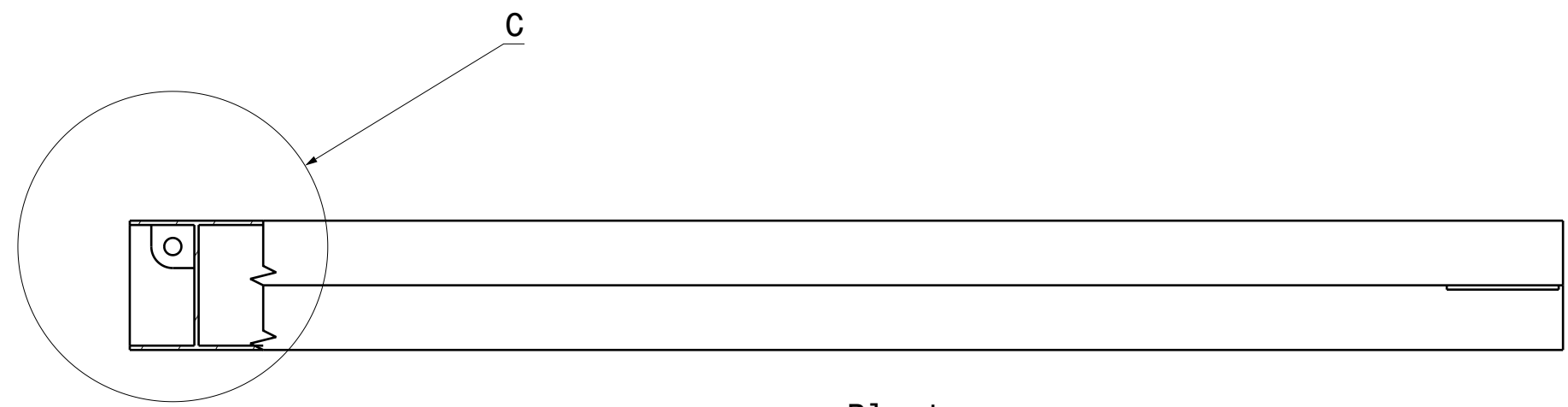


Figure 4

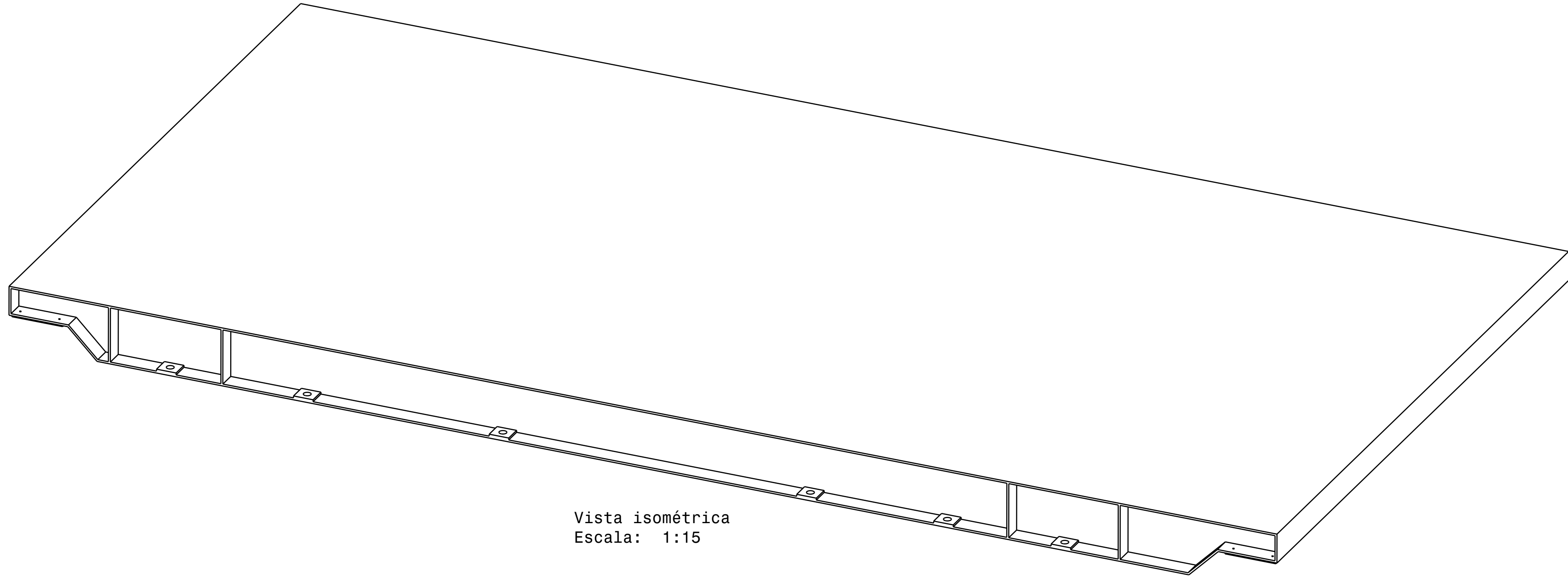
Sensores Globales

Sensor	Valor
Energía	0.093J
Ratio (%)	53.208816528

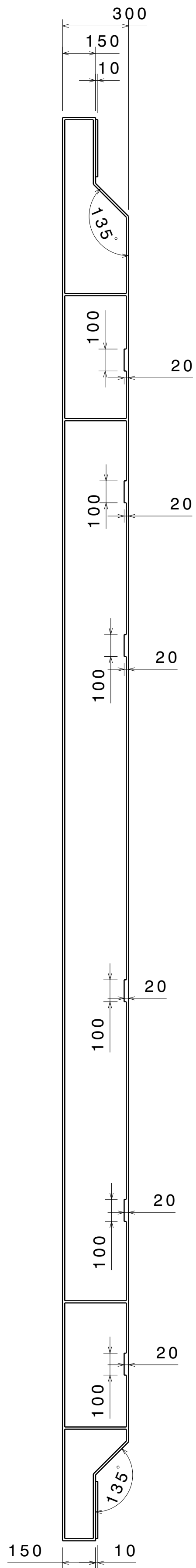
Anexo 4: Plano de plataforma de transporte



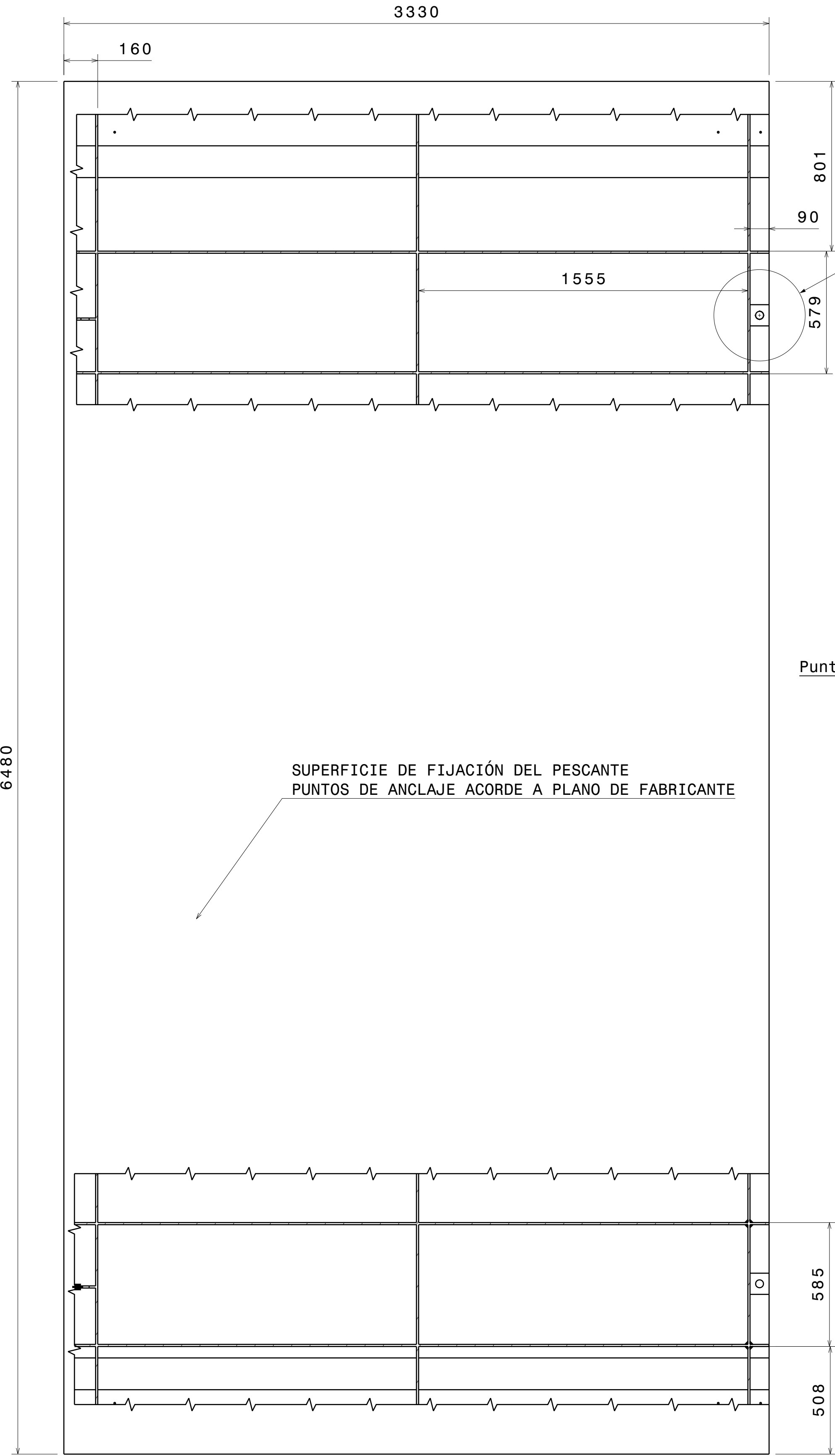
Planta
Escala: 1:15



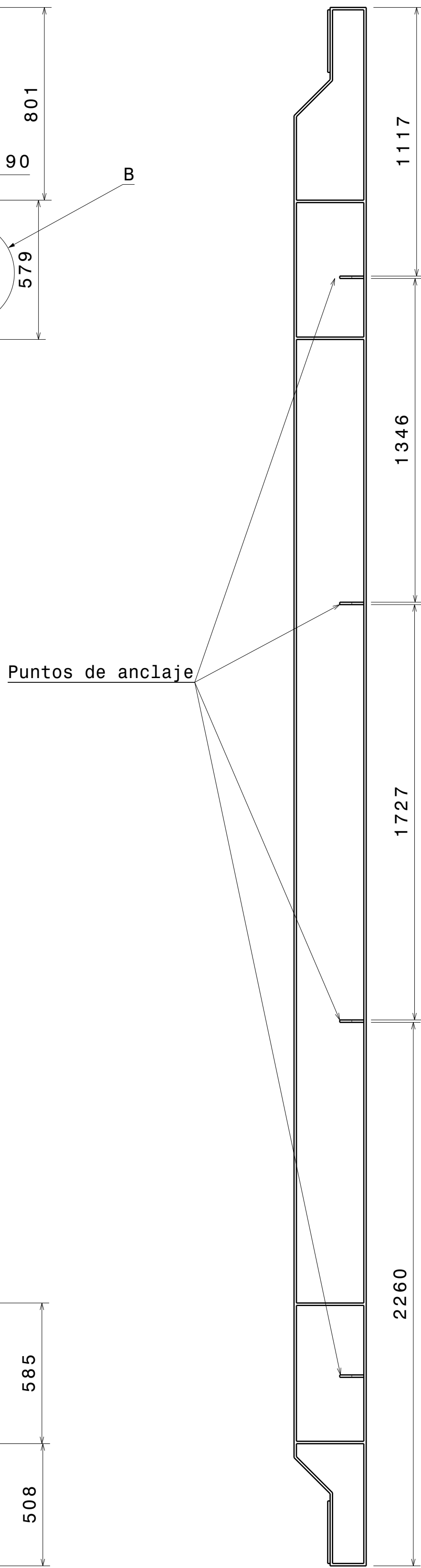
Vista isométrica
Escala: 1:15



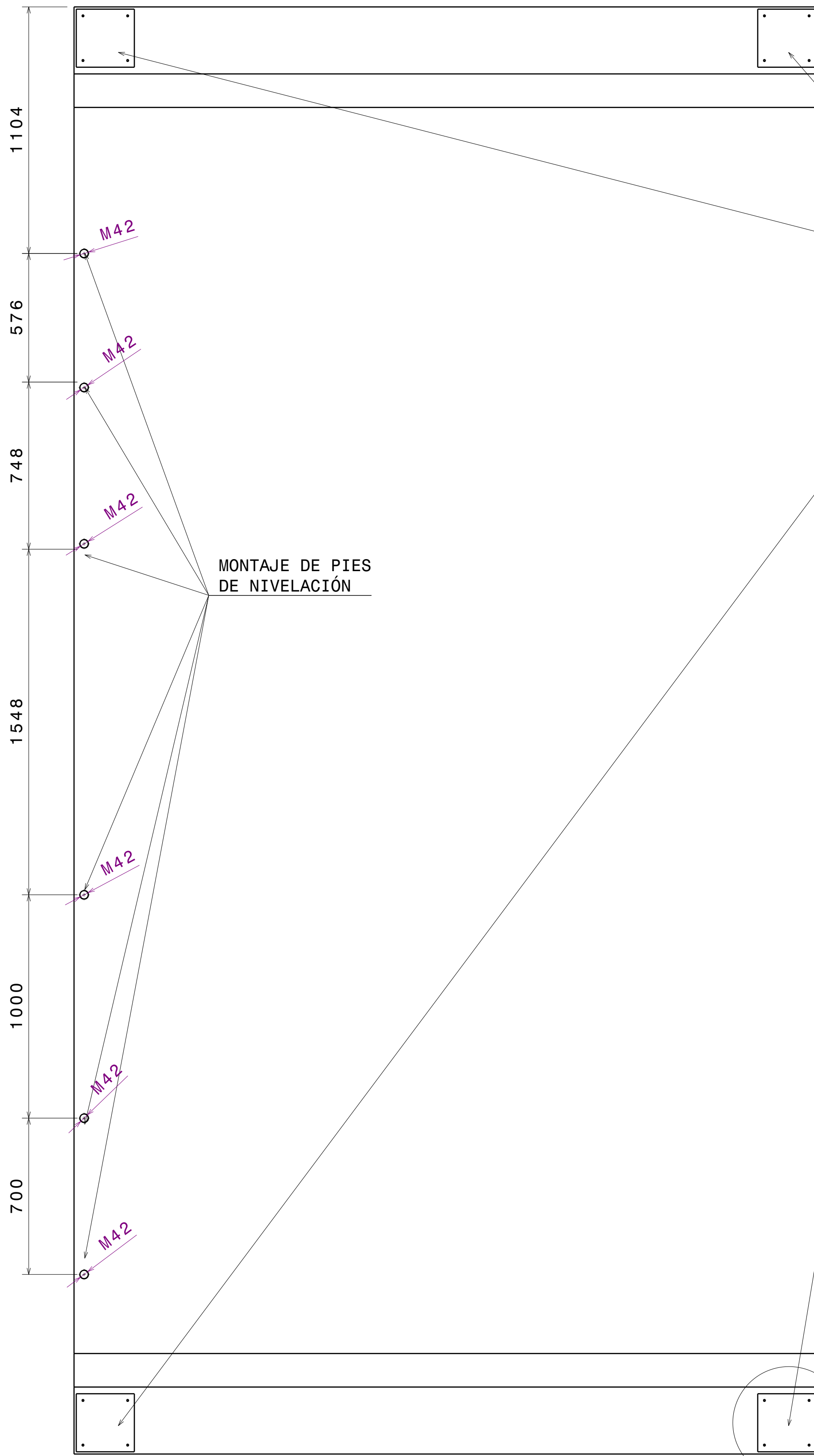
Perfil derecho
Escala: 1:15



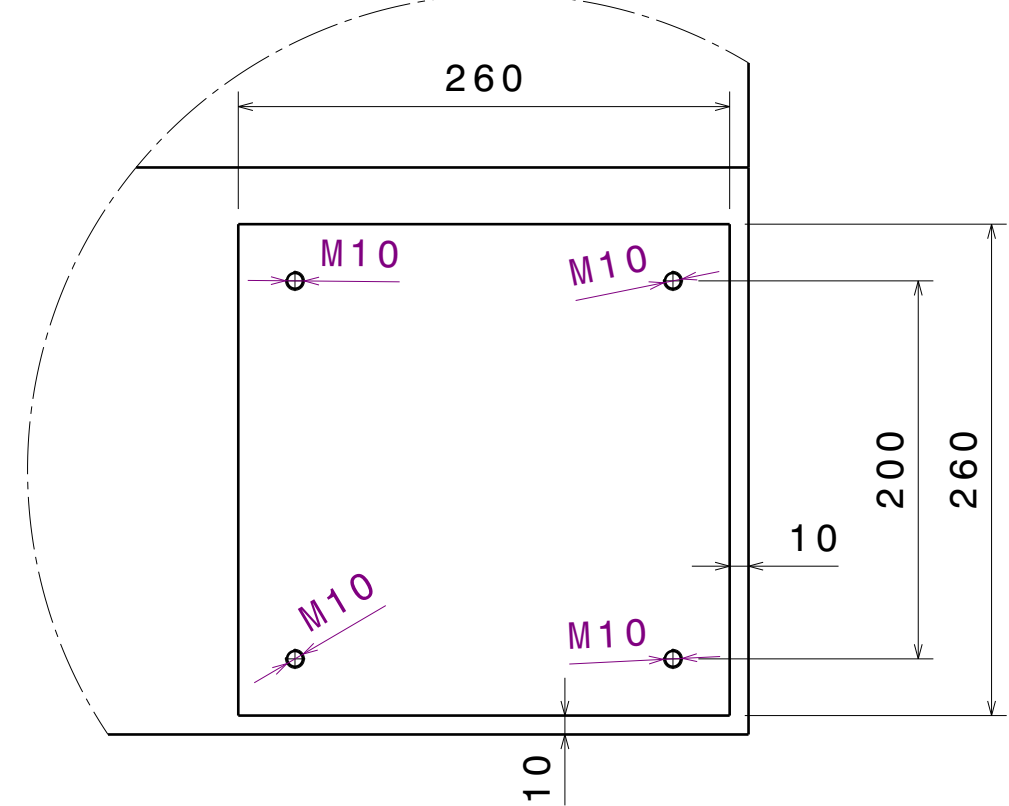
Alzado
Escala: 1:15



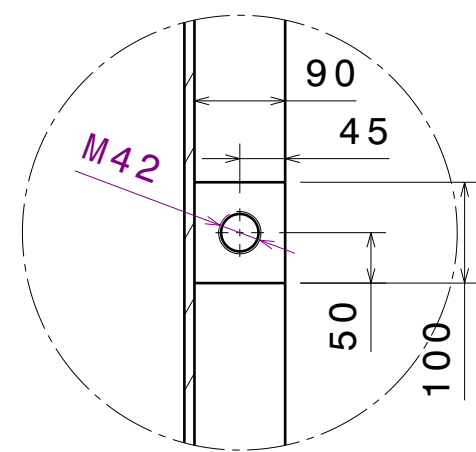
Perfil izquierdo
Escala: 1:15



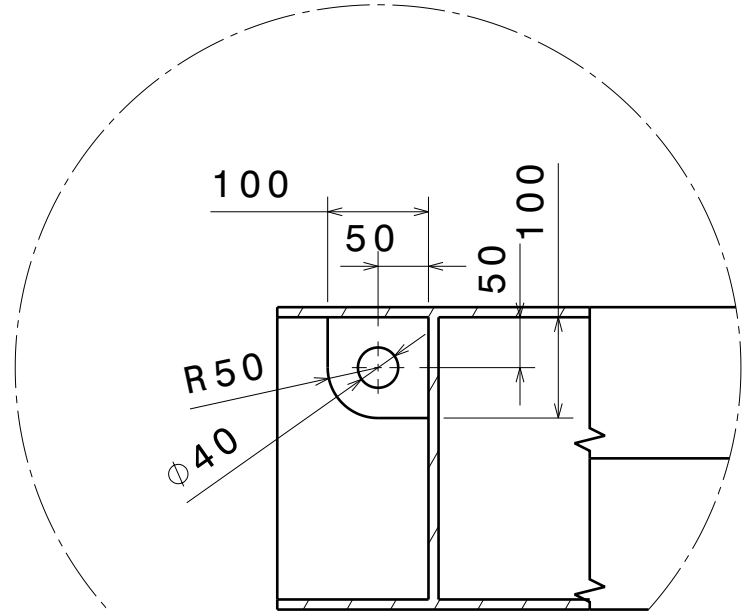
Vista posterior
Escala: 1:15



Detalle A
Escala: 1:4



Detalle B
Escala: 2:15



Detalle C
Escala: 2:15

Este plano es propiedad de la Universidad de Cantabria. No puede ser reproducido sin autorización.				E.T.S. de Náutica			
TÍTULO DE PLANO:				Plataforma de transporte de pescante			
Dibujado por:	DATE	19/06/2025		DIN	TOLERANCIA GENERAL: ±1mm	REV	
Comprobado por:	DATE	19/06/2025		AO	TODAS LAS UNIONES SOLDADAS SIGUIENDO UNE EN 287-2004	1	
Diseñado por:	DATE	19/06/2025		ESCALA 1:15	Acero S275 o superior	Peso: 535,63kg	Hoja 1/1