



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

**ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS,
DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN
TIMÓN DE LLAÛT MEDITERRÁNEO**

TRABAJO FINAL DEL

Grado de Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Productos

REALIZADO POR

Alejandro Sanjaime Pina

TUTORIZADO POR

Víctor Andrés Cloquell Ballester

CURSO ACADÉMICO: 2020/2021

i. Resumen y palabras clave

En el presente TFG se realizará un análisis de requerimientos de los timones de competición de Llaüt utilizados por algunos de los equipos de remo de competición de la Comunidad Valenciana a partir de su modelado 3D, al objeto de estudiar y analizar, mediante simulaciones CAE su integridad y mediante simulación de fluidos para observar su eficacia. A partir de dicho trabajo se estará en disposición de conocer los mejores diseños existentes en la actualidad, de tal suerte que se procederá a rediseñar dicho elemento a fin de obtener aquel diseño que mejore u optimice las características del timón mediante su comparación con los datos obtenidos de los existentes.

Palabras clave: Timón, Llaüt mediterráneo, competición, diseño optimizado, estudio de fuerzas, simulación CAE, simulación de fluidos, deporte, remo...

ii. Agradecimientos

En primer lugar, agradecer a mi tutor Víctor Andrés Cloquell Ballester por compartir la misma pasión por el remo y ofrecerme la oportunidad de realizar el trabajo de fin de grado sobre un tema que me permite combinar mis estudios con mi experiencia deportiva.

Agradecer también a todos los clubes que han mostrado interés en el proyecto y me han ofrecido su apoyo para llevarlo a cabo. Real Club Náutico de Valencia, Náutico de Gandía, Real Club de Regatas de Alicante, Universidad de Alicante, Club de Rem Denia, Costa Blanca, Club de Remo Ciudad de Valencia, Náutico de Santa Pola y Club de Rem Clot de l'illot, gracias a todos por vuestra colaboración.

Debo agradecer personalmente a Rubén Muñoz, fundador de la empresa Rubenetti, por facilitarme datos sobre el modelo del Ilaüt para la realización de las simulaciones.

Por último, gracias a todos mis compañeros de remo y familiares por apoyarme durante el proceso y por compartir ideas acerca de él.

Índice

i. Resumen y palabras clave	2
ii. Agradecimientos	3
1. Memoria	8
1.1. Objeto	8
1.2. Introducción	9
1.3. Normativa	10
1.4. Estudio de factores a considerar	10
1.4.1. <i>Requerimientos y parámetros del diseño relevantes</i>	10
1.4.2. <i>Simulación de túnel de viento</i>	21
1.4.3. <i>Interpretación de las simulaciones</i>	26
1.4.3.1. <i>Observación del comportamiento del fluido</i>	26
1.4.3.2. <i>Observación de valores obtenidos</i>	29
1.4.3.3. <i>Conclusión de las simulaciones</i>	32
1.5. Propuesta de diseño de timón	33
1.5.1. <i>Simulación y selección de las propuestas</i>	36
1.5.2. <i>Análisis estático</i>	38
1.5.3. <i>Justificación detallada del diseño</i>	40
2. Planos	43
3. Pliego de Condiciones	57
3.1. Objeto y alcance del pliego	57
3.2. Normativa	58
3.3. Especificaciones técnicas	59
3.3.1. <i>Características de los materiales y condiciones de suministros</i>	59
3.3.2. <i>Características técnicas de la fabricación y montaje</i>	70
4. Presupuesto	73
4.1. Diseño	73
4.2. Material y fabricación	74
4.3. Cuadro resumen	76
5. Bibliografía	77
6. Anexos	79
6.1. Antecedentes	79
6.2. Simulaciones	85
6.3. Materiales	121
6.4. Resultados	122

Índice de figuras

Fig. 1. Timón de Regatas de Alicante, modelo 1.	11
Fig. 2. Modelado del timón de Regatas de Alicante, modelo 1.	11
Fig. 3. Timón de Regatas de Alicante, modelo 2.	12
Fig. 4. Modelado del timón de Regatas de Alicante, modelo 2.	12
Fig. 5. Timón de Clot de l'illot.	12
Fig. 6. Modelado del timón de Clot de l'illot.	12
Fig. 7. Timón de Costa Blanca, modelo 1.	13
Fig. 8. Modelado del timón de Costa Blanca, modelo 1.	13
Fig. 9. Timón de Costa Blanca, modelo 2.	13
Fig. 10. Modelado del timón de Costa Blanca, modelo 2.	13
Fig. 11. Timón de CRCV.	14
Fig. 12. Modelado del timón de CRCV.	14
Fig. 13. Timón de Gandía.	14
Fig. 14. Modelado del timón de Gandía.	14
Fig. 15. Timón de Náutico de Valencia.	15
Fig. 16. Modelado del timón de Náutico de Valencia.	15
Fig. 17. Timón de Rem Denia, modelo 1.	15
Fig. 18. Modelado del timón de Rem Denia, modelo 1.	15
Fig. 19. Timón de Rem Denia, modelo 2.	16
Fig. 20. Modelado del timón de Rem Denia, modelo 2.	16
Fig. 21. Timón de Santa Pola.	16
Fig. 22. Modelado del timón de Santa Pola.	16
Fig. 23. Timón de Universidad de Alicante.	17
Fig. 24. Modelado del timón de Universidad de Alicante.	17
Fig. 26. Esquema de fuerza de presión normal.	18
Fig. 27. Panel de complementos de SolidWorks.	21
Fig. 28. Modelo SW del Ilaüt Rubenetti, con el timón correctamente posicionado.	21
Fig. 29. Menú Flow Simulation. Selección de herramienta Wizard.	22
Fig. 30. Menú Wizard. Nombre del Proyecto.	22
Fig. 31. Menú de selección del Sistema de Unidades.	23
Fig. 32. Menú de selección del Tipo de Análisis.	23
Fig. 33. Menú de selección del Tipo de fluido.	24
Fig. 34. Menú de definición de condiciones iniciales y del entorno.	24
Fig. 28. Simulacro de regata realizado por el Real Club Náutico de Valencia.	25
Fig. 29. Simulación del timón de Clot de l'illot. Vista 1.	26
Fig. 30. Simulación del timón de Clot de l'illot. Vista 2.	26
Fig. 31. Simulación del timón de Rem Denia, modelo 2. Vista 1.	26
Fig. 32. Simulación del timón de Rem Denia, modelo 2. Vista 2.	26
Fig. 33. Punto de máxima presión en la ciaboga.	27
Fig. 34. Presión sobre el perfil en posición recta.	27
Fig. 35. Vista inferior de la simulación del timón Rem Denia 1.	28
Fig. 36. Vista trasera de la simulación del timón Rem Denia 1.	28
Fig. 37. Vista inferior de la simulación del timón Náutico de Valencia.	28
Fig. 38. Vista trasera de la simulación del timón Náutico de Valencia.	28
Fig. 39. Perfil NACA 00XX.	33
Fig. 40. Propuesta 1.	34

Fig. 41. Propuesta 2.	34
Fig. 42. Propuesta 3.	34
Fig. 43. Propuesta 4.	34
Fig. 44. Propuesta 5.	34
Fig. 45. Propuesta 6.	34
Fig. 46. Modelado de las propuestas.	35
Fig. 46. Aplicación de fuerzas y sujeciones del análisis estático.	38
Fig. 50. Tensiones en el timón con refuerzo de fibra de carbono para una fuerza de 1500N.	39
Fig. 51. Deformación para 1500N.	39
Fig. 52. Renderizado de la propuesta 3.	40
Fig. 53. Proporción del timón con la popa del llaüt.	40
Fig. 54. Renderizado del conjunto.	42
Fig. 55. Espuma lisa de PVC 15mm de espesor.	70
Fig. 56. Modelo para mecanizar.	71
Fig. 57. Resina epoxi de laminación e infusión.	71
Fig. 58. Tejido de fibra de carbono.	72

Índice de gráficas y tablas

Tabla1. Clasificación general de los timones según su pala.	18
Tabla 2. Resumen de los parámetros recogidos en Flow Simulation.	29
Tabla 3. Clasificación en orden descendente de los timones según cada parámetro.	30
Gráfica 1. Relación Fuerza – Superficie.	30
Gráfica 2. Relación Presión – Fuerza	31
Gráfica 3. Relación Presión – Superficie	31
Tabla 4. Suma ponderada de los valores obtenidos según los parámetros.	32
Tabla 5. Resultados de las simulaciones de las propuestas.	36
Tabla 6. Clasificación general de los timones según cada parámetro.	36
Tabla 7. Suma ponderada general.	38
Tabla. 8. Resumen del presupuesto.	76

1. Memoria

1.1 Objeto

Diseño de un timón de llaüt mediterráneo tratando de optimizar las características de este. Para ello, se realizará el previo modelado en Solid Works de los timones utilizados por algunos de los equipos de competición de la competición de la Comunidad Valenciana. Una vez modelados, se posicionarán correctamente en un ensamblaje junto a un modelo de llaüt, y se procederá a realizar la simulación de un túnel de viento, para cada timón en dos posiciones, una, con el timón en línea con el eje del bote simulando la navegación en recto. En la segunda posición, el timón toma 45° respecto al eje del bote, simulando la entrada en una ciaboga. Tras las simulaciones, se contrastarán resultados y se determinarán una serie de requerimientos y características que deban cumplir los timones y se indicará cuál de ellos presenta mejores propiedades o cual es más efectivo. Tras este proceso de evaluación, se presentará una propuesta de timón que trate de mejorar dichas propiedades. Esta propuesta, se modelará y simulará nuevamente en Solid Works y Flow Simulation para comparar resultados. Por último, se realizará una simulación de esfuerzos estáticos sobre la propuesta para comprobar su integridad estructural.

El estudio se realizará teniendo en cuenta unas condiciones atmosféricas ideales, sin viento ni oleaje, tomando como única fuerza que afecta al bote la que proporcionan los remeros haciendo avanzar el llaüt.

En el proyecto no se estudiará el tipo de anclaje del timón al bote, se mantendrá el mismo que se utiliza en la actualidad, dos pasadores alineados verticalmente. Tampoco se estudiará las dimensiones e inclinación de la caña del timón ni el método de fabricación.

1.2 Introducción

El remo es un deporte que consiste en propulsar una embarcación mediante la propia fuerza de los tripulantes, los cuales se encuentran de espaldas a la proa del bote, es decir de espaldas al sentido del movimiento, utilizando uno o dos remos, dependiendo de la modalidad que se esté practicando.

Dentro de las modalidades de remo existentes, las podemos agrupar en dos grandes grupos: remo de "Banco móvil" y remo de "Banco fijo". El remo de banco móvil presenta un asiento con ruedas, denominado "Carro" que se mueve sobre unas vías. En este grupo, encontramos las modalidades olímpicas, en las que, dependiendo de cada una, los tripulantes utilizan uno o dos remos. También es importante destacar que sus regatas son de 2000 metros en línea recta, por lo que la presencia de los timones solo es presente en botes de muy poca maniobrabilidad. Por otro lado, en el banco fijo, el remero va encajado en un asiento fijo, y utilizando un remo por tripulante. Este grupo, comprende las modalidades de remo tradicionales. En el Cantábrico, encontramos los bateles, las trainerillas y las traineras, en la tripulación de las cuales cuentan con la figura de un patrón, encargado entre otras cosas de llevar correctamente el rumbo en regata y dar lo más rápido posible las ciabogas, es decir, las regatas en estas modalidades suelen ser varios largos de distancias variables dependiendo de la modalidad en los que se debe dar la vuelta a una baliza. Este concepto se denomina ciaboga, que se trata de una virada en la que intervienen los remeros. Siguiendo en el banco fijo y en concreto en el remo tradicional, en la costa mediterránea encontramos tres embarcaciones diferentes, el Llagut catalán perteneciente a la costa de Cataluña, el Falucho, embarcación tradicional de la costa valenciana y, por último, en la costa andaluza encontramos las Jábegas. Para unificar estas tres embarcaciones tradicionales y poder competir en una misma modalidad en el mediterráneo se creó el Llaüt mediterráneo. [1]

El Llaüt mediterráneo es una embarcación de remo de banco fijo cuya tripulación está formada por ocho remeros y un timonel. Las regatas de Llaüt constan de 700 metros en categorías cadete y veterano y 1400 metros en categorías juvenil y absoluto, siendo largos de 350 metros con una o tres ciabogas en cada caso.

Los llaüts presentan una eslora máxima de 8,5 metros y un peso mínimo de 150 Kg y entre otras características, el timón debe ir al eje. Esta, es la única condición que debe cumplir el timón, ya que no se especifica acerca de su forma y dimensiones, esto hace que el timón sea una de las partes con mayor libertad para ser modificada, y es por ello es interesante realizar un estudio en profundidad de sus características y de cómo repercuten tanto en el largo como en la ciaboga. [2]

El timón es la parte de la embarcación que permite al patrón o timonel, poder establecer un rumbo y modificarlo en cualquier momento siempre que la embarcación esté en movimiento. Se compone principalmente por la pala, que es la parte que ejerce la resistencia en el agua, y la caña, que es la parte con la cual se controla la orientación de la pala.

1.3 Normativa

Con la existencia de una gran variedad de embarcaciones, viene con ella la diversa Tipología de timones para cada embarcación. La norma ISO 12215-8:2009 nos permite clasificar el tipo de timón utilizado en el llaüt in muestra unas pautas en el cálculo de sus dimensiones y de fuerzas incidentes.

- Pequeñas embarcaciones. Construcción de cascos y escantillones. Parte 8: Timones. ISO 12215-8:2009, incluyendo Cor 1:2010.[3]

La federación de remo de la Comunidad Valenciana pone este reglamento a disposición pública. En él se encuentra el artículo 28-Características de los llaüts mediterráneos, donde nombra la relación de posicionamiento del timón respecto al llaüt.

- Reglamento de Regatas de Llaüt Mediterráneo FRCV - OCTUBRE 2011– Artículo 28º. Características de los llaüts mediterráneos.[2]

1.4 Estudio de factores a considerar

Para poder llevar a cabo el rediseño de un timón el primer paso es observar el comportamiento y características de los timones en existentes que están en uso, para poder extraer una serie de requerimientos. Contamos con un total de 12 timones, utilizados por los equipos de: Náutico de Valencia, Náutico de Gandía, Regatas de Alicante, Universidad de Alicante, Rem Denia, Costa Blanca, Club de Remo Ciudad de Valencia, Santa Pola y Clot de l'Illot.

Para poder observar su comportamiento en funcionamiento, se modelan en Solid Works todos estos timones, para su posterior simulación. En el modelado, dado que la parte a analizar es la forma y dimensiones de la pala, solo se ha reproducido la pala de los timones, la caña se ha obviado en la mayoría de ellos dado que no nos aporta información para este estudio en concreto.



Fig. 1. Timón de Regatas de Alicante, modelo 1.

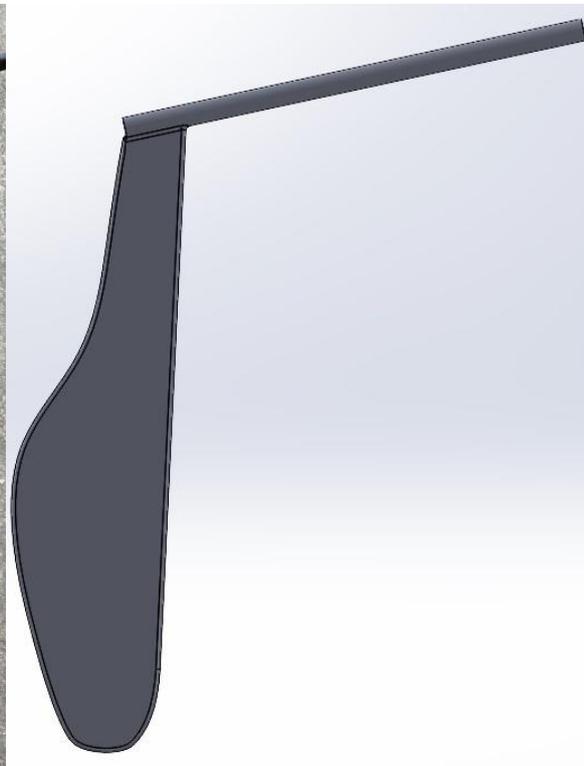


Fig. 2. Modelado del timón de Regatas de Alicante, Modelo 1.



Fig. 3. Timón de Regatas de Alicante, modelo 2.

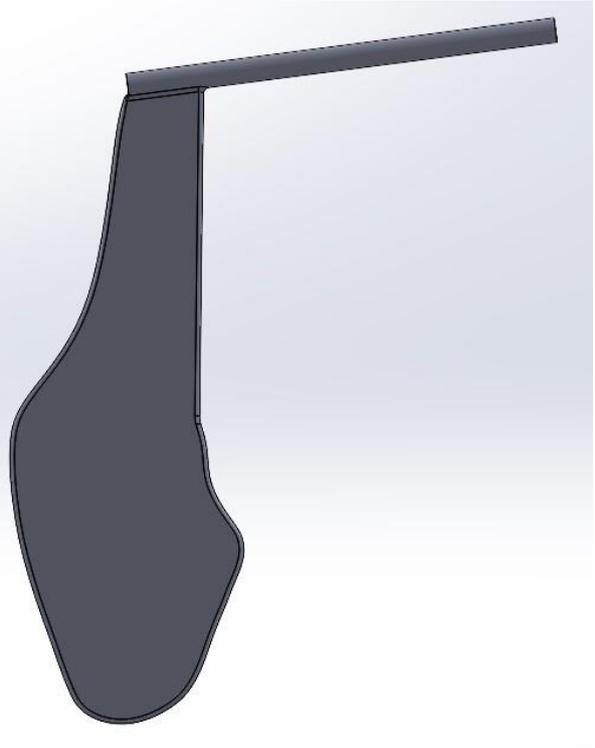


Fig. 4. Modelado del timón de Regatas de Alicante, modelo 2.



Fig. 5. Timón de Clot de l'Illot.

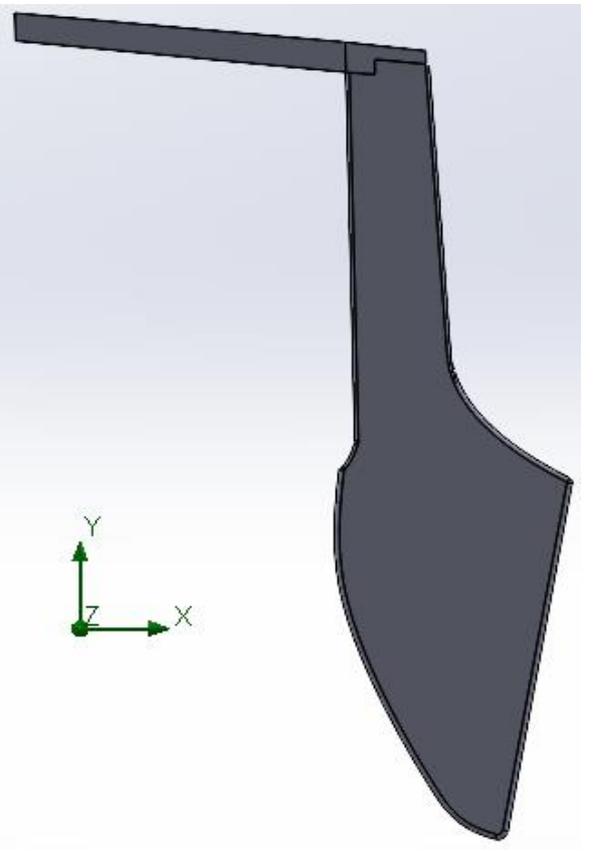


Fig. 6. Modelado del timón de Clot de l'Illot.



Fig. 7. Timón de Costa Blanca, modelo 1.

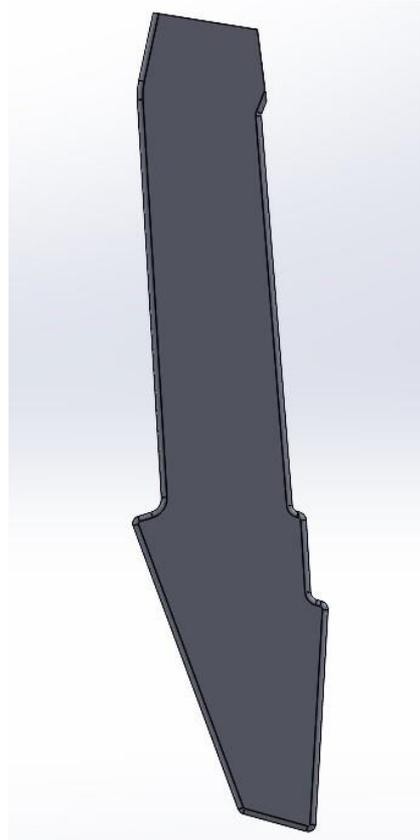


Fig. 8. Modelado del timón de Costa Blanca, modelo 1.



Fig. 9. Timón de Costa Blanca, modelo 2.

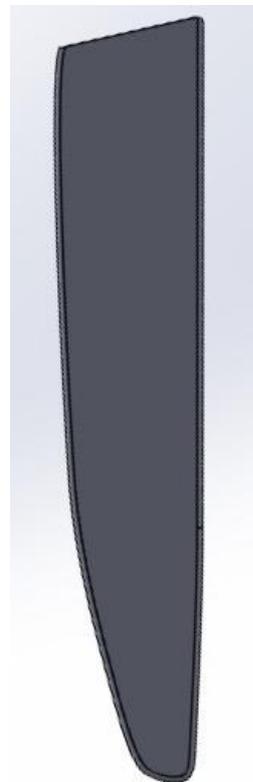


Fig. 10. Modelado del timón de Costa Blanca, modelo 2.



Fig. 11. Timón de CRCV.

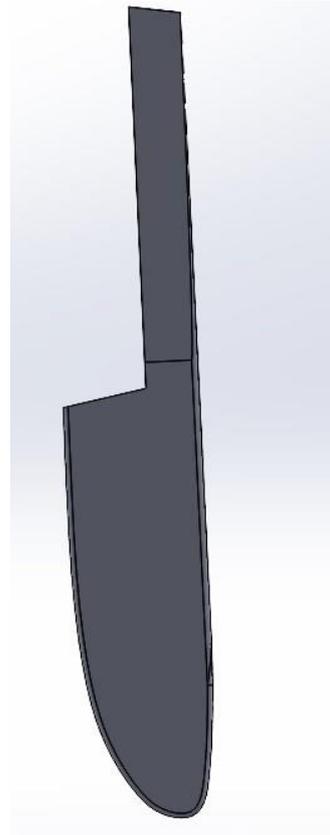


Fig. 12. Modelado del timón de CRCV



Fig. 13. Timón de Gandía.

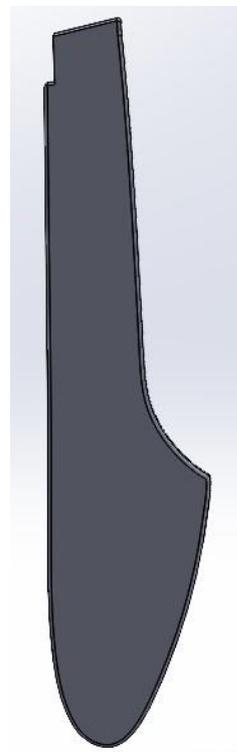


Fig. 14. Modelado del timón de Gandía.



Fig. 15. Timón de Náutico de Valencia.

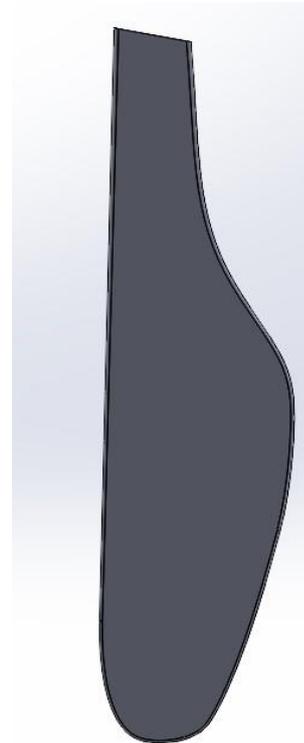


Fig. 16. Modelado del timón de Náutico de Valencia.



Fig. 17. Timón de Rem Denia, modelo 1.

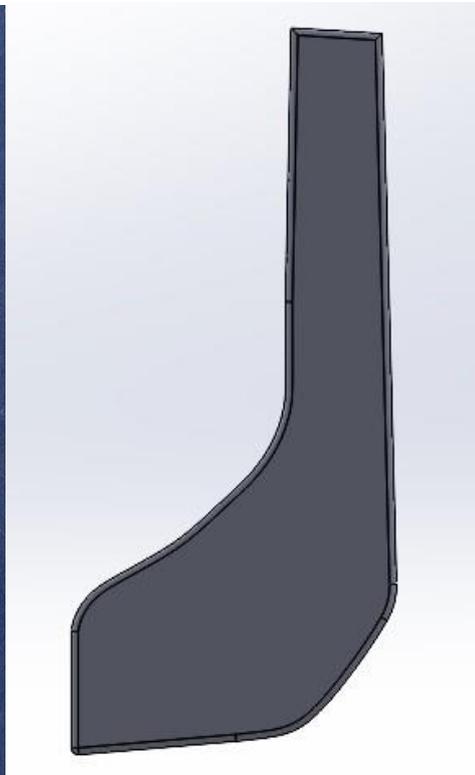


Fig. 18. Modelado del timón de Rem Denia, modelo 1.



Fig. 19. Timón de Rem Denia, modelo 2.

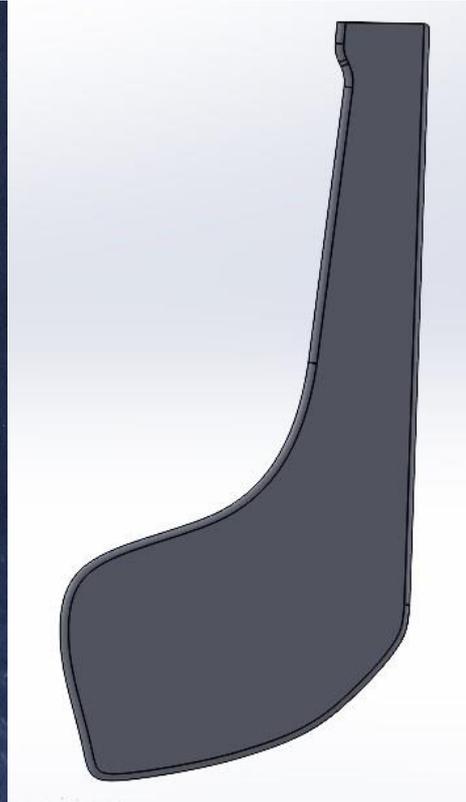


Fig. 20. Modelado del timón de Rem Denia, modelo 2.



Fig. 21. Timón de Santa Pola.

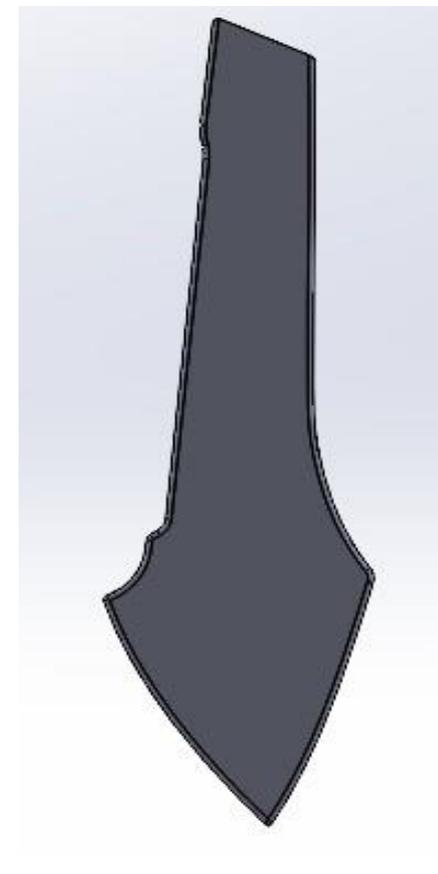


Fig. 22. Modelado del timón de Santa Pola.



Fig. 23. Timón de Universidad de Alicante.

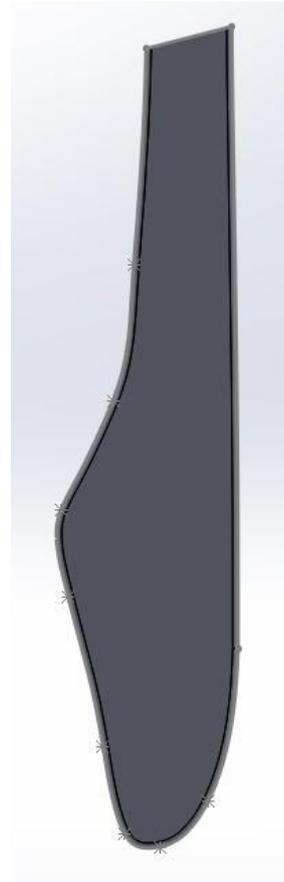


Fig. 24. Modelado del timón de Universidad de Alicante.

Atendiendo a la norma ISO 12215-8, “Pequeñas embarcaciones. Construcción de cascos y escantillones. Parte 8: Timones.”, dado que es aplicable a embarcaciones con una eslora de casco inferior a 24 metros, podemos clasificar el timón de Ilaüt como un timón suspendido de tipo I, es decir, un timón suspendido del espejo de popa. Esta norma, considera la forma de la pala rectangular o trapezoidal.

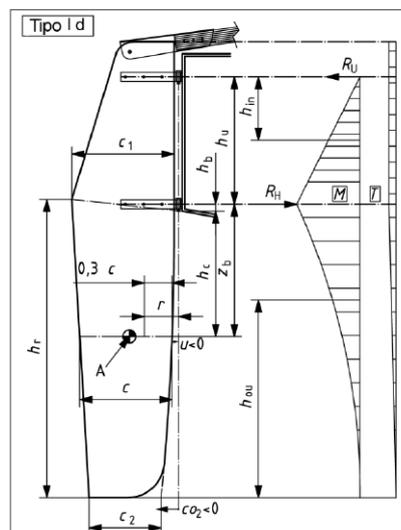


Fig. 25. Timón de tipo Id. [3]

No obstante, si observamos detenidamente los modelos, observamos que, pese a que todos presentan ciertas diferencias en su morfología, podríamos recogerlos en tres grupos: “pala estrecha”, “pala compensada” y “pala ancha”.

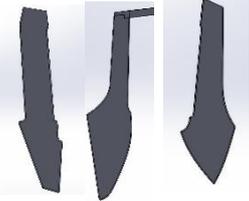
<p>“Pala Esbelta”</p>	
<p>“Pala Semicompensada”</p>	
<p>“Pala Ancha”</p>	

Tabla1. Clasificación general de los timones según su pala.

“Pala Esbelta”: Este tipo de pala, presenta una relación altura/anchura geométrica superior a 0,6. Dicho valor viene dado al hacer el cálculo de $\frac{hr^2}{A}$, donde hr es la altura media de la pala y A , el área del timón. Según la nota 4 del apartado 7.2 de la norma ISO 12215-8, la relación altura/anchura geométrica es descartada en el cálculo de la fuerza lateral ejercida sobre un timón, ya que se observa que, en medidas experimentales, la fuerza máxima ejercida sobre el timón es sensiblemente independiente a dicha relación. [3]

Por tanto, en este tipo de embarcaciones, la utilidad que tiene la altura de la pala que va sumergida no es más que la de contrarrestar fuerzas laterales que puedan desplazar el Ilaüt.

“Pala Semicompensada”: En estos timones, una pequeña parte de la pala se sitúa por delante del eje de giro. Son utilizados en grandes embarcaciones ya que sin la compensación el timón tiende a colocarse recto y la fuerza necesaria para mantener el timón con un cierto ángulo es mayor. Con la compensación la fuerza que se ejerce sobre la pala también se ejerce sobre la parte de ella que esta al otro lado del eje y, por tanto, la fuerza necesaria para mantener el timón con cierto ángulo es menor.

“Pala Ancha”: Este tipo de pala, presenta una relación altura/anchura geométrica inferior a 0,6. Al tener mayor amplitud de pala el punto donde se aplica la fuerza estará más a popa que en un timón esbelto ya que la fuerza que se aplica sobre el timón es a la altura del centro geométrico de la cara del timón a una distancia de $0,3c$ siendo c la longitud horizontal en el centro geométrico, por lo que estos timones tendrán un mejor momento evolutivo.[3], [4]

1.4.1. Requerimientos y parámetros del diseño relevantes

Como se ha comentado anteriormente, la función principal del timón es poder cambiar y mantener la dirección de la embarcación en movimiento. En las competencias de Ilaüt, el patrón debe enfilar correctamente la embarcación en el largo con el objetivo de realizar la mínima distancia posible y por otro lado entrar correctamente a la ciaboga para realizarla en el menor tiempo posible. Por tanto, estos son los dos los conceptos en los que se debe trabajar con el fin de optimizar el timón.

Durante el largo, el plano diametral del timón suele ir alineado con el del bote, de tal manera que es el perfil del timón el que opone una resistencia directa al fluido. Pero el perfil, no es el único elemento del timón que ofrece resistencia al paso del fluido, también lo hace la parte sumergida de la pala. En esta fase, el patrón puede realizar suaves cambios de dirección para corregir el rumbo cuando sea necesario.

El peso del timón es un factor a tener en cuenta ya que es una carga que está presente en todas las fases de la regata. Se debe reducir en la medida de lo posible variando su forma, tamaño o materiales de fabricación.

En las ciabogas, el objetivo es realizar el viraje en el menor tiempo posible, comprendiendo en esta maniobra, tanto la entrada como la salida de ella. Para lograr este objetivo se debe tener en cuenta el momento evolutivo generado en el timón ya que a mayor momento genere, mayor velocidad de giro tendrá el Ilaüt. La fuerza perpendicular que genera el timón denominada fuerza de presión normal, trasladada al centro de gravedad del Ilaüt se puede descomponer en los sentidos transversal y longitudinal, y en el momento evolutivo.

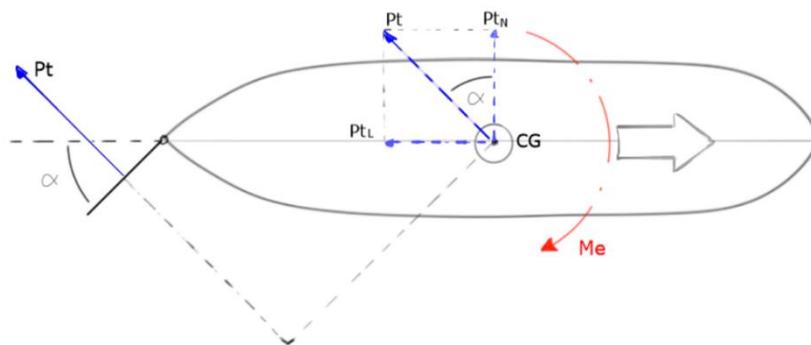


Fig. 26. Esquema de fuerza de presión normal. [5]

El momento evolutivo resulta del producto de la presión normal y la distancia entre el punto de aplicación de esta y el centro de gravedad de la embarcación, lo que implica que, a mayor distancia del centro de gravedad, se sitúe el punto de aplicación de la presión normal del timón, mayor momento evolutivo será generado.

En el caso del Ilaüt o embarcaciones a remo, en las ciabogas, la banda de babor mantiene el remo metido dentro del agua a la señal del patrón, generando un punto de apoyo sobre el cual virar y frenando ese costado de la embarcación, mientras que estribor sigue remando y dando velocidad a su costado. El trabajo de los remeros acompaña al propósito del timón.

Las embarcaciones a vela presentan una mayor escora debido a la fuerza ejercida sobre la vela y la longitud de esta, por lo que suelen necesitar elementos como una orza o una quilla de mayor tamaño para aumentar su calado y asegurar su estabilidad.[6] La profundidad de los timones participa en el aumento de calado para contrarrestar la escora. En los Ilaüts, la escora se produce en la ciaboga y suele ser contrarrestada con el peso de los remeros de babor, que se echan a la banda tratando de nivelar el bote a la vez que mantienen el remo en el agua. La profundidad del timón en estas embarcaciones viene justificada por la falta de eficacia en la superficie del agua, debida a las turbulencias generadas por la propia embarcación.

Resumiendo, los requerimientos y parámetros del diseño que debemos tener en cuenta son:

En el Largo

- Forma del perfil del timón
- Peso del timón
- Superficie del timón sumergida

En la Ciaboga

- Momento evolutivo
- Profundidad de la pala
- Forma de la pala

1.4.2. Simulación de túnel de viento

Las simulaciones en túneles de viento son realizadas con el propósito de observar el desplazamiento del aire y las cargas que este genera sobre una estructura. Un túnel de viento es una cámara en la que el objeto sólido se coloca en el centro, inmóvil y desde un extremo se expulsa o aspira un flujo de aire.[7]

En este proyecto, dado que no se dispone de las instalaciones y recursos necesarios para la realización física de una simulación en túnel de viento, se ha recreado dicha simulación gracias al programa Solid Works y en concreto al Flow Simulation que, permite generar un espacio en el que se simula un flujo de un gas o líquido que interactúa con un modelo sólido. Así que, dentro del programa SolidWorks, abrimos el complemento Flow Simulation. Los pasos a seguir son: Herramientas > Complementos >

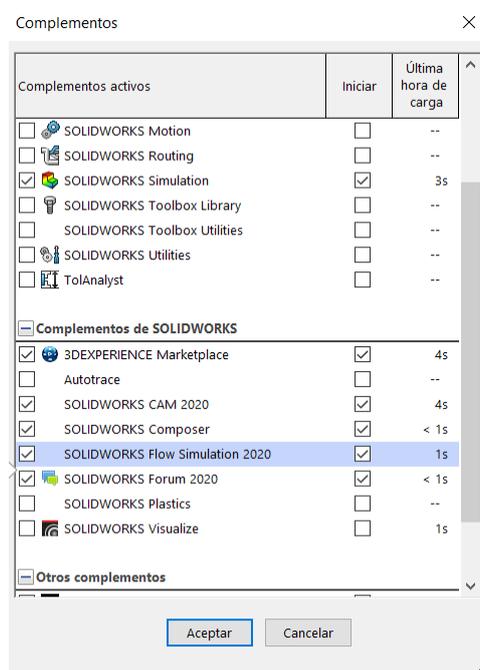


Fig. 27. Panel de complementos de SolidWorks

Para realizar la simulación el primer paso era modelar los timones que se han proporcionado, como se ha observado en el apartado anterior. Dado que los timones no actúan con un flujo laminar directo hacia ellos, se realizó el modelado de un llaüt de carbono Rubenetti, recurso facilitado por Rubén Muñoz, fundador de Rubenetti. De esta manera, colocando el timón en su correcta posición respecto a la embarcación se ha podido simular con mayor precisión la forma en la que el fluido entra en contacto con el timón.

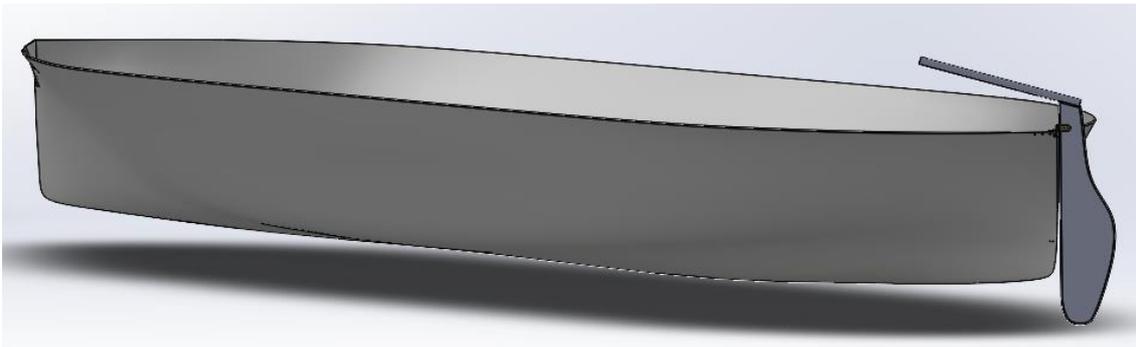


Fig. 28. Modelo SW del llaüt Rubenetti, con el timón correctamente posicionado.

Para colocar el timón en la correcta posición, se ha utilizado dos piezas complementarias, dos herrajes que simularán la sujeción del timón y permitirán colocarlo a la distancia correcta y con la orientación deseada aplicando una serie de relaciones sobre el ensamblaje.

Una vez está completo el ensamblaje que se va a simular, puede dar comienzo el proceso de simulación. Dentro de SolidWorks, en el apartado de Flow Simulation, seleccionamos la pestaña de “Wizard”, que permitirá comenzar un nuevo proyecto de simulación.

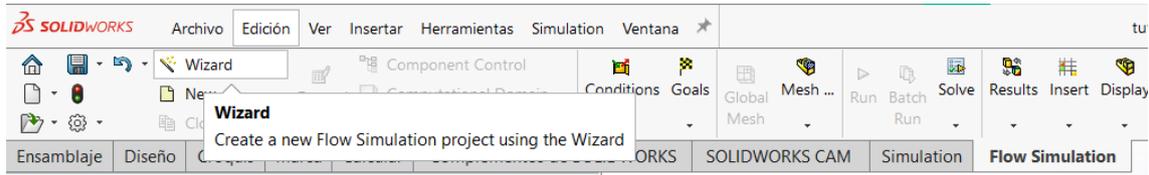


Fig. 29. Menú Flow Simulation. Selección de herramienta Wizard.

A continuación, aparece un menú en el que nombraremos el proyecto y la configuración. Nos aseguraremos de que seleccionamos “Create New” para comenzar una configuración desde cero.

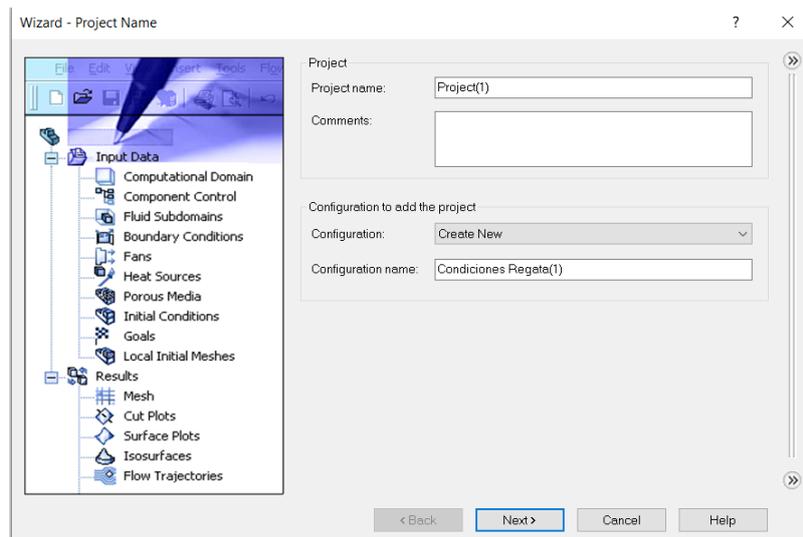


Fig. 30. Menú Wizard. Nombre del Proyecto.

Al darle a “Next”, pasamos a seleccionar las unidades del sistema. Seleccionaremos “SI”, “Sistema internacional”, y para mayor comodidad, cambiaremos las unidades de “Velocidad” de m/s a km/h y las de “Temperatura” de Kelvin a Celsius.

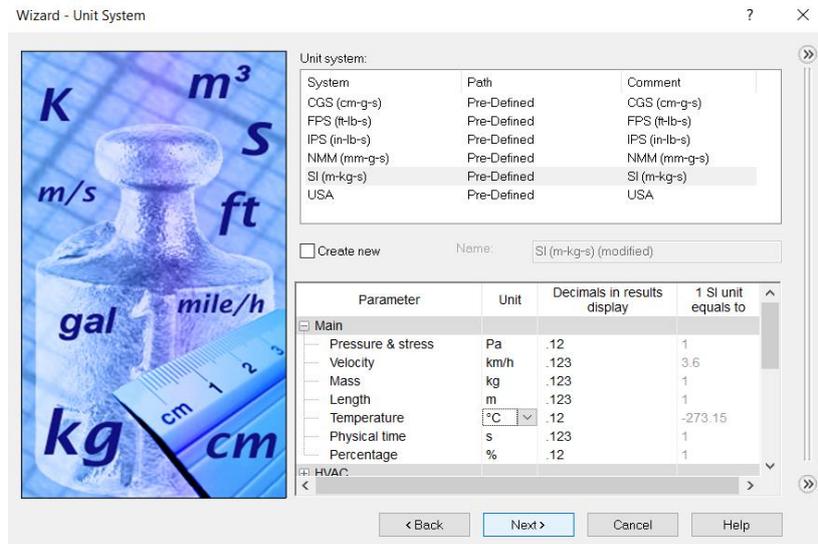


Fig. 31. Menú de selección del Sistema de Unidades.

En el siguiente cuadro, seleccionaremos el tipo de análisis que en este caso será externo, excluyendo las cavidades sin condiciones del fluido y los espacios internos ya que no nos interesan ahora mismo, por tanto, marcaremos ambas casillas. Marcaremos también la casilla de la gravedad ya que es un valor que siempre está presente.

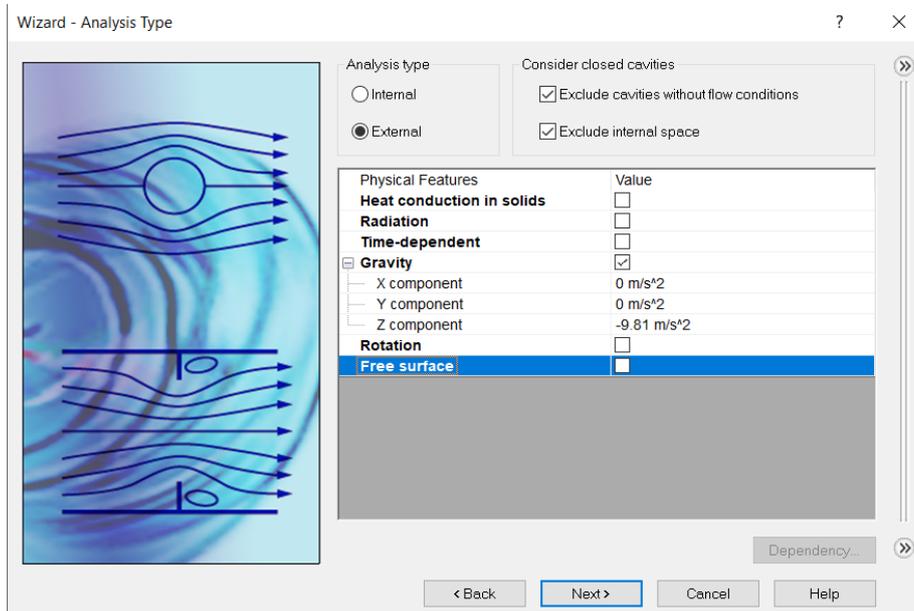


Fig. 32. Menú de selección del Tipo de Análisis.

Lo siguiente a definir son los parámetros del fluido. En primer lugar, el programa nos permite seleccionar el tipo de fluido, en este caso el que mejor se ajusta a las condiciones reales es el “Agua”. En Fluids > Liquids > Water > Add. Al añadirlo, el agua cambiará a la ventana de Fluidos del proyecto.

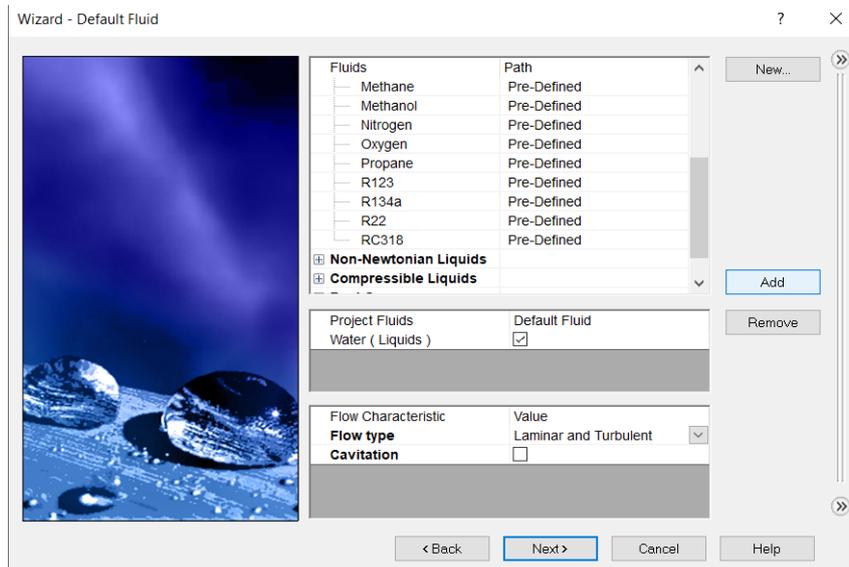


Fig. 33. Menú de selección del Tipo de fluido.

El siguiente menú que se muestra, “Wall Conditions” se dejará tal cual está y se pasará al último paso, “Initial and Ambient Conditions”, donde definiremos los parámetros termodinámicos, de velocidad y de turbulencias del sistema. Respecto a la presión y temperatura de este, se tomarán condiciones estándar, es decir 20°C y 1atm. Interferencias como el viento, corrientes o mareas, son omitidas, ya que se está recreando un espacio teórico ideal. No obstante, las condiciones que se pueden tener en regata no distan mucho de estas, ya que las competiciones suelen ser en el interior de puertos donde corrientes o vientos no suelen afectar al funcionamiento del timón.

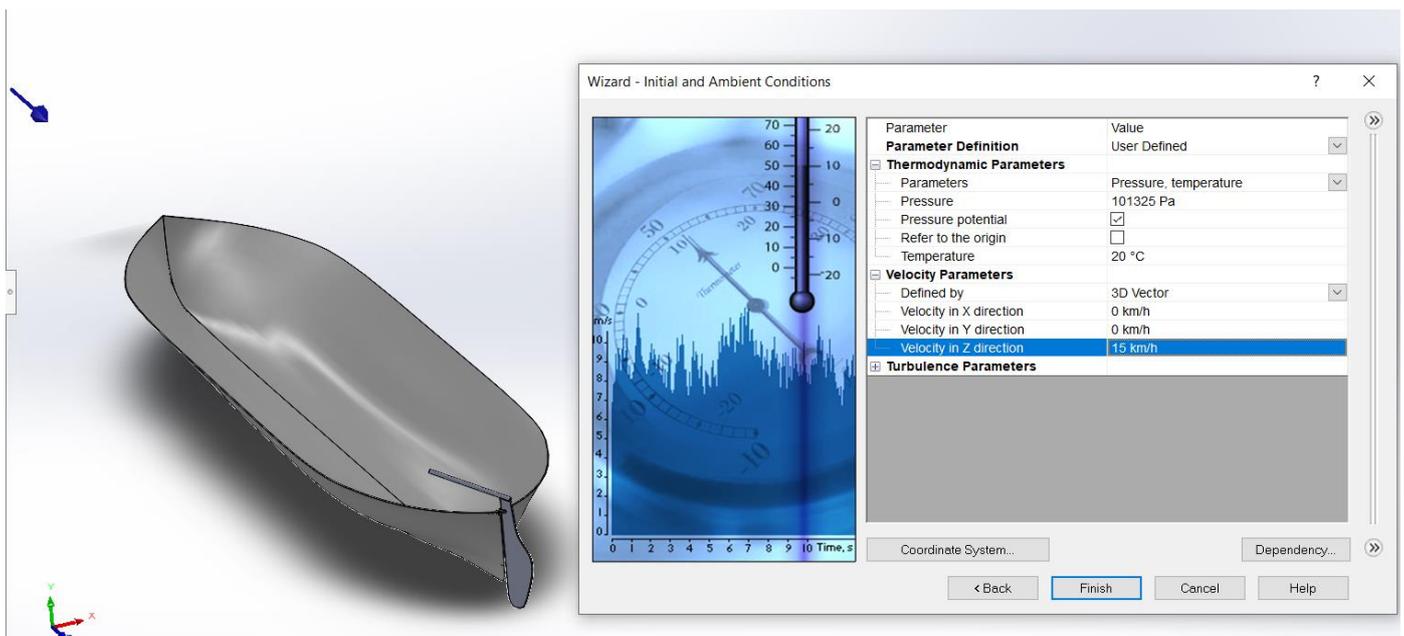


Fig. 34. Menú de definición de condiciones iniciales y del entorno.

En cuanto a la dirección que tomará el fluido será paralela a eje de popa a proa, siendo el sentido opuesto al avance del bote, es decir de proa a popa. La velocidad del bote se verá reflejada en la velocidad del fluido, traduciéndose en que el bote navega a dicha velocidad sobre un fluido estático. Para poder fijar una velocidad cercana a la velocidad que se alcanza en regata, se ha consultado un entrenamiento del equipo absoluto masculino del Real Club Náutico de Valencia, en el que se realizaba un simulacro de regata. La velocidad media de la prueba es de 14,3 km/h, pero en la mayor parte del largo, así como entrando a ciaboga se acerca más a una velocidad de 15 km/h, por tanto, se ha tomado 15 km/h como la velocidad del fluido en el que actúa el timón.

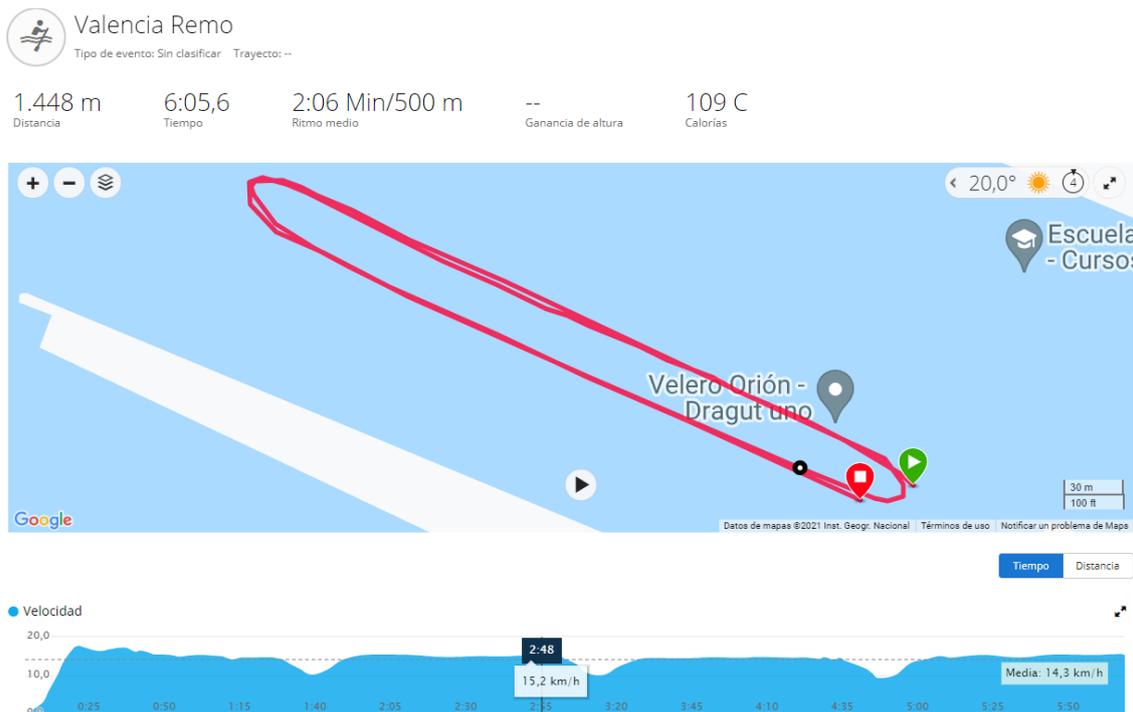


Fig. 35. Simulacro de regata realizado por el Real Club Náutico de Valencia. [8]

Una vez están todos los parámetros del proyecto definidos, solo queda definir el espacio computacional, del cual colocaremos la parte superior coincidente con la línea de flotación del bote, y una altura suficiente para recoger la profundidad de los timones. Al ejecutar la simulación se genera una malla automáticamente sobre el modelo para extraer los resultados.

La simulación se realiza dos veces, una, con el timón recto simulando la navegación del llaüt en un largo, y otra, con el timón a 45°, el ángulo teórico en la que el momento evolutivo es mayor, pese a que se haya demostrado en la práctica que su eficiencia es mayor en 35° debido a que no se generan tantas turbulencias. No obstante, esto ha sido comprobado con buques y embarcaciones de mayor tamaño donde la precisión del ángulo es mayor, y no con embarcaciones ligeras como el llaüt donde es el patrón el que debe colocar manualmente el timón, y es por ello por lo que en la simulación teórica se opta por el uso de 45° como ángulo de virada.[5]

1.4.3. Interpretación de las simulaciones

El objetivo que se pretende alcanzar realizando las simulaciones de túnel de viento, es obtener las presiones y fuerzas ejercidas sobre los timones, para una posterior comparación y valoración, además de observar el efecto que tiene sobre el fluido, es decir, como trabaja el timón y en que zonas se generan los puntos críticos.

1.4.3.1. Observación del comportamiento del fluido

Visualmente se puede relacionar con facilidad el tamaño y forma del timón con el efecto sobre el fluido. Gracias a estas observaciones, y con los datos recopilados en apartados anteriores se podrá traducir al efecto que tendrá sobre la embarcación.

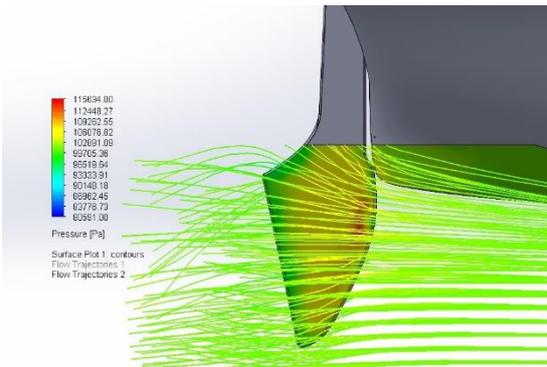


Fig. 36. Simulación del timón de Clot de l'Illot.
Vista 1.

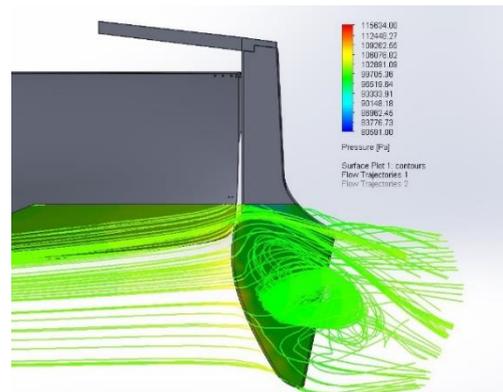


Fig. 37. Simulación del timón de Clot de l'Illot.
Vista 2.

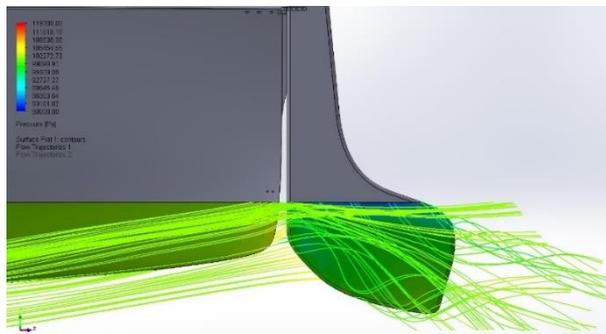


Fig. 38. Simulación del timón de Rem Denia, modelo 2. Vista 1.

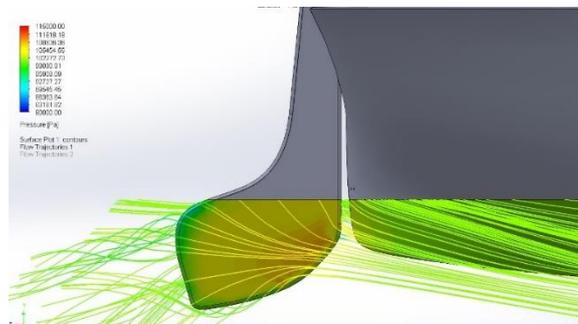


Fig. 39. Simulación del timón de Rem Denia, modelo 2. Vista 2.

La primera conclusión a la que podemos llegar con solo visualizar las simulaciones es que el Ilaüt es un bote diseñado para competición por lo que su forma hidrodinámica logra generar muy pocas turbulencias a su paso, esto, permite al timón trabajar correctamente a profundidades más cercanas a la superficie, no siendo este el motivo por el cual la profundidad del timón deba ser exagerada. En la posición de ciaboga, el punto o la zona donde mayor presión y fuerza se genera tiene lugar en la zona del timón más cercana a proa en la que todavía es vertical, una vez da comienzo la curvatura de la parte inferior del timón, parece que la presión se disipa.

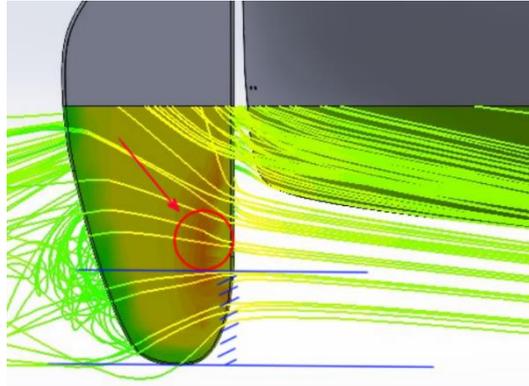


Fig. 40. Punto de máxima presión en la ciaboga.

Por otro lado, durante el largo, con el timón recto, la zona más afectada por el fluido es en una zona más baja. Como se ha comentado anteriormente, en esta posición se debe reducir al máximo las fuerzas negativas que se puedan generar. Cabe señalar que los perfiles poco hidrodinámicos como las formas rectangulares, no contribuyen a la reducción de fuerzas negativas.

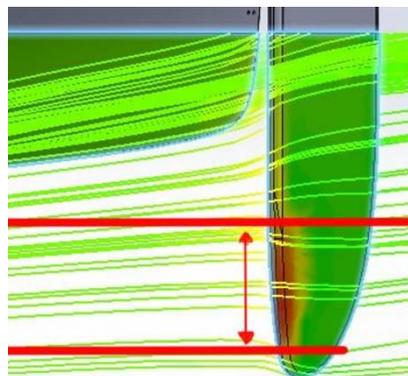


Fig. 41. Presión sobre el perfil en posición recta.

Estas primeras observaciones generales, hacen que se ponga en duda la eficiencia de los timones que anteriormente se han catalogado como timón de pala esbelta, ya que se caracterizan por la propiedad de su altura o profundidad.

Siguiendo con interpretaciones superficiales, desde la vista trasera e inferior de los modelos, tenemos una mejor comprensión de como el fluido se ve afectado y cuanto es desplazado. El fluido desplazado o el vacío generado tras el timón no implica directamente la generación de una mayor fuerza y con ello un mayor momento, pero si podremos observar las turbulencias que genera y la dirección del desplazamiento.

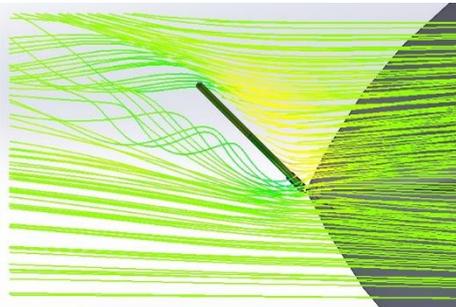


Fig. 42. Vista inferior de la simulación del timón Rem Denia 1.

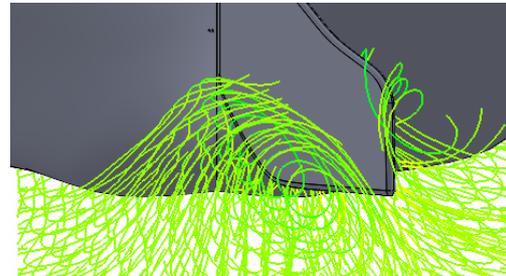


Fig. 43. Vista trasera de la simulación del timón Rem Denia 1.

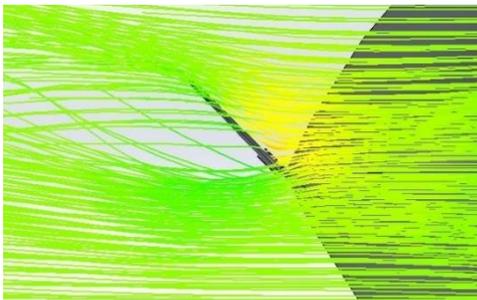


Fig. 44. Vista inferior de la simulación del timón Náutico de Valencia.

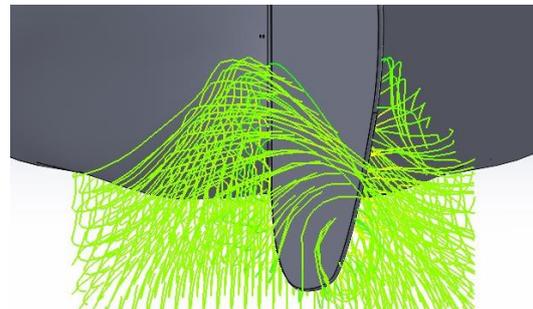


Fig. 45. Vista trasera de la simulación del timón Náutico de Valencia.

Observando las imágenes anteriores, se puede comparar el efecto de una pala ancha como es la del timón de Rem Denia con una pala esbelta como la del timón de Náutico de Valencia. Las conclusiones que podemos extraer de aquí, es que una pala de mayor amplitud genera mayores turbulencias. Esto afecta a su correcto funcionamiento y gobierno de la embarcación. Como era de esperar cuanto mayor superficie presente la pala, mayor cantidad de agua desplaza, lo que significa que mayor resistencia opone y mayor velocidad reduce.

1.4.3.2. Observación de valores obtenidos

Dejando de lado el análisis visual de las simulaciones, el programa Flow Simulation genera unos datos concretos calculados al realizar dichas simulaciones. Algunos de los parámetros que interesa conocer son las presiones máximas y medias que se dan en el timón, así como la fuerza normal que actúa sobre él y el área sumergida de este.

El parámetro principal que debemos valorar es la Fuerza normal, ya que es el valor que genera el momento evolutivo que se busca aumentar. No obstante, conociendo la expresión $F = P * A$ y sabiendo que cuanto mayor superficie sumergida mayor es la fuerza de fricción generada, se valorará mejor aquellos timones que obtienen una mayor fuerza teniendo un área menor, es decir, aquellos timones que mayor presión sean capaces de generar.

El programa nos da los valores de las presiones relativas máximas, mínimas y media de una superficie seleccionada, pero dado el modelado de cada timón no se puede seleccionar caras equivalentes en todos ellos, es por ello que la presión la obtendremos de la expresión citada anteriormente, donde $P = \frac{F}{A}$, ya que con los valores que nos da el programa podemos justificar que la fuerza si que es el valor que nos interesa, pues es la suma de los valores de fuerza en el eje X y en el eje Z multiplicados respectivamente por el seno o coseno del ángulo incidente.

	Presión Max [Pa]	Presión Calculada [Pa]	Fuerza [N]	Área [m ²]
Alicante 1	14326,09557	3446,145538	698,9962118	0,202834211
Alicante 2	10034,81501	3765,133755	812,2456015	0,21572822
Campello	22596,96495	3610,154755	2002,376583	0,554651177
Costa Blanca 1	13475,32794	3255,70842	454,3037168	0,139540665
Costa Blanca 2	13261,03668	3437,828969	286,5695602	0,083357713
Ciudad de valencia	10811,23363	3613,505007	822,2278903	0,227543033
Gandía	22850,47365	3639,890786	656,7559714	0,180432878
Náutico Valencia	13580,56195	3996,660174	926,7641645	0,231884655
Rem Denia 2	15285,9254	4456,397862	1268,959444	0,284750034
Rem Denia 1	16653,00503	4311,745158	1002,714809	0,232554284
Santa pola	13835,31893	3733,104784	884,238321	0,236864051
Universidad de Alicante	24379,10591	3852,053786	675,6269888	0,175393965

Tabla 2. Resumen de los parámetros recogidos en Flow Simulation.

Dando un primer vistazo a los resultados, se observa en las presiones máximas, valores muy dispares, recogidos entre 10000 Pa y 16000 Pa, siendo solamente tres de ellos, Campello, Gandía y Universidad de Alicante, los que superan los 20000 Pa. Esto, quiere decir que hay una zona del timón que soportará mucha carga, pero deberemos valorar el resto de los parámetros para saber si este máximo es relevante o no.

En cuanto a las presiones calculadas o presiones normales, se comprenden entre los 3400 Pa y los 4000 Pa. No obstante, timones como Costa Blanca 1 no alcanzan los 3400 Pa y en caso opuesto los timones de Rem Denia, que, si recordamos su forma, eran los únicos de pala ancha, superan los 4000 Pa llegando a alcanzar valores de 4400 Pa. Estos valores son un buen indicador de efectividad, ya que una presión alta provocará una gran fuerza que a su vez generará un mayor momento.

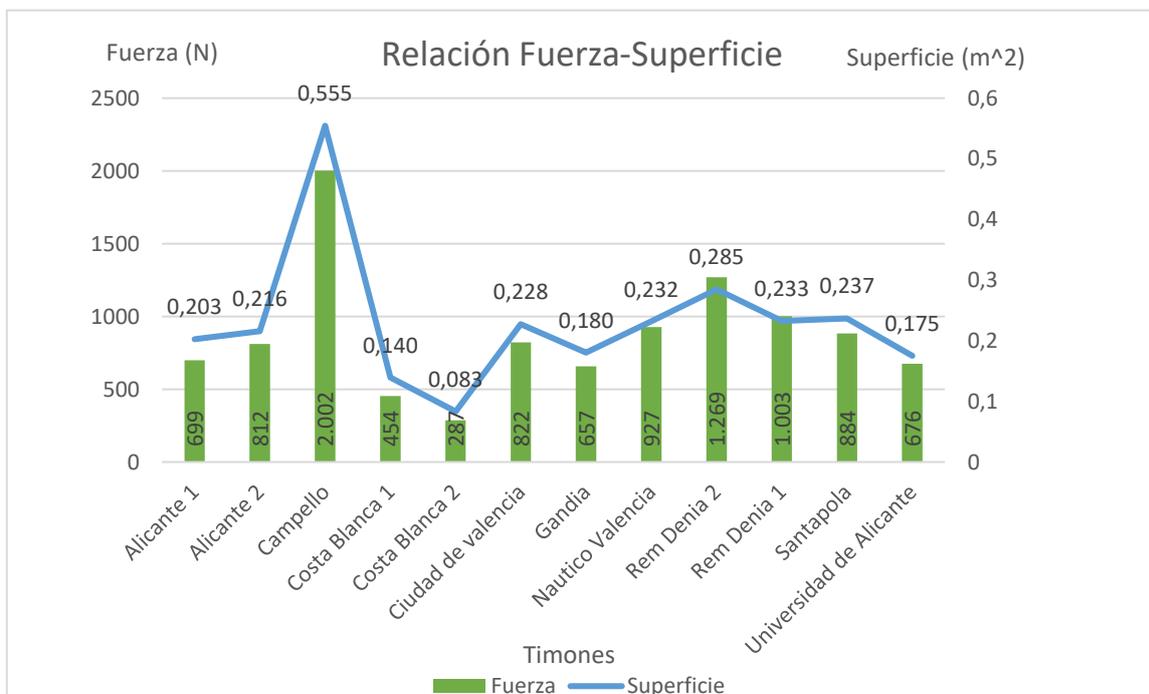
Para visualizar más cómodamente la tabla anterior, se ha clasificado en orden descendente los valores de cada timón. Se muestra en la primera posición el nombre de los timones que mayores valores han obtenido.

	Presión máxima	Presión Calculada	Fuerza	Área
1	Universidad de Alicante	Rem Denia 2	Campello	Campello
2	Gandía	Rem Denia 1	Rem Denia 2	Rem Denia 2
3	Campello	Náutico Valencia	Rem Denia 1	Santa pola
4	Rem Denia 1	Universidad de Alicante	Náutico Valencia	Rem Denia 1
5	Rem Denia 2	Alicante 2	Santa pola	Náutico Valencia
6	Alicante 1	Santa pola	Ciudad de valencia	Ciudad de valencia
7	Santa pola	Gandía	Alicante 2	Alicante 2
8	Náutico Valencia	Ciudad de valencia	Alicante 1	Alicante 1
9	Costa Blanca 1	Campello	Universidad de Alicante	Gandía
10	Costa Blanca 2	Alicante 1	Gandía	Universidad de Alicante
11	Ciudad de valencia	Costa Blanca 2	Costa Blanca 1	Costa Blanca 1
12	Alicante 2	Costa Blanca 1	Costa Blanca 2	Costa Blanca 2

Tabla 3. Clasificación en orden descendente de los timones según cada parámetro.

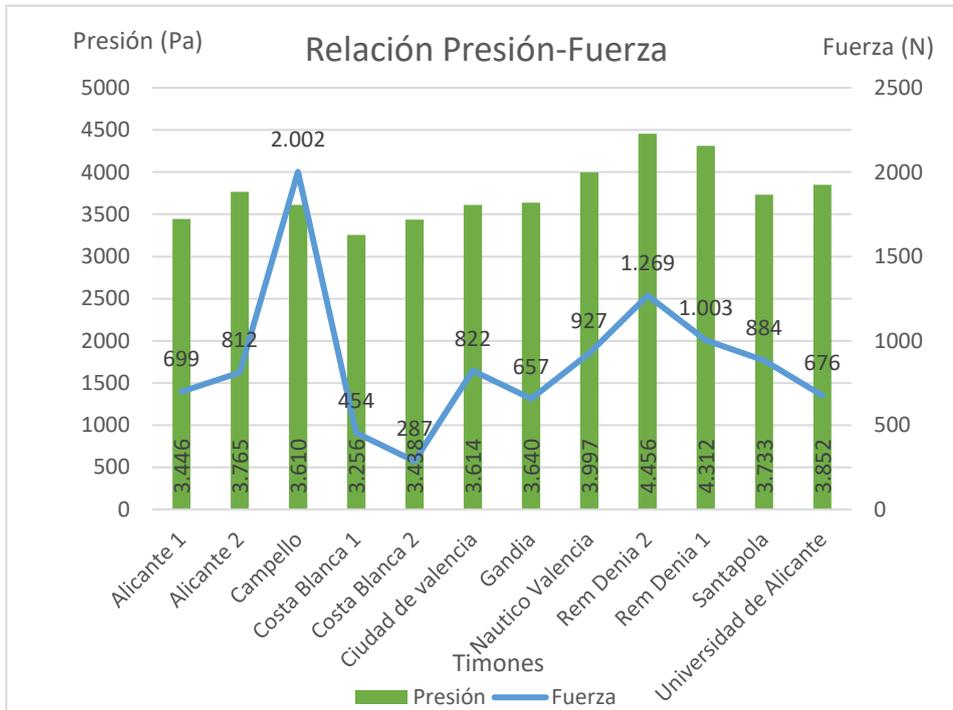
Como se puede ver en la tabla anterior, la superficie es un parámetro muy relevante a la hora de generar fuerza, si observamos el timón de Campello, entendemos que las presiones generadas no son de las más elevadas, no obstante, es el que mayor fuerza genera debido a sus grandes dimensiones, ya que dobla en superficie al resto de timones.

En la gráfica, se puede observar la relación directa de superficie y fuerza de manera más clara. Además se puede observar que cuanto más próximo es el gráfico de barras de la fuerza al de líneas de la superficie, mayor peso tiene el tercer parámetro que es la presión. Este es el caso de los timones de Rem Denia.



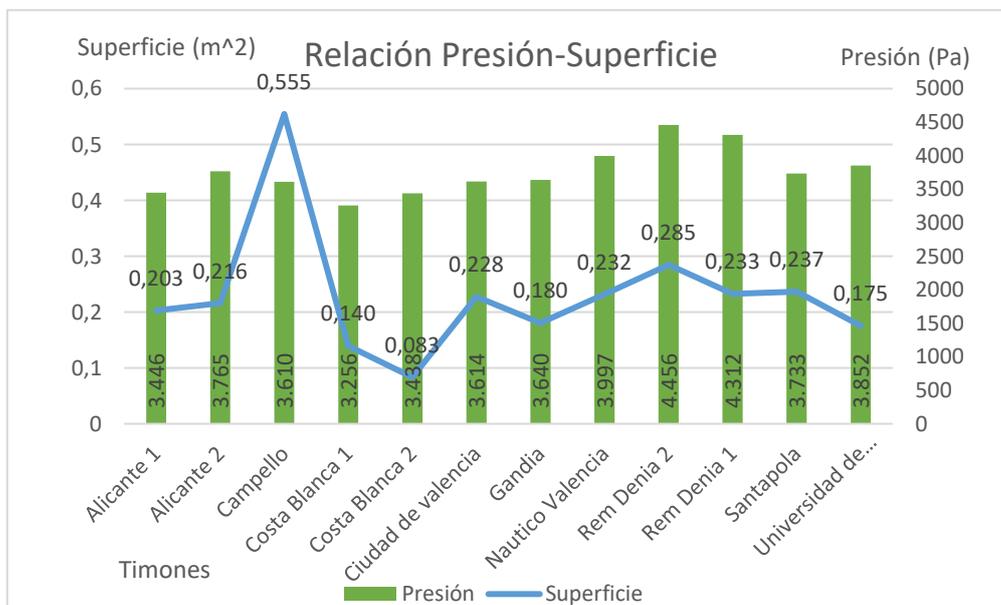
Gráfica 1. Relación Fuerza – Superficie.

Contrastando la gráfica anterior con esta nueva, en la que se relaciona presión y fuerza, los dos parámetros que queremos maximizar, nos centraremos en observar aquellos que mayor presión alcancen, y como se había deducido de la gráfica anterior, Rem Denia alcanza mayores valores de presión, seguidos por Náutico de Valencia y Universidad de Alicante que presentan menores fuerzas, posiblemente por su diferencia de superficie.



Gráfica 2. Relación Presión – Fuerza

En esta última gráfica, al relacionar los factores responsables de la fuerza, es decir, la presión y la superficie, es donde mejor se observa el peso de cada factor respecto a los demás timones. En el caso de Campello, se confirma que la superficie es la total responsable de la fuerza que es capaz de aplicar. Por otro lado, Costa Blanca 2 genera gran presión en relación con su tamaño.



Gráfica 3. Relación Presión superficie

1.4.3.3 Conclusión de las simulaciones

Para poder extraer una conclusión general de las tablas anteriores, otorgaremos unos valores a cada parámetro. La fuerza generada representará un 40% ya que es el producto de los otros parámetros y el objetivo que se busca es que esta sea la de mayor valor. La presión relativa será un 60% ya que es el factor principal por el cual se quiere que se vea aumentada la fuerza, y una penalización del -20% al área, que como se ha explicado anteriormente, implica otras fuerzas negativas. La suma ponderada se realizará en función de la posición de la clasificatoria anterior, teniendo 12 puntos el primero, y 1 el último.

	Presión calculada [Pa]	Fuerza [N]	Área [m ²]	
Alicante 1	3	5	5	2,8
Alicante 2	8	6	6	6
Campello	4	12	12	4,8
Costa Blanca 1	1	2	2	1
Costa Blanca 2	2	1	1	1,4
Ciudad de valencia	5	7	7	4,4
Gandía	6	3	4	4
Náutico Valencia	10	9	8	8
Rem Denia 2	12	11	11	9,4
Rem Denia 1	11	10	9	8,8
Santa Pola	7	8	10	5,4
Universidad de Alicante	9	4	3	6,4
ponderación	+0,6	+0,4	-0,2	

Tabla 4. Suma ponderada de los valores obtenidos según los parámetros.

El objetivo de esta ponderación es recompensar los timones que mayores presiones generan y menor superficie sumergida presenta.

El resultado que se obtiene es que, los dos timones de pala ancha de rem Denia son los que mejor se califican, ya que consiguen generar presiones mayores al resto, proporcionales a su tamaño, no como el caso de Campello, el cual toda la fuerza generada es debida a su tamaño y no a la presión generada. Náutico de Valencia, también genera grandes presiones, proporcionales a su tamaño, pero en este caso siendo una pala esbelta.

Con una valoración más baja, el timón de Alicante 2 y de Universidad de Alicante, no deben pasar desapercibidos ya que son los siguientes que mayores valores de presión producen siendo el tercer y sexto timón con menor superficie lo cual es interesante ya que la fuerza generada no es mayor que la de otros por sus reducidas dimensiones. Por tanto, la forma de estos dos timones también se debe tener presente en la propuesta de diseño.

1.5. Propuesta de diseño de timón

Gracias al estudio previo a este apartado, se han obtenido datos e información que se podrá utilizar para el desarrollo de una propuesta y tratar de mejorar el concepto de timón de Ilaüt de competición, atendiendo a los requerimientos y a las características extraídas en las simulaciones de los timones actuales.

Los objetivos que la propuesta pretende alcanzar son: mejorar el rendimiento durante el largo tratando de oponer menor resistencia al paso del fluido y aumentar el momento evolutivo en la ciaboga.

En primer lugar, para reducir la resistencia durante el largo, la solución principal es modificar los actuales perfiles, cambiándolos por un perfil NACA 00XX. Esta nomenclatura nos indica que el perfil es simétrico, ya que para este proyecto es necesario que así sea.

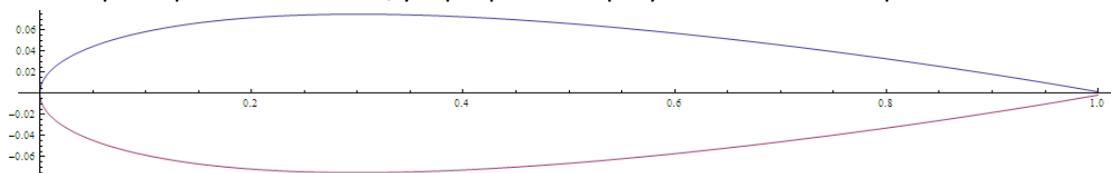


Fig. 46. Perfil NACA 00XX. [9]

El tipo de perfil NACA seleccionado, es el NACA 0006 debido a que es simétrico, no opone una gran resistencia al avance y presenta un alto ángulo de ataque crítico, lo cual quiere decir que el momento en el que las turbulencias generadas provoquen una pérdida considerable del efecto del timón, será en ángulos mayores. [4]

En cuanto a la acción del timón en la ciaboga, sabemos gracias a los esquemas de fuerzas observados, que cuanto más a popa este situado el punto de acción del timón mayor será el momento evolutivo de la virada, por ello, se buscará que la forma de la pala tenga dicho punto o zona a popa, tanto como sea posible, siempre sin aumentar en exceso el peso del timón, ya que ello requerirá un timón de mayores dimensiones. Por tanto, la idea principal será tratar de trasladar las formas de los timones que mayores presiones son capaces de generar, hacia popa.

Los timones mejor valorados han sido los que tienen una pala ancha. Este tipo de pala ya presenta el punto donde se ejerce la fuerza más a popa que las palas esbeltas, ya que como se observó en la norma ISO-12215 parte 8 [3] la fuerza aplicada sobre el timón se sitúa a una distancia $0,3 \cdot c$ de la popa del timón, siendo "c" la longitud de popa a proa del timón pasando por su centro geométrico.

Las propuestas que se muestran a continuación tratan de trasladar el punto de acción más a popa, intentando mantener o imitar la forma de las palas que mayores presiones y fuerza alcanzaban con menor área.



Fig. 47. Propuesta 1.

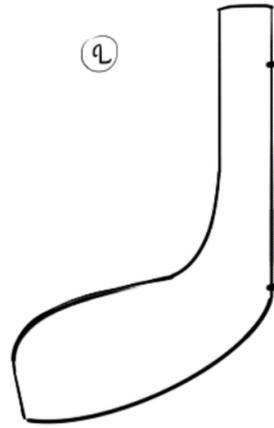


Fig. 48. Propuesta 2.

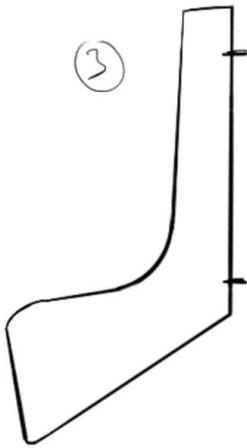


Fig. 49. Propuesta 3.

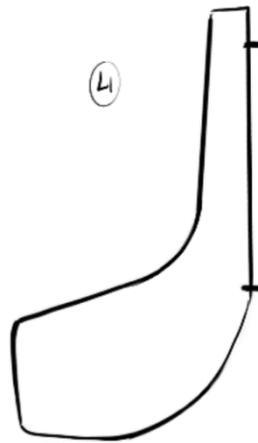


Fig. 50. Propuesta 4.

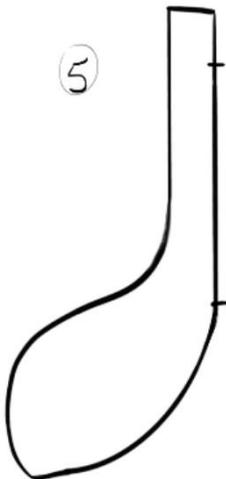


Fig. 51. Propuesta 5.



Fig. 52. Propuesta 6.

El siguiente paso es modelar estas propuestas y realizar una simulación como las anteriores para extraer una propuesta final.

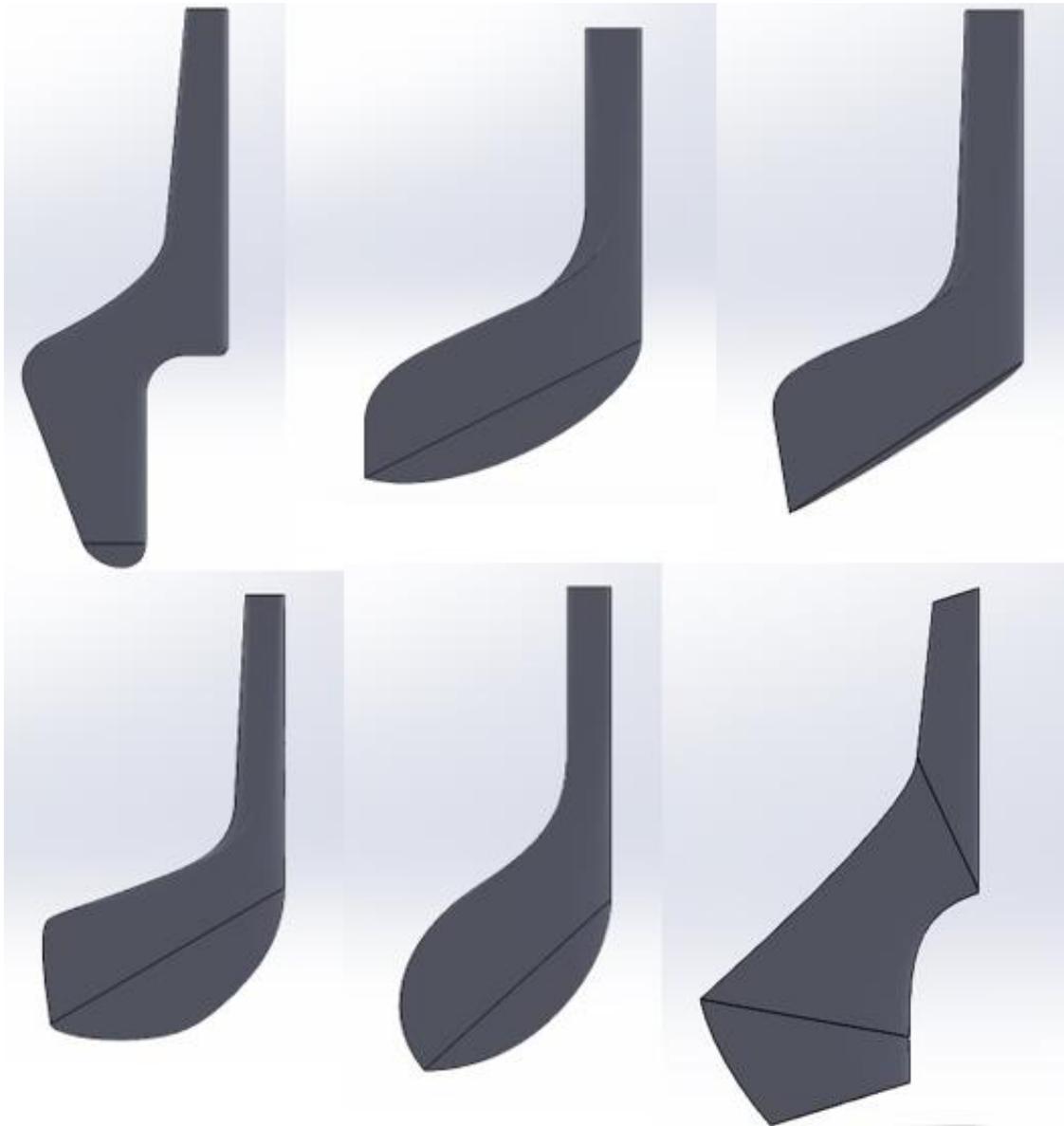


Fig. 53. Modelado de las propuestas.

La propuesta 1, presenta una superficie sumergida similar a las palas esbeltas, pero se ha modificado la parte superior para llevar a popa la pala sin aumentar en exceso su superficie. A simple vista, parece poco resistente por lo que quizá hubiese que reforzarla, y con lo cual su peso aumentaría.

En el caso de las propuestas 2, 3, 4, 5, son palas anchas imitando las de rem Denia, pero aumentando su amplitud, y tomando soluciones posibles como reducir el calado para mantener una superficie similar sin ser aumentada y a su vez lograr mayores presiones.

Por otro lado, la propuesta 6 también se puede clasificar como pala ancha, pero a diferencia de las otras, presenta más calado, y mayores dimensiones. A su vez, logra llevar el punto de acción más a popa que el resto.

1.5.1. Simulación y selección de las propuestas

Con el fin de llegar a una conclusión, se ha seguido el mismo procedimiento que en el caso de los antecedentes, se han simulado uno a uno los timones propuestos y con los valores de fuerza superficie y presión obtenidos se han podido clasificar.

	Presión Max [Pa]	Presión calculada [Pa]	Fuerza [N]	Área [m ²]
P1	13217,79469	4036,36893	678,0006301	0,167972909
P2	10327,9159	4525,830616	1282,947648	0,283472307
P3	9575,137422	4869,656619	1057,310742	0,217122238
P4	14886,47237	4807,992355	1208,644541	0,251382376
P5	20386,8281	4753,918237	1209,143456	0,254346708
P6	29446,90104	4184,076031	1507,233368	0,360230875

Tabla 5. Resultados de las simulaciones de las propuestas.

Para realizar una comparativa adecuada, se compararán con los valores obtenidos anteriormente, con los otros timones. Si prestamos atención en el factor que se pretende incrementar, la presión calculada, ya se observa un considerable aumento en todas las propuestas y como consecuencia de esto, un aumento de la fuerza. Todo ello manteniendo unos valores de superficie similares a los de los timones anteriores.

Clasificando los timones de los clubs de remo y los timones propuestos, en orden descendente en una misma tabla, podremos hacernos una idea de cómo han evolucionado los valores en cada parámetro observado.

	Presión Max	Presión media	Fuerza	Área
1	P6	P3	Campello	Campello
2	Universidad de Alicante	P4	P6	P6
3	Gandía	P5	P2	Rem Denia 2
4	Campello	P2	Rem Denia 2	P2
5	P5	Rem Denia 2	P5	P5
6	Rem Denia 1	Rem Denia 1	P4	P4
7	Rem Denia 2	P6	P3	Santa pola
8	P4	P1	Rem Denia 1	Rem Denia 1
9	Alicante 1	Náutico Valencia	Náutico Valencia	Náutico Valencia
10	Santa pola	Universidad de Alicante	Santa pola	Ciudad de valencia
11	Náutico Valencia	Alicante 2	Ciudad de valencia	P3
12	Costa Blanca 1	Santa pola	Alicante 2	Alicante 2
13	Costa Blanca 2	Gandía	Alicante 1	Alicante 1
14	P1	Ciudad de valencia	P1	Gandía
15	Ciudad de valencia	Campello	Universidad de Alicante	Universidad de Alicante
16	P2	Alicante 1	Gandía	P1
17	Alicante 2	Costa Blanca 2	Costa Blanca 1	Costa Blanca 1
18	P3	Costa Blanca 1	Costa Blanca 2	Costa Blanca 2

Tabla 6. Clasificación general de los timones según cada parámetro.

Para realizar la suma ponderada, se otorgará 1 punto al menor valor y 18 puntos al mayor. Estas puntuaciones serán ponderadas según el peso del parámetro, valiendo la fuerza generada 0.4, la presión calculada 0.6 y, por último, el área -0.2. De esta manera se observará con mayor claridad la posición en la que se encuentran las propuestas, y se podrá seleccionar una de ellas.

	Presión	Fuerza	Área	Puntuación
P1	11	5	3	8
P2	15	16	15	12,4
P3	18	12	8	14
P4	17	13	13	12,8
P5	16	14	14	12,4
P6	12	17	17	10,6
Alicante 1	3	6	6	3
Alicante 2	8	7	7	6,2
Campello	4	18	18	6
Costa Blanca 1	1	2	2	1
Costa Blanca 2	2	1	1	1,4
Ciudad de valencia	5	8	9	4,4
Gandía	6	3	5	3,8
Náutico Valencia	10	10	10	8
Rem Denia 2	14	15	16	11,2
Rem Denia 1	13	11	11	10
Santa pola	7	9	12	5,4
Universidad de Alicante	9	4	4	6,2
	+0,6	+0,4	-0,2	

Tabla 7. Suma ponderada general.

Como se observa en la tabla anterior, la propuesta 3 es la que se considera mejor valorada, ya que su forma, logra una presión mayor que el resto, lo que se traduce en que la fuerza resultante será alta. No obstante, la fuerza no es mayor que la de otros seis timones debido exclusivamente a sus dimensiones, ya que es el que mayor presión es capaz de generar. Por tanto, con esta propuesta se consigue un balance adecuado entre presión, superficie y fuerza, ya que la fuerza resultante se vea aumentada principalmente por el aumento de presión y no se superficie, indica la optimización de la forma del timón ya que se reducen esfuerzos contraproducentes causados por el aumento del tamaño del timón.

Otras soluciones posibles son la propuesta 2, 4 y 5, todas ellas muy bien valoradas, ya que las presiones capaces de generar son mayores que las del resto consiguiendo una fuerza mayor incluso que la propuesta 3. Esto se debe a una mayor cantidad de superficie sumergida. Si se aumentase el tamaño de la pala de la propuesta 3 hasta llegara a unas dimensiones similares a las superficies de estas propuestas, se lograría generar una mayor fuerza que la que estas alcanzan.

1.5.2. Análisis estático

En la sección anterior, se ha conseguido llegar a escoger una propuesta final, la propuesta 3, gracias a la comparación de los valores obtenidos en las simulaciones de túnel de viento, con las que analizábamos su comportamiento en un fluido con ciertas características.

Realizando una simulación de fuerzas, comprobaremos que sus propiedades físicas y estructurales son resistentes al esfuerzo máximo que pueda soportar. Para ello se emplearán los datos obtenidos en las simulaciones anteriores, y se deberá definir los materiales de construcción del objeto.

En competición, es muy común utilizar estructuras tipo sándwich, es decir, estructuras formadas por diferentes materiales, normalmente con una parte interior muy ligera de propiedades mecánicas no tan buenas, reforzada con una parte exterior en a que se suelen utilizar materiales composites como polímeros reforzados con fibra de vidrio o carbono dadas sus características de ligereza, resistencia y flexibilidad, otorgándole estas características a la pieza. A la parte interna de la estructura sándwich se le denomina alma, y puede estar compuesta por espumas, materiales de nido de abeja o maderas ligeras ya que su función será dar volumen tratando de ser lo más ligero posible.

El análisis estático se realizará utilizando como material un polímero reforzado con fibra de carbono, por su común uso en alta competición. En el estudio se aplicarán unas condiciones de sujeción y fuerzas externas similares a las reales, el timón estará sujeto por seis puntos simulando seis tornillos, tres, sujetando la pletina del pasador superior y tres sujetando la pletina del inferior. La fuerza aplicada, será la misma o superior, a la fuerza calculada en las simulaciones de túnel de viento, y esta será aplicada de manera perpendicular sobre toda el área de acción del timón. Además, se contemplará la fuerza generada por la caña del timón en la parte superior con el objetivo de comprobar su integridad estructural.

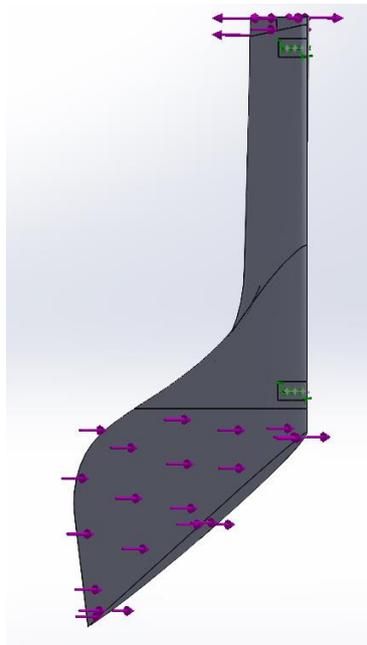


Fig. 54. Aplicación de fuerzas y sujeciones del análisis estático.

Análisis estático de la propuesta seleccionada.

Material: **Polímero reforzado con fibra de Carbono.**

El timón se ha sometido el modelo a una fuerza de 1060N, la fuerza estimada que será capaz de generar, consiguiendo un factor de seguridad de 5.7, lo cual nos va a asegurar que soportara fuerzas mucho mayores. Para alcanzar el factor de seguridad de 1.2 debe verse sometido a 5000N, cinco veces más de la fuerza supuesta a soportar.

Realizando la simulación con una fuerza de 1500N, un poco superior a la fuerza estimada, observamos un factor de seguridad de 4.1. Comprobamos que la zona más sensible es la fijación inferior, pero como se muestra en la simulación, está lejos de alcanzar el límite elástico del material.

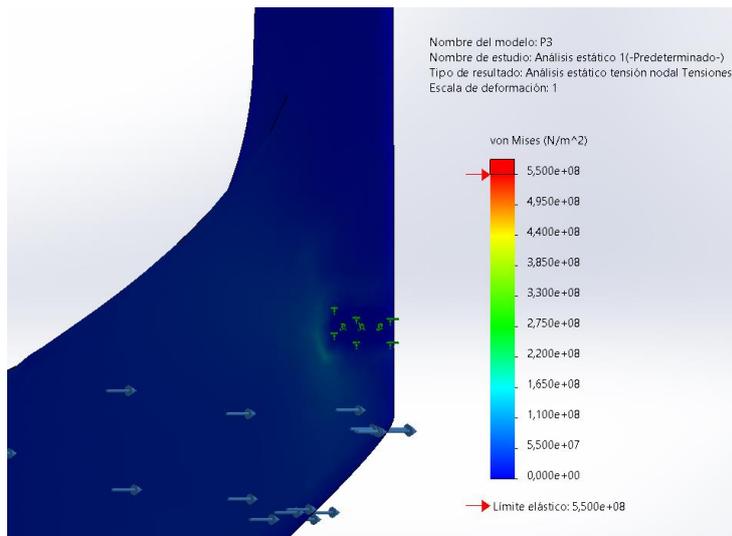


Fig. 55. Tensiones en el timón con refuerzo de fibra de carbono. para una fuerza de 1500N.

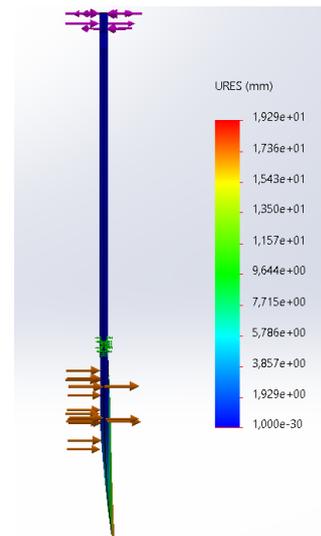


Fig. 56. Deformación para 1500N.

En cuanto a la deformación, se observa una ligera flexión que no impide al timón realizar correctamente su función.

1.5.3. Justificación detallada del diseño.

Tras el estudio realizado en los apartados anteriores y las diferentes comparaciones que se han ido realizando a lo largo del proyecto, han llevado a escoger la “Propuesta 3” como el timón más eficaz en una situación teórica.



Fig. 57. Renderizado de la propuesta 3.

En primer lugar, hablaremos de las dimensiones, ya que ha sido un factor muy presente durante todo el proyecto. La altura que ha referenciado los diseños ha sido desde un primer momento el puntal de popa del Ilaüt, ya que aquí tendremos puntos más concretos sobre los que trabajar, como son los pasadores a los que va anclados el timón, distanciados entre ellos unos 55 cm quedando el pasador superior a ras con la regala. Sabiendo que debe sobresalir cierta altura para la incorporación de la caña con la que se dominará el timón. Por otro lado, otro valor importante para el dimensionado es la línea de flotación del bote, ya que, tanto para ajustar la forma de la pala como para calcular el área sumergida, era necesario saber en qué punto se encontraba esta.

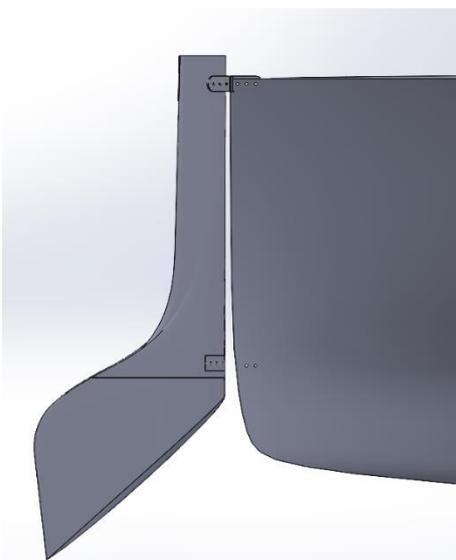


Fig. 58. Proporción del timón con la popa del Ilaüt.

Respecto al espesor del timón se ha tratado de adaptar las proporciones del perfil NACA0012 a la amplitud de la pala y a los espesores de los antecedentes. La ventaja de presentar un perfil NACA es la poca fricción que este opone al paso del fluido, y la sustentación que es capaz de generar al tomar cierto ángulo. La parte superior del timón en cambio no presenta este tipo de perfil ya que dificulta el anclaje del pasador, es por ello por lo que se ha optado por un perfil rectangular redondeado, con el fin de que la pletina a la que va unida el pasador distribuya adecuadamente la presión sobre una superficie más plana.

Tras la observación de los antecedentes, los tipos de pala y sus características se concluyó que, las palas anchas eran capaces de generar mayores fuerzas con menores superficies, y por ello, las propuestas tomaron forma a partir de los ejemplos de pala ancha. Además, se pudo llegar a la conclusión de que cuanto más alejado esté el punto de acción del timón, mayor momento evolutivo sería capaz de alcanzar, y la característica de las palas anchas sobre las esbeltas es que su punto de acción está más atrás, ya que la cuerda que pasa por su centro geométrico es mayor.

Se debe especificar que las fuerzas calculadas son fuerzas máximas que puede alcanzar a soportar el timón en un momento concreto de la ciaboga, a una velocidad de 15 km/h con una inclinación respecto al avance del bote de 45°. En el momento en el que se pudiesen alcanzar dichas condiciones ideales, el bote reduce su velocidad haciéndolo a su vez la fuerza a la que es sometido.

El proceso de selección entre las propuestas fue similar al proceso de valoración de los timones existentes. Se compararon los valores obtenidos en la simulación de túnel de viento, es decir, presión, área sumergida y fuerza resultante, y se ponderaron según el peso de cada parámetro. Ya que se buscaba una fuerza más elevada, resultante de la presión ejercida por el timón con un área menor, se dio valores mayores a la presión y se penalizó las áreas mayores.

La propuesta tres obtuvo la mejor relación presión-área-fuerza, siendo capaz de generar 1060 Newtons con un área sumergida equivalente a $0,217122238 m^2$ gracias a una presión de 4870 Pascales. Con estas valoraciones se pudo llegar a la conclusión de que la forma de la pala de la propuesta 3 era la óptima.

Por último, con la finalidad de comprobar su capacidad estructural, el modelo se sometió a un análisis estático, en el que se aplicaba una fuerza equivalente a la fuerza calculada, 1060 N. La conclusión que se alcanza con los resultados de estas simulaciones es que la fibra de carbono cumple perfectamente las condiciones para conformar el refuerzo del timón, soportando la carga presupuesta y llegando a alcanzar cinco veces más su valor manteniendo un factor de seguridad del 1.2, y que la forma y dimensiones del timón resisten correctamente las fuerzas aplicadas.

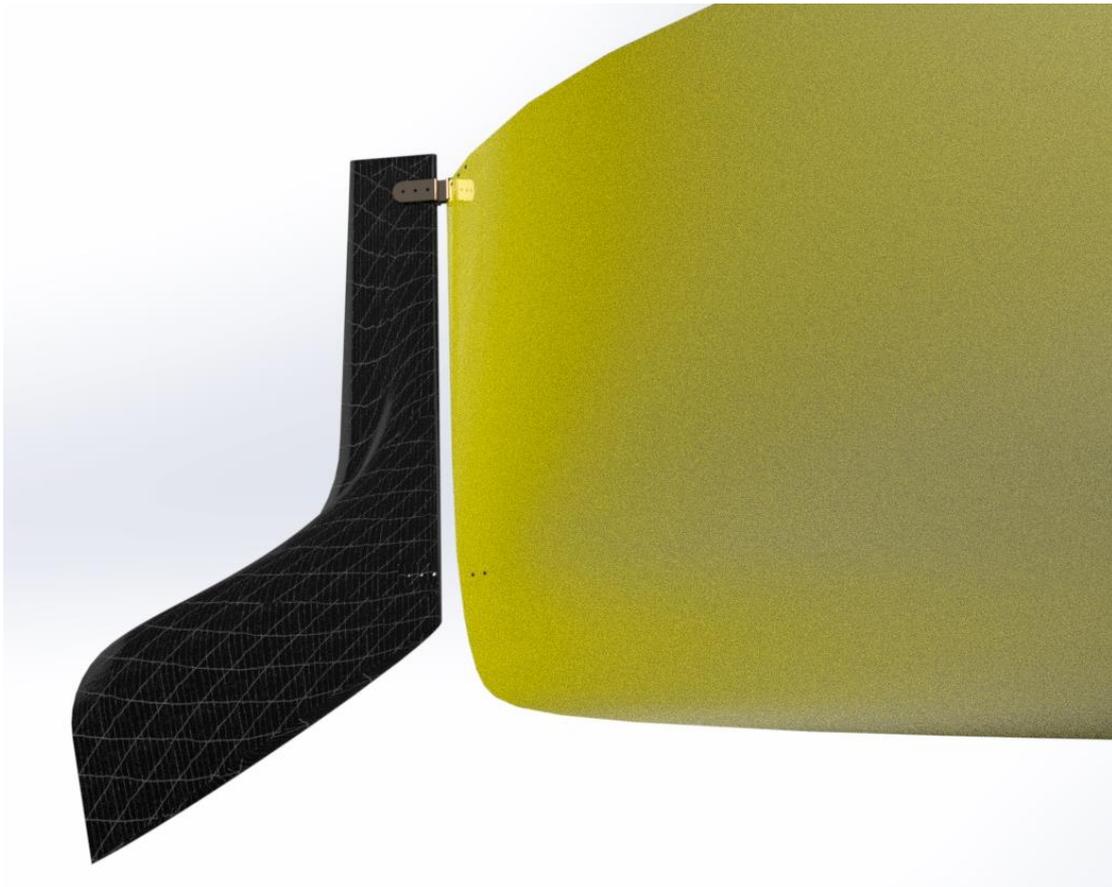
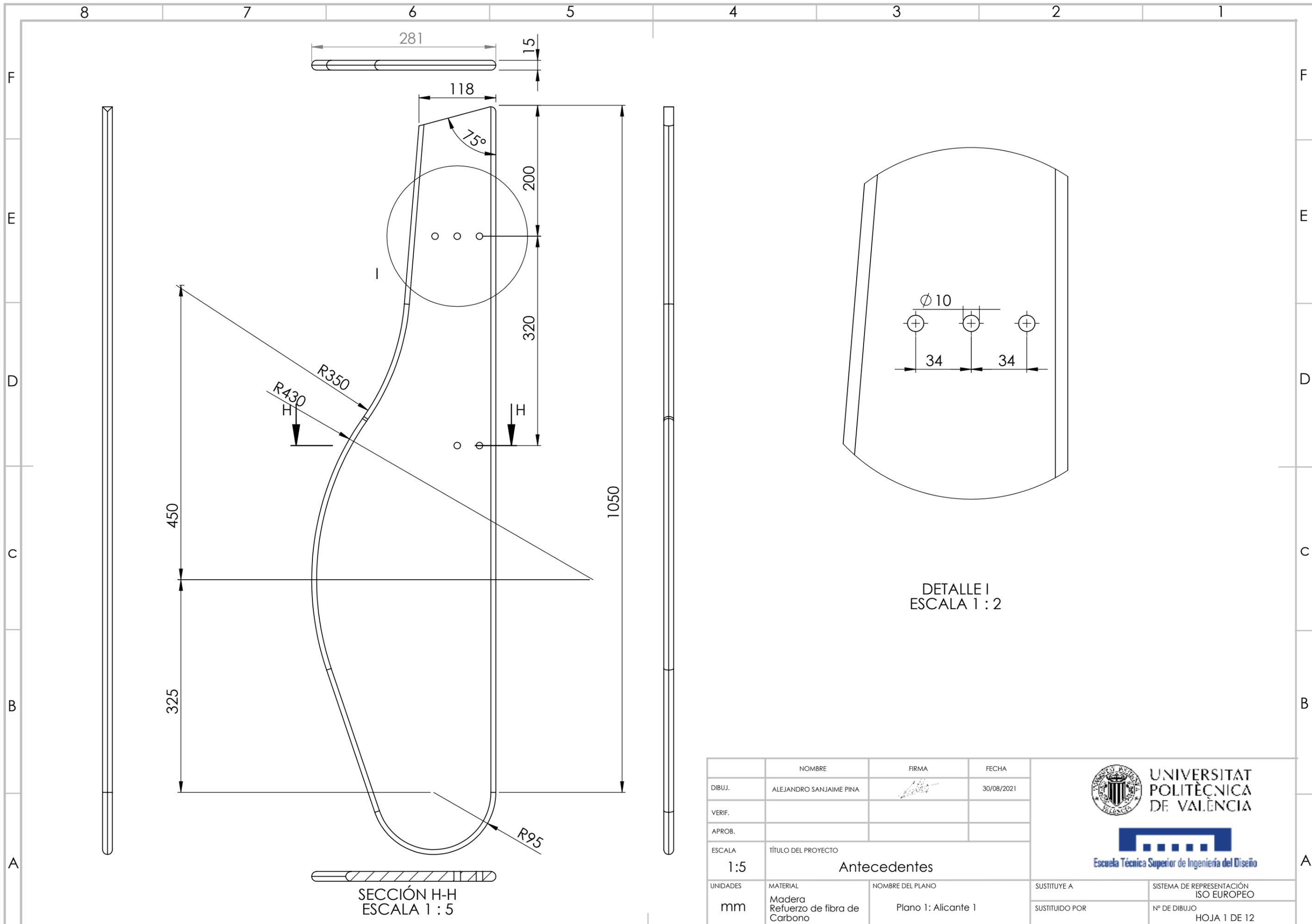


Fig. 59. Renderizado del conjunto.

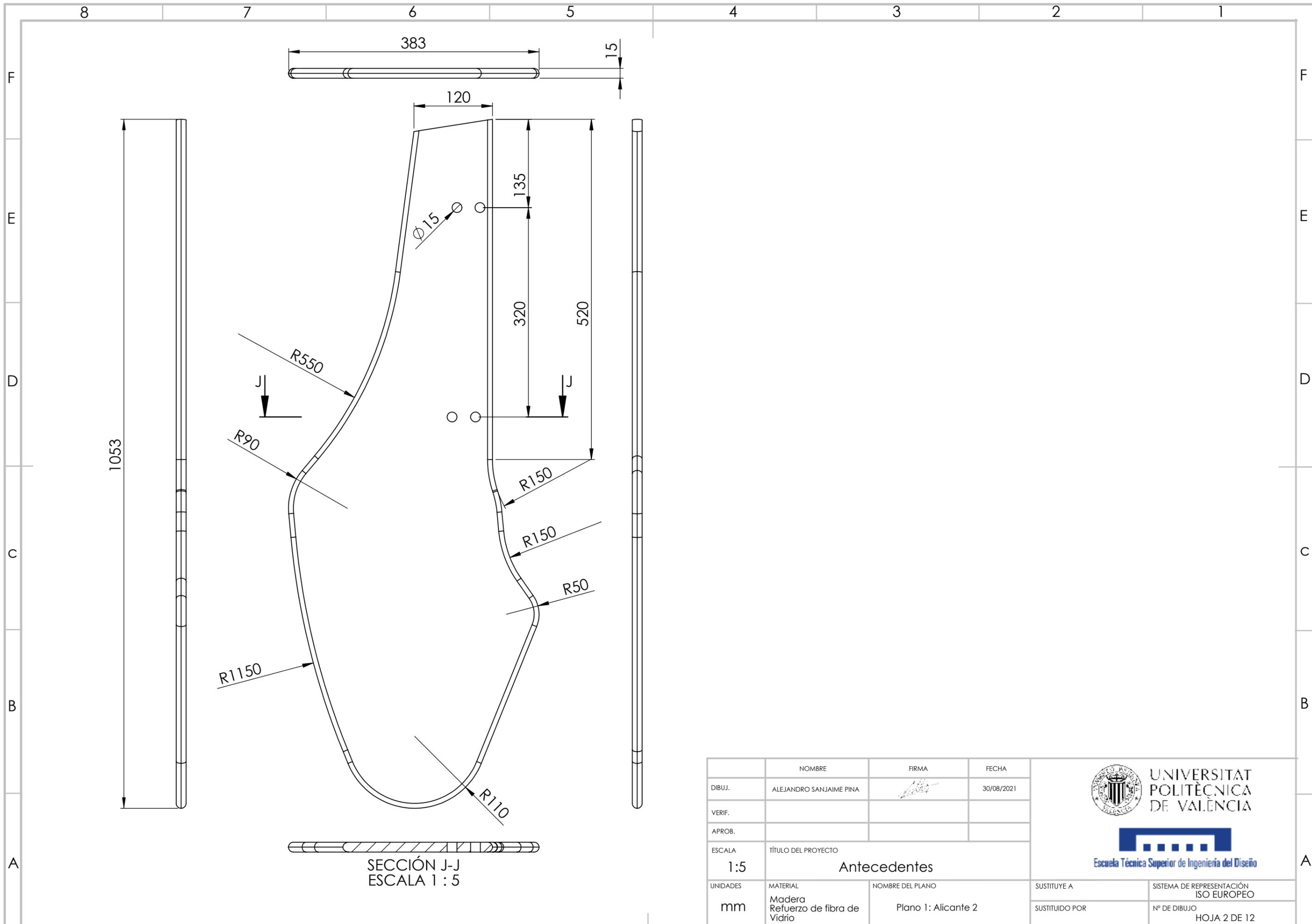
2. Planos



DETALLE I
ESCALA 1 : 2

SECCIÓN H-H
ESCALA 1 : 5

	NOMBRE	FIRMA	FECHA	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño	
DIBUJ.	ALEJANDRO SANJAIME PINA		30/08/2021		
VERIF.					
APROB.					
ESCALA	TÍTULO DEL PROYECTO			SUSTITUYE A SISTEMA DE REPRESENTACIÓN ISO EUROPEO	
1:5	Antecedentes				
UNIDADES	MATERIAL	NOMBRE DEL PLANO		SUSTITUIDO POR Nº DE DIBUJO HOJA 1 DE 12	
mm	Madera Refuerzo de fibra de Carbono	Plano 1: Alicante 1			



SECCIÓN J-J
ESCALA 1 : 5

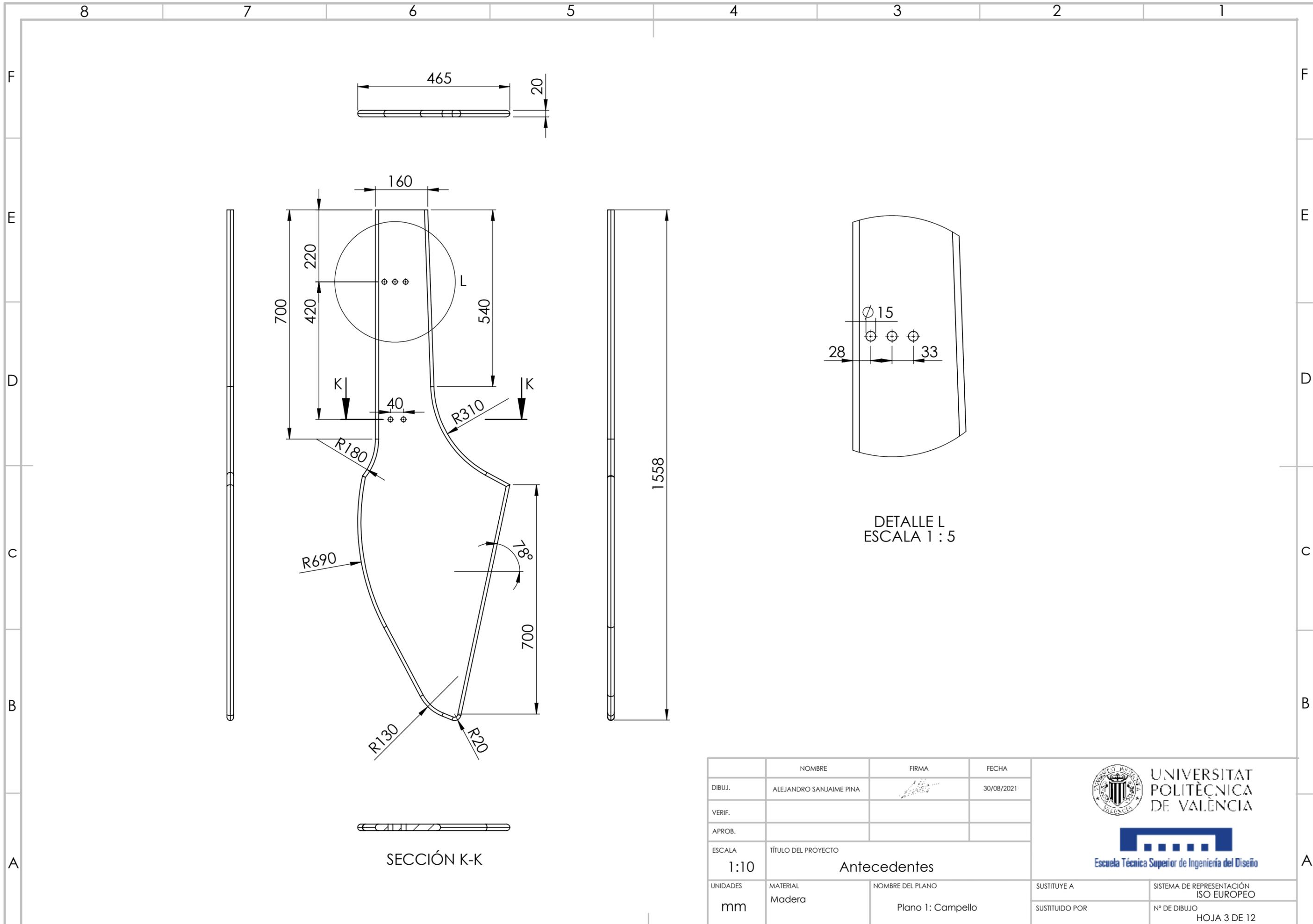
	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	ALEJANDRO SANJAIME PINA		30/08/2021
VERIF.			
APROB.			
ESCALA	TÍTULO DEL PROYECTO		
1:5	Antecedentes		
UNIDADES	MATERIAL	NOMBRE DEL PLANO	
mm	Madera Refuerzo de fibra de Vidrio	Plano 1: Alicante 2	



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



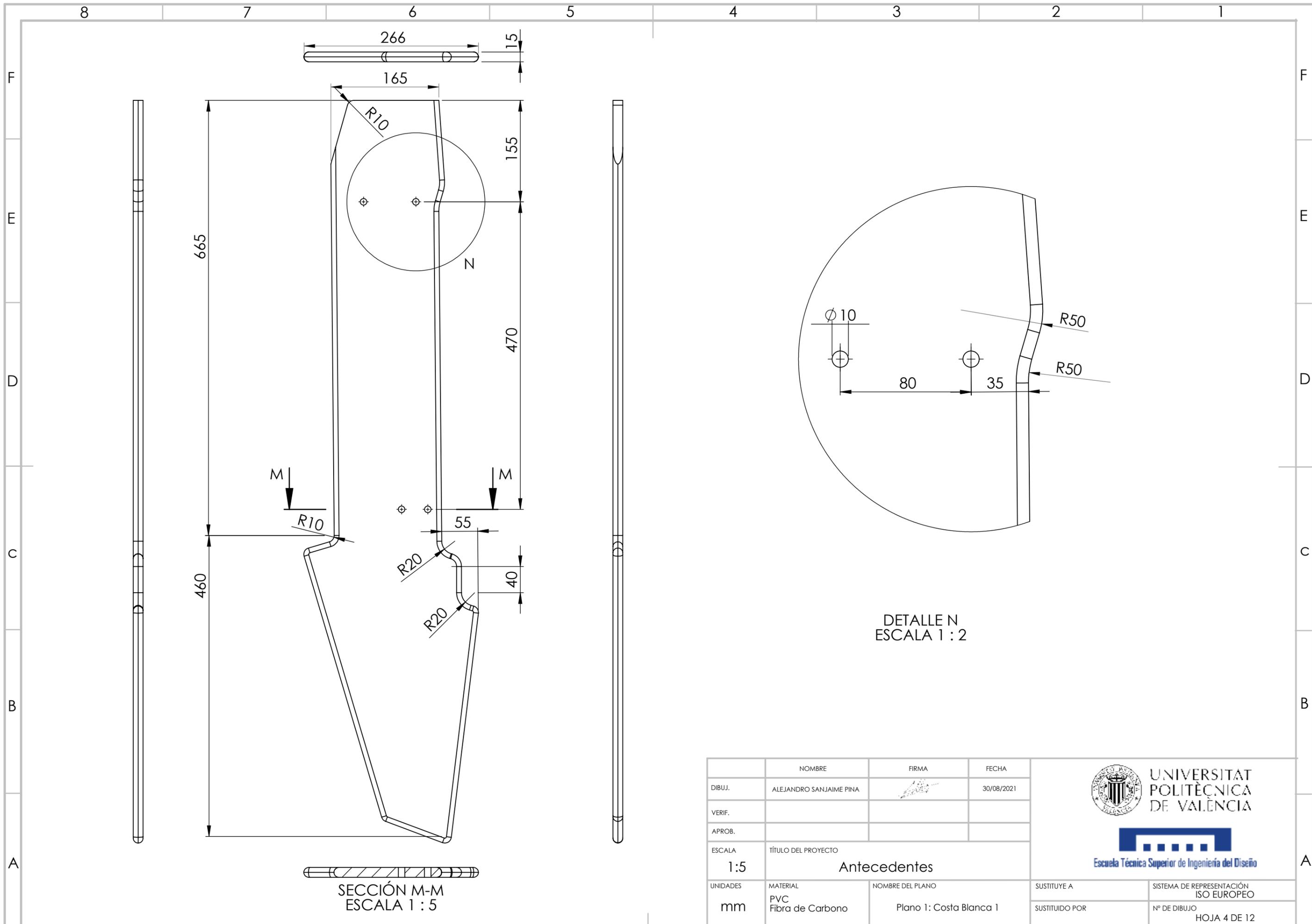
SUSTITUYE A	SISTEMA DE REPRESENTACIÓN ISO EUROPEO
SUSTITUIDO POR	Nº DE DIBUJO HOJA 2 DE 12



SECCIÓN K-K

DETALLE L
ESCALA 1 : 5

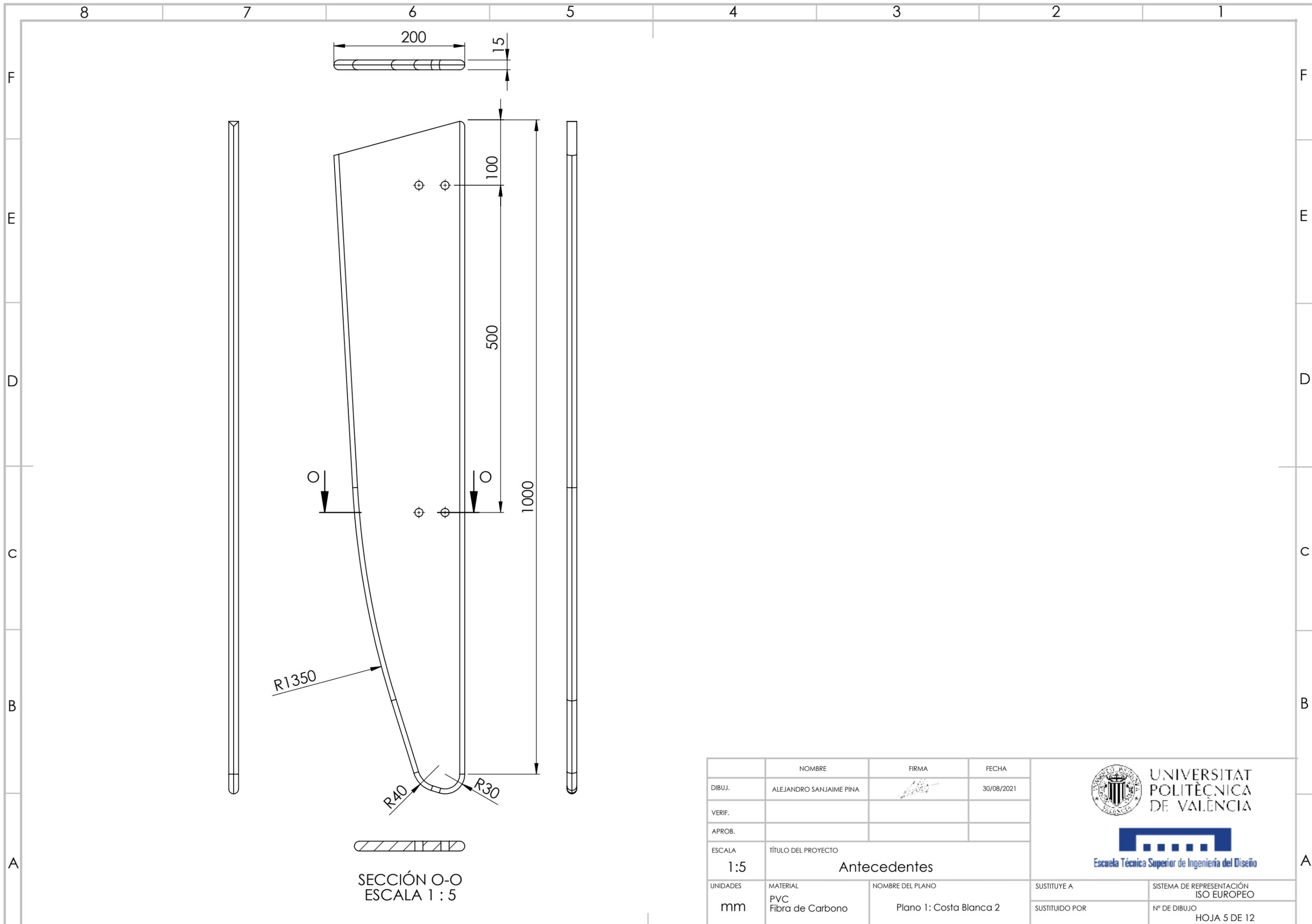
	NOMBRE	FIRMA	FECHA	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño	
DIBUJ.	ALEJANDRO SANJAIME PINA		30/08/2021		
VERIF.					
APROB.					
ESCALA	TÍTULO DEL PROYECTO			SUSTITUYE A SUSTITUIDO POR	
1:10	Antecedentes				
UNIDADES	MATERIAL	NOMBRE DEL PLANO		SISTEMA DE REPRESENTACIÓN	
mm	Madera	Plano 1: Campello		ISO EUROPEO	
				Nº DE DIBUJO	
				HOJA 3 DE 12	



DETALLE N
ESCALA 1 : 2

SECCIÓN M-M
ESCALA 1 : 5

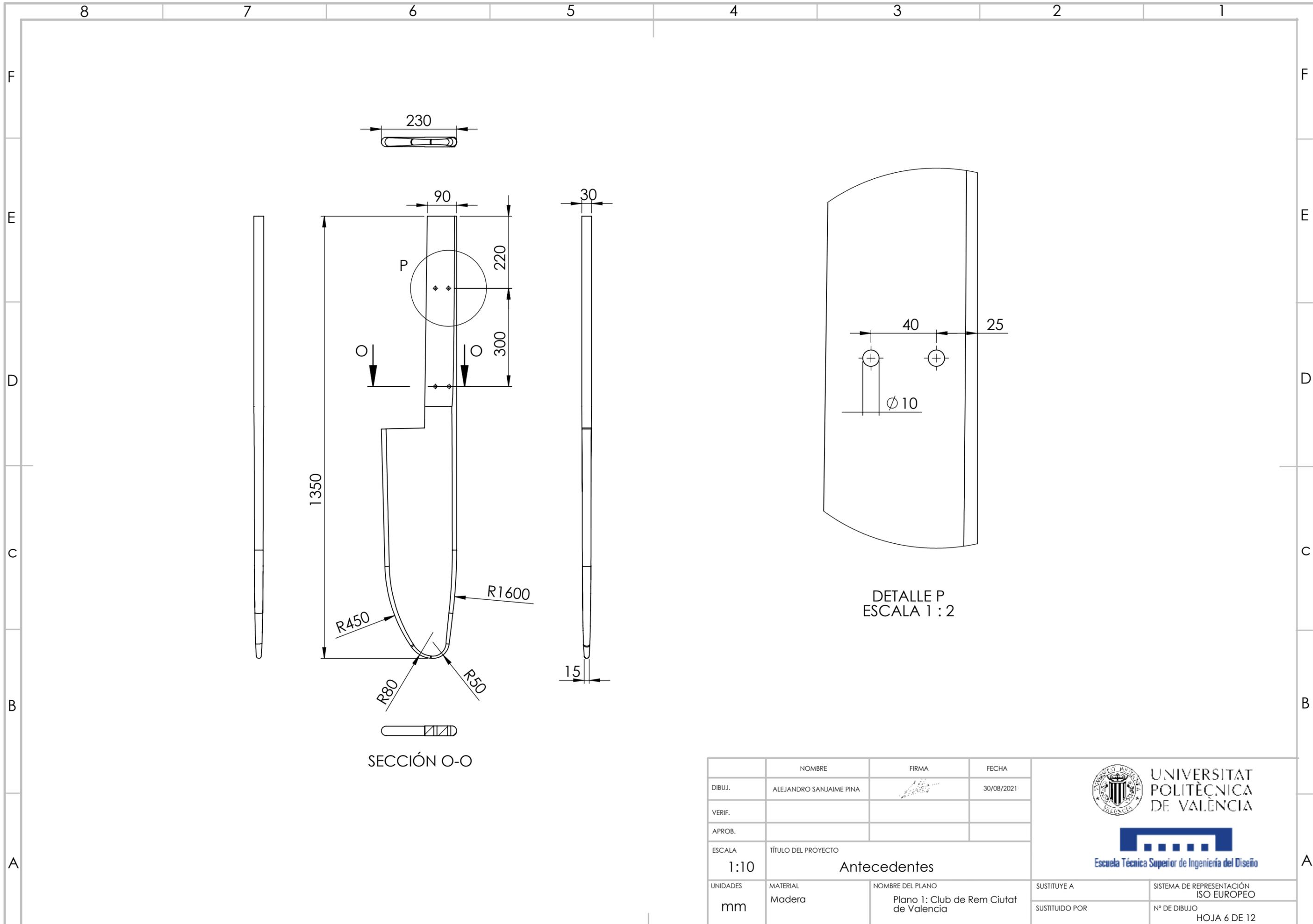
	NOMBRE	FIRMA	FECHA	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño	
DIBUJ.	ALEJANDRO SANJAIME PINA		30/08/2021		
VERIF.					
APROB.					
ESCALA	TÍTULO DEL PROYECTO			SUSTITUYE A SUSTITUIDO POR	
1:5	Antecedentes				
UNIDADES	MATERIAL	NOMBRE DEL PLANO		SISTEMA DE REPRESENTACIÓN	
mm	PVC Fibra de Carbono	Plano 1: Costa Blanca 1		ISO EUROPEO	
				Nº DE DIBUJO	
				HOJA 4 DE 12	



	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	ALEJANDRO SANJAIME PINA		30/08/2021
VERIF.			
APROB.			
ESCALA	TÍTULO DEL PROYECTO		
1:5	Antecedentes		
UNIDADES	MATERIAL	NOMBRE DEL PLANO	
mm	PVC Fibra de Carbono	Plano 1: Costa Blanca 2	



SUSTITUYE A	SISTEMA DE REPRESENTACIÓN
SUSTITUIDO POR	ISO EUROPEO
	Nº DE DIBUJO
	HOJA 5 DE 12

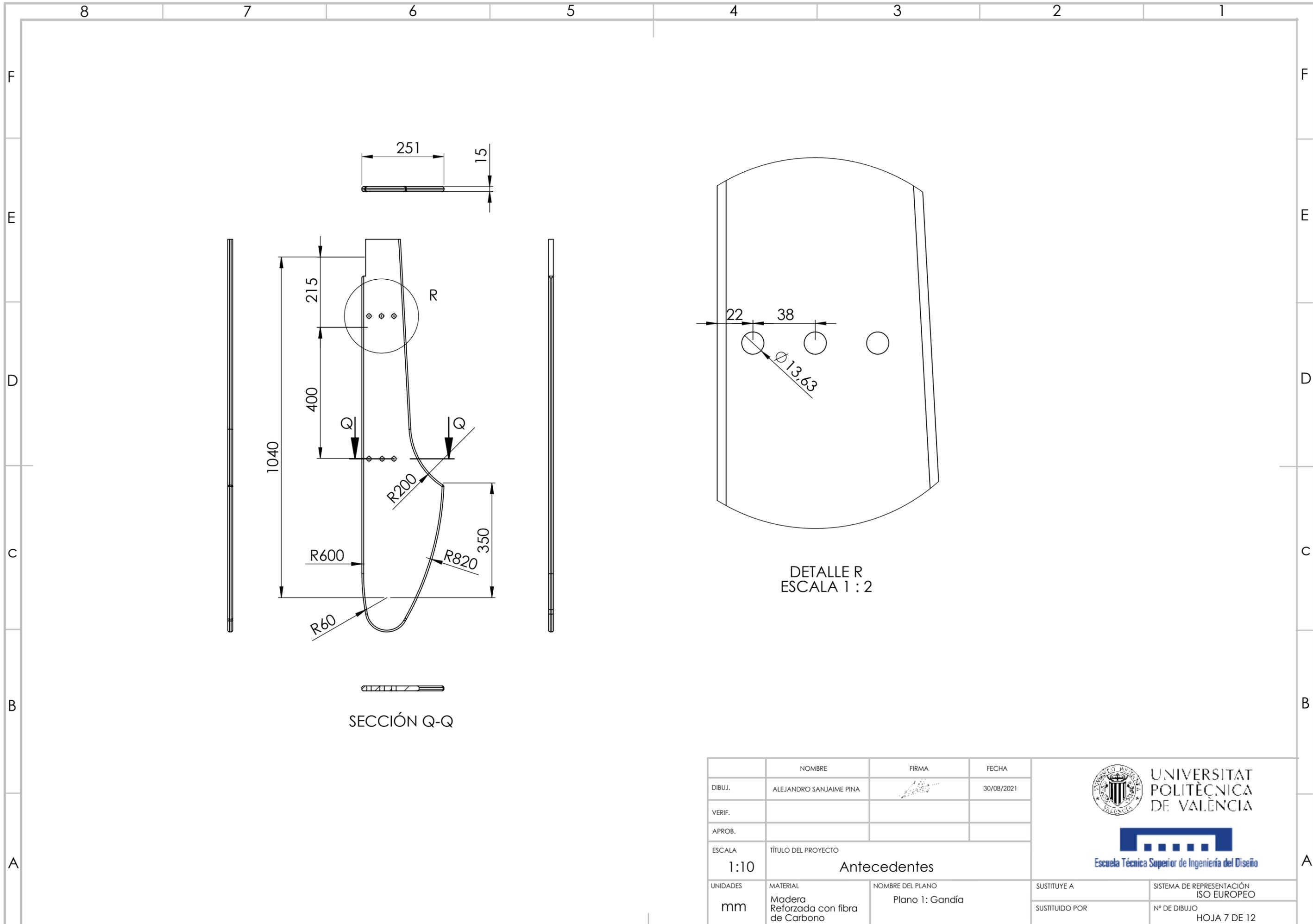


DETALLE P
ESCALA 1 : 2

SECCIÓN O-O

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	ALEJANDRO SANJAIME PINA		30/08/2021
VERIF.			
APROB.			
ESCALA	TÍTULO DEL PROYECTO		
1:10	Antecedentes		
UNIDADES	MATERIAL	NOMBRE DEL PLANO	
mm	Madera	Plano 1: Club de Rem Ciutat de Valencia	
	SUSTITUYE A	SISTEMA DE REPRESENTACIÓN	
	SUSTITUIDO POR	ISO EUROPEO	
		Nº DE DIBUJO	
		HOJA 6 DE 12	





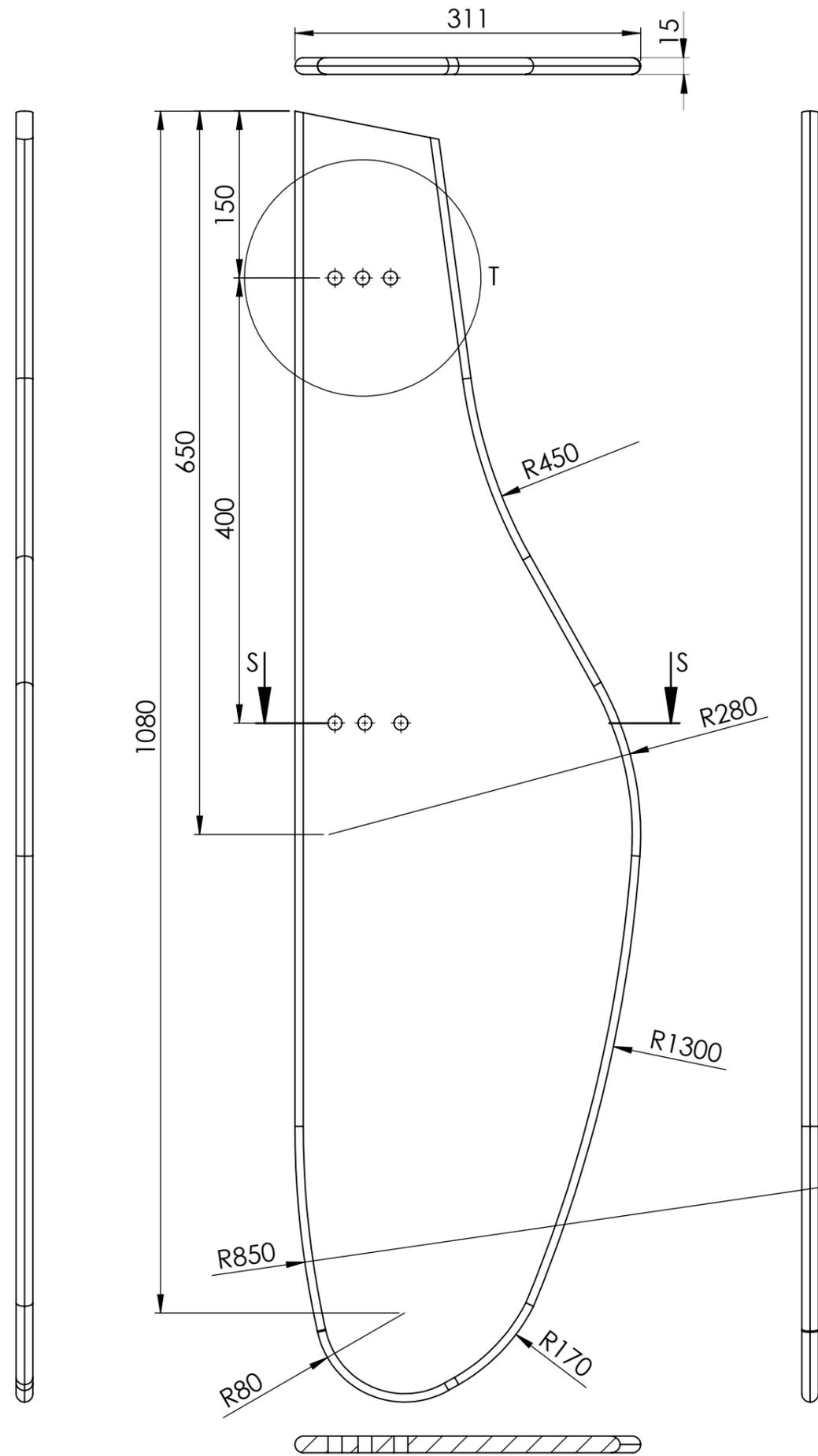
SECCIÓN Q-Q

DETALLE R
ESCALA 1 : 2

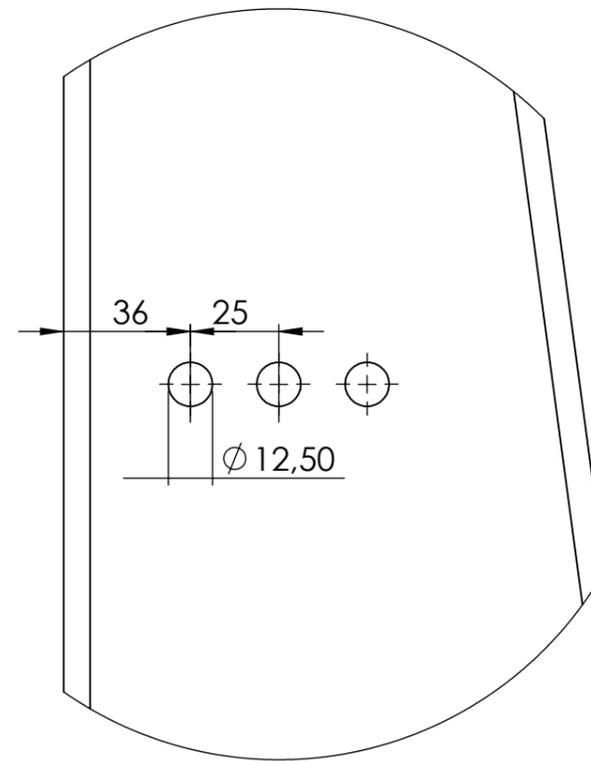
	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	ALEJANDRO SANJAIME PINA		30/08/2021
VERIF.			
APROB.			
ESCALA	TÍTULO DEL PROYECTO		
1:10	Antecedentes		
UNIDADES	MATERIAL	NOMBRE DEL PLANO	
mm	Madera Reforzada con fibra de Carbono	Plano 1: Gandía	



SUSTITUYE A	SISTEMA DE REPRESENTACIÓN ISO EUROPEO
SUSTITUIDO POR	Nº DE DIBUJO HOJA 7 DE 12

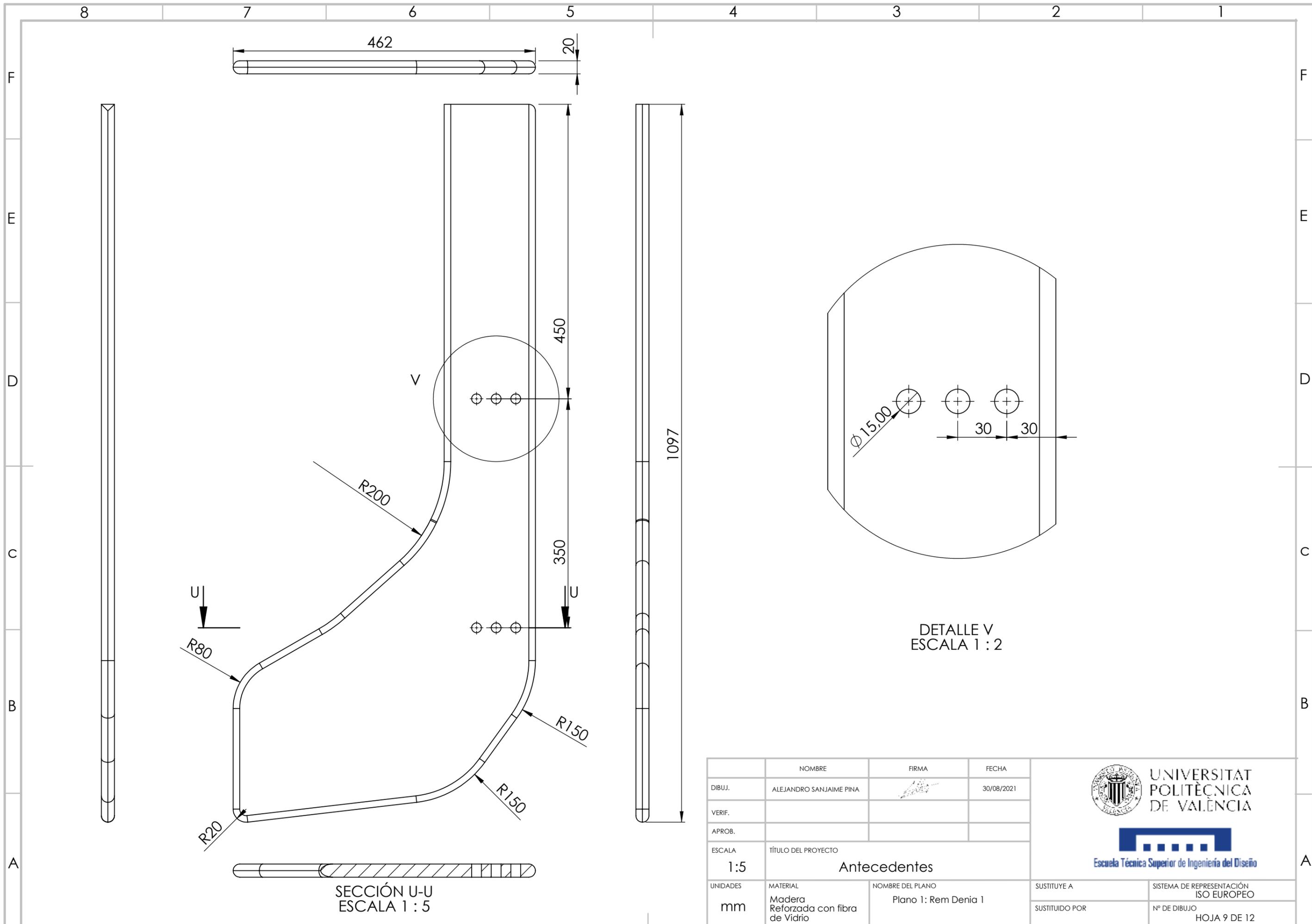


SECCIÓN S-S
ESCALA 1 : 5



DETALLE T
ESCALA 1 : 2

	NOMBRE	FIRMA	FECHA	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño	
DIBUJ.	ALEJANDRO SANJAIME PINA		30/08/2021		
VERIF.					
APROB.					
ESCALA	TÍTULO DEL PROYECTO			SUSTITUYE A SUSTITUIDO POR	
1:5	Antecedentes				
UNIDADES	MATERIAL	NOMBRE DEL PLANO		SISTEMA DE REPRESENTACIÓN	
mm	Madera Reforzada con fibra de Carbono	Plano 1: Náutico de Valencia		ISO EUROPEO	
				Nº DE DIBUJO	
				HOJA 8 DE 12	



U ↓

R80

SECCIÓN U-U
ESCALA 1 : 5

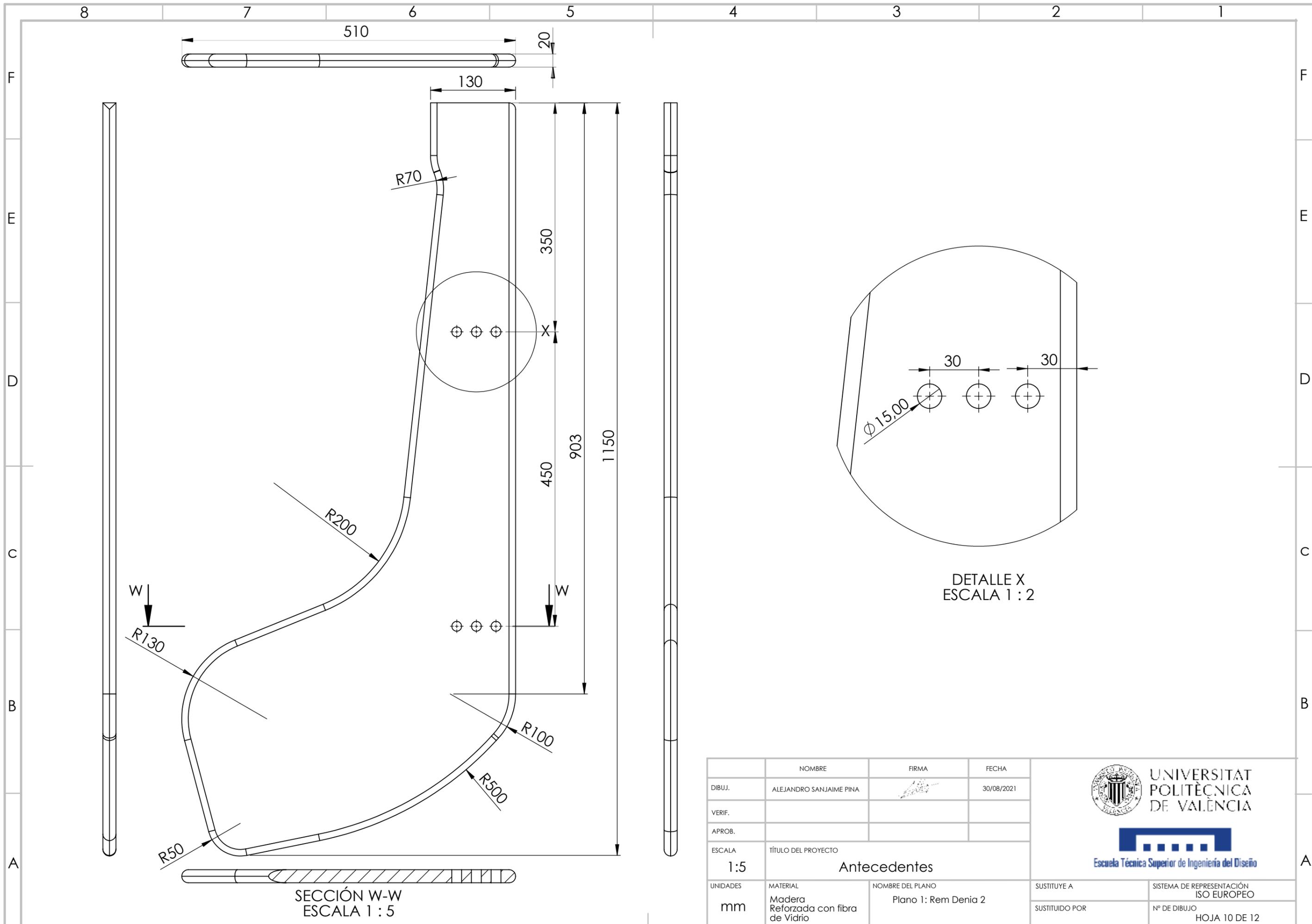
V

R200

DETALLE V
ESCALA 1 : 2

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	ALEJANDRO SANJAIME PINA		30/08/2021
VERIF.			
APROB.			
ESCALA	TÍTULO DEL PROYECTO		
1:5	Antecedentes		
UNIDADES	MATERIAL	NOMBRE DEL PLANO	
mm	Madera Reforzada con fibra de Vidrio	Plano 1: Rem Denia 1	
	SUSTITUYE A	SISTEMA DE REPRESENTACIÓN	
	SUSTITUIDO POR	ISO EUROPEO	
		Nº DE DIBUJO	
		HOJA 9 DE 12	

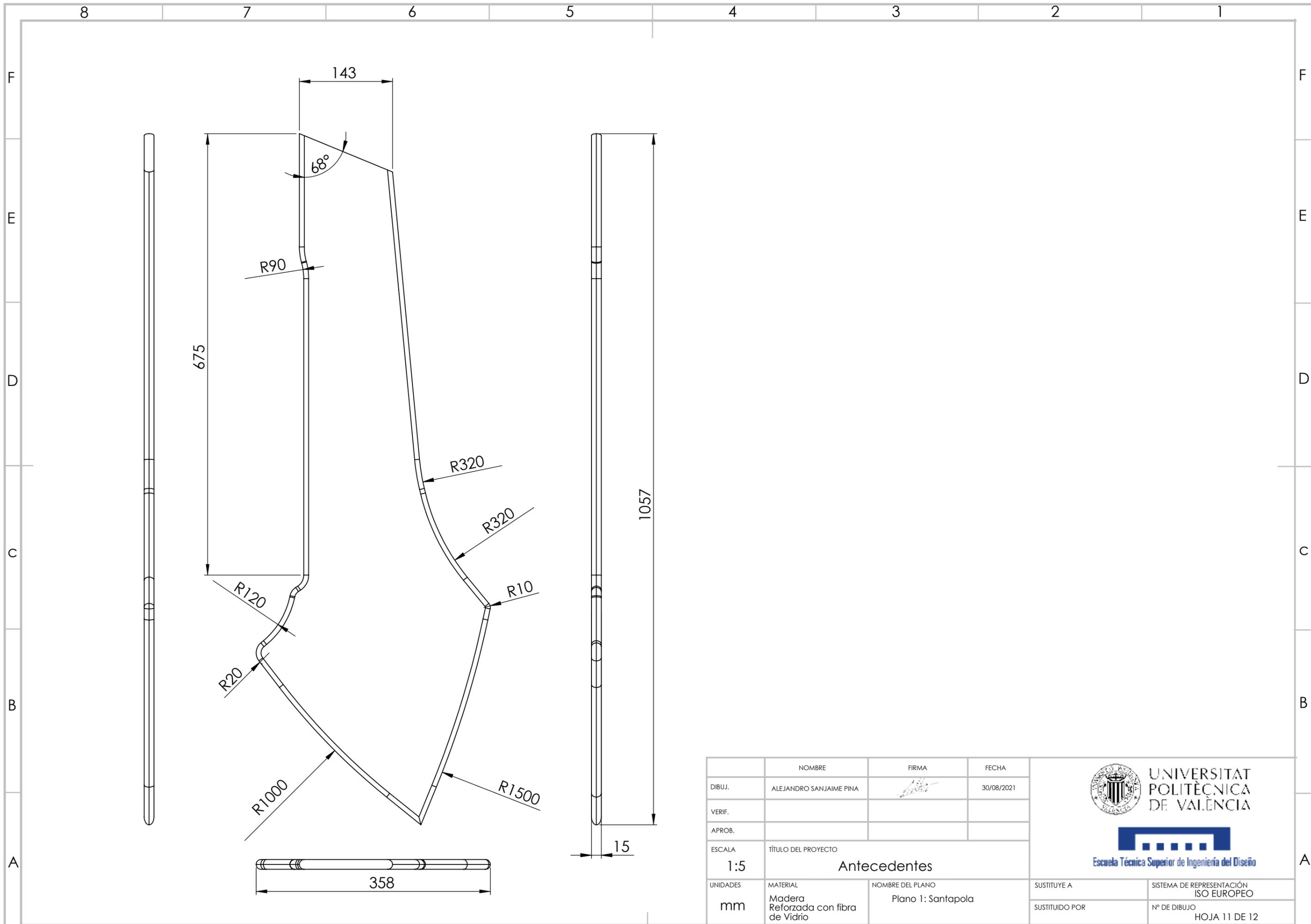




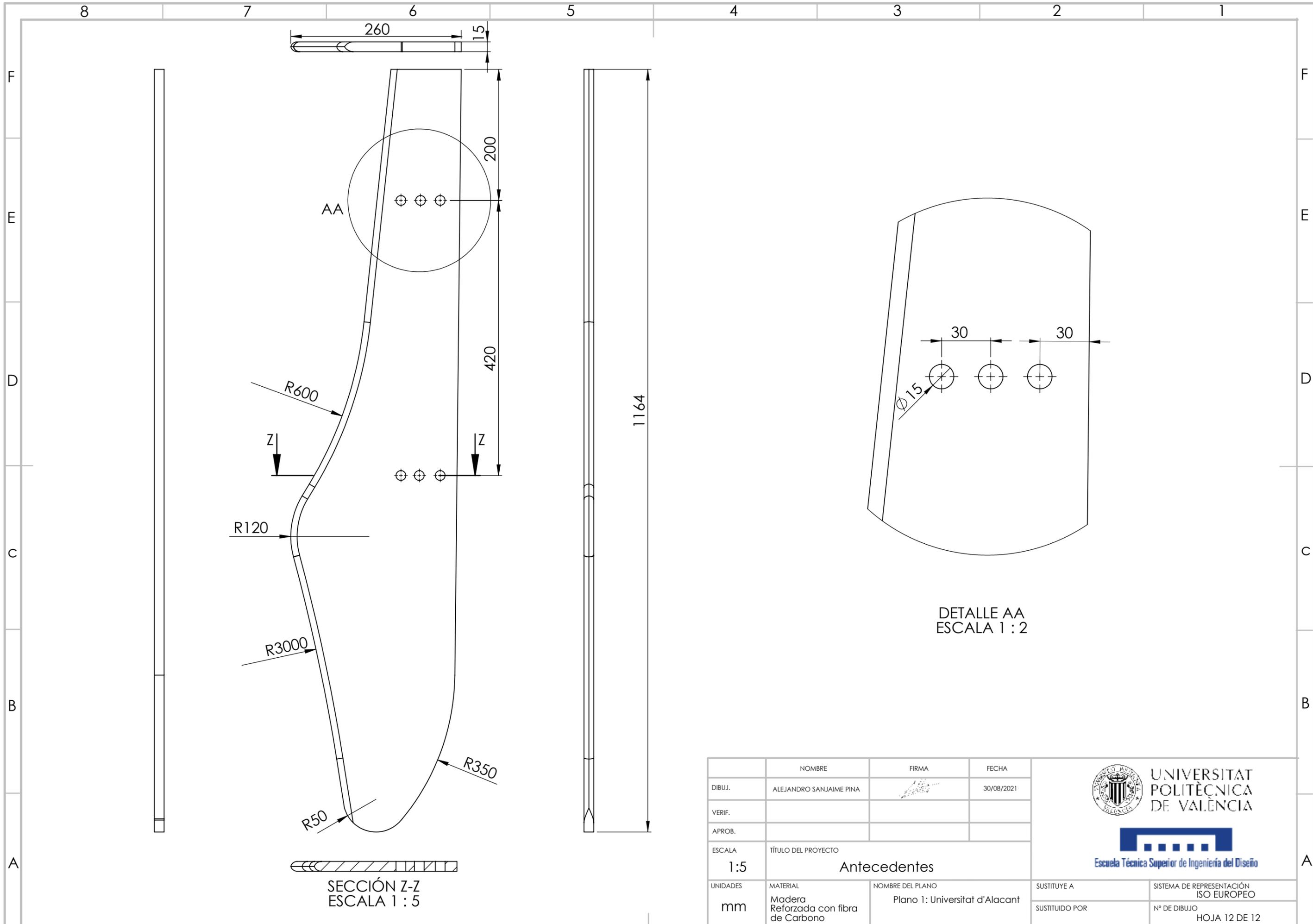
SECCIÓN W-W
ESCALA 1 : 5

DETALLE X
ESCALA 1 : 2

	NOMBRE	FIRMA	FECHA	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño	
DIBUJ.	ALEJANDRO SANJAIME PINA		30/08/2021		
VERIF.					
APROB.					
ESCALA	TÍTULO DEL PROYECTO			 Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño	
1:5	Antecedentes				
UNIDADES	MATERIAL	NOMBRE DEL PLANO		SUSTITUYE A	SISTEMA DE REPRESENTACIÓN
mm	Madera Reforzada con fibra de Vidrio	Plano 1: Rem Denia 2		SUSTITUIDO POR	ISO EUROPEO
					Nº DE DIBUJO
					HOJA 10 DE 12



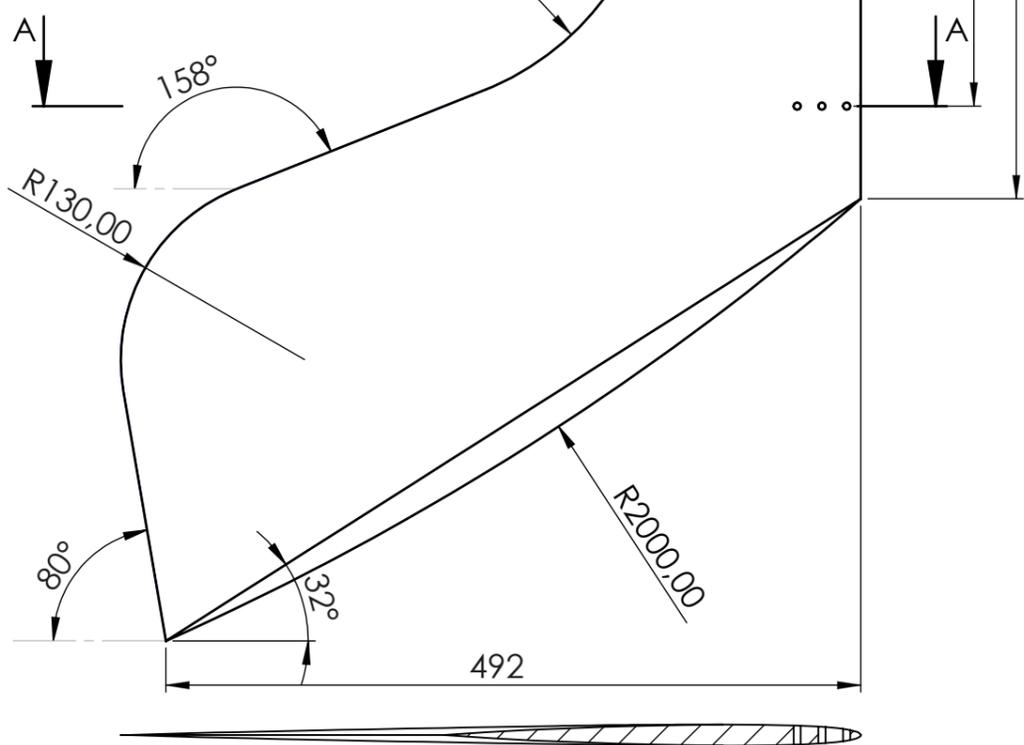
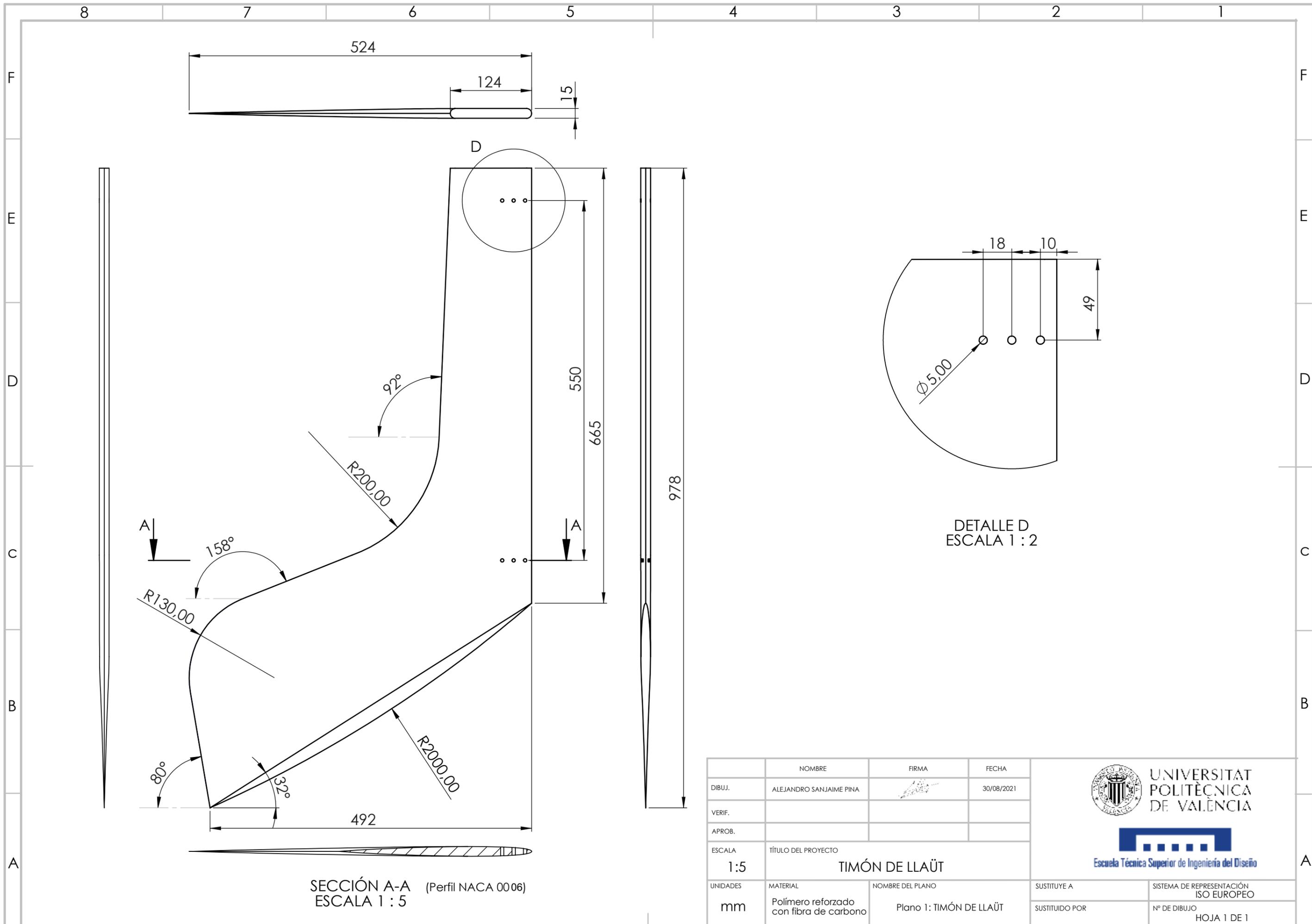
	NOMBRE	FIRMA	FECHA	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño	
DIBUJ.	ALEJANDRO SANJAIME PINA		30/08/2021		
VERIF.					
APROB.					
ESCALA	TÍTULO DEL PROYECTO			SUSTITUYE A SUSTITUIDO POR	
1:5	Antecedentes				
UNIDADES	MATERIAL	NOMBRE DEL PLANO		SISTEMA DE REPRESENTACIÓN	
mm	Madera Reforzada con fibra de Vidrio	Plano 1: Santapola		ISO EUROPEO	
				Nº DE DIBUJO	
				HOJA 11 DE 12	



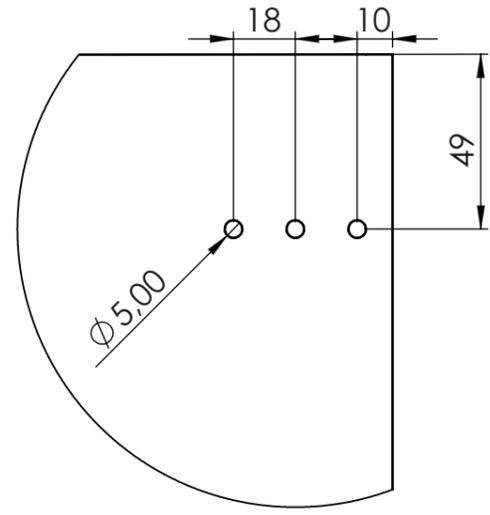
SECCIÓN Z-Z
ESCALA 1 : 5

DETALLE AA
ESCALA 1 : 2

	NOMBRE	FIRMA	FECHA	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño	
DIBUJ.	ALEJANDRO SANJAIME PINA		30/08/2021		
VERIF.					
APROB.					
ESCALA	TÍTULO DEL PROYECTO			SUSTITUYE A SUSTITUIDO POR	
1:5	Antecedentes				
UNIDADES	MATERIAL	NOMBRE DEL PLANO		SISTEMA DE REPRESENTACIÓN	
mm	Madera Reforzada con fibra de Carbono	Plano 1: Universitat d'Alacant		ISO EUROPEO	
				Nº DE DIBUJO	
				HOJA 12 DE 12	



SECCIÓN A-A (Perfil NACA 0006)
ESCALA 1 : 5



DETALLE D
ESCALA 1 : 2

	NOMBRE	FIRMA	FECHA	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño	
DIBUJ.	ALEJANDRO SANJAIME PINA		30/08/2021		
VERIF.					
APROB.					
ESCALA	TÍTULO DEL PROYECTO			SUSTITUYE A SUSTITUIDO POR	
1:5	TIMÓN DE LLAÜT				
UNIDADES	MATERIAL	NOMBRE DEL PLANO		SISTEMA DE REPRESENTACIÓN	
mm	Polímero reforzado con fibra de carbono	Plano 1: TIMÓN DE LLAÜT		ISO EUROPEO	
				Nº DE DIBUJO	
				HOJA 1 DE 1	

3. Pliego de condiciones

3.1 Objeto y alcance del pliego

El objetivo del pliego de condiciones será definir los aspectos técnicos que se han tenido presentes durante el proyecto, y en concreto en el diseño del nuevo timón. Se definirán los materiales utilizados especificando algunas de sus características y el proceso de fabricación recomendado para cada parte que conforma la pala del timón.

Dado que el proceso de diseño se ha centrado exclusivamente en la optimización de la pala del timón, no se especificará el material y fabricación de las sujeciones o la caña que se pueda utilizar en el timón.

Por lo que a la normativa respecta, se especificará nuevamente aquellas normas que se contemplan durante el desarrollo del proyecto.

En caso de incongruencia documental, prevalecerá lo que ponga en los planos.

3.2 Normativa

En la normativa del pliego de condiciones, se contemplarán los aspectos legales que puedan afectar al proyecto, desde el diseño conceptual hasta los planos técnicos y materiales utilizados en su desarrollo.

Conceptualización

Con la existencia de una gran variedad de embarcaciones, viene con ella la diversa Tipología de timones para cada embarcación. La norma ISO 12215-8:2009 nos permite clasificar el tipo de timón utilizado en el llaüt in muestra unas pautas en el cálculo de sus dimensiones y de fuerzas incidentes.

- Pequeñas embarcaciones. Construcción de cascos y escantillones. Parte 8: Timones. ISO 12215-8:2009, incluyendo Cor 1:2010.[3]

La federación de remo de la Comunidad Valenciana pone este reglamento a disposición pública. En él se encuentra el artículo 28- Características de los llaüts mediterráneos, donde nombra la relación de posicionamiento del timón respecto al llaüt.

- Reglamento de Regatas de Llaüt Mediterráneo FRCV - OCTUBRE 2011– Artículo 28º. Características de los llaüts mediterráneos.[2]

Planos

- Dibujos técnicos. Métodos de proyección. Parte 2: Representaciones ortográficas. ISO 5456-2:1996.[10]
- Documentación técnica de producto. Formatos y presentación de los elementos gráficos de las hojas de dibujo. ISO 5457:1999.[11]

Materiales

- Plásticos. Compuestos epoxídicos. Determinación del equivalente epoxídico. ISO 3001:1999.[12]
- Plásticos. Resinas epoxídicas y de poliéster insaturado. Determinación de la contracción de volumen global. ISO 3521:1997. [13]

3.3 Especificaciones técnicas

Se especificarán los diferentes materiales, así como sus características, para la producción del timón, con una estructura tipo sándwich.

3.3.1 Características de los materiales y condiciones de suministros

Espuma de PVC H60

Composición química: Policloruro de vinilo.

Propiedades físicas y comportamientos:

- Baja absorción de agua.
- Alta tolerancia al daño.
- Fácil y rápido de procesar.
- Buena resistencia química.
- Excelentes propiedades de fatiga.
- Baja captación de resina.
- Proporciona excelentes propiedades mecánicas con relación al peso.
- Densidad de 60 kg/m^3 .
- Buen aislamiento termoacústico.
- Compatible con prácticamente todos los sistemas de resina y fabricación.
- Variación de la densidad ± 10 .

Este material será utilizado como alma del timón, para ofrecerle el espesor deseado ya que presenta características apropiadas para ello. Es un material utilizado en las estructuras sándwich, en sectores naval, transporte, energía eólica, ingeniería o industria en general.

[14]

A continuación, se adjunta la ficha técnica del material.

Núcleo de alto rendimiento para estructuras sandwich

Divinycell H proporciona excelentes propiedades mecánicas con un peso reducido. La singular estructura química IPN produce un impresionante rendimiento mecánico con bajo peso. Divinycell H es ampliamente usado en prácticamente todas las áreas de aplicación donde se emplean estructuras sandwich, como en el naval (militar, comercial y de ocio), transporte de tierra, energía eólica, ingeniería/estructuras civiles o en sectores de industria general.

Divinycell H es ideal para aplicaciones sujetas a fatiga, pantocazos o cargas de impacto. Otras características clave de Divinycell H incluyen una consistente alta calidad, excelente resistencia de adhesión y pelado, excelente resistencia química, baja absorción de agua y buen aislamiento termo-acústico. Divinycell H es compatible con prácticamente todos los sistemas comunes de resina y fabricación.

Características del producto

- Baja absorción de agua
- Alta tolerancia al daño
- Fácil y rápido de procesar
- Buena resistencia química
- Excelentes propiedades de fatiga
- Baja captación de resina
- Amplio rango de características
- Proporciona excelentes propiedades mecánicas en relación al peso

Propiedades Mecánicas de Divinycell® H

Propiedad	Test	Ud		H35	H45	H60	H80	H100	H130	H160	H200	H250
Resistencia a la compresión ¹	ASTM D 1621	MPa	Nominal	0.5	0.6	0.9	1.4	2.0	3.0	3.4	5.4	7.2
			Mínimo	0.3	0.5	0.7	1.15	1.65	2.4	2.8	4.5	6.1
Módulo de compresión ¹	ASTM D1621-B-73	MPa	Nominal	40	50	70	90	135	170	200	310	400
			Mínimo	29	45	60	80	115	145	175	265	350
Resistencia a la tracción ¹	ASTM D 1623	MPa	Nominal	1.0	1.4	1.8	2.5	3.5	4.8	5.4	7.1	9.2
			Mínimo	0.8	1.1	1.5	2.2	2.5	3.5	4.0	6.3	8.0
Módulo de tracción ¹	ASTM D 1623	MPa	Nominal	49	55	75	95	130	175	205	250	320
			Mínimo	37	45	57	85	105	135	160	210	260
Resistencia a cortadura	ASTM C 273	MPa	Nominal	0.4	0.56	0.76	1.15	1.6	2.2	2.6	3.5	4.5
			Mínimo	0.3	0.46	0.63	0.95	1.4	1.9	2.2	3.2	3.9
Módulos de cortadura	ASTM C 273	MPa	Nominal	12	15	20	27	35	50	60	73	97
			Mínimo	9	12	16	23	28	40	50	65	81
Alargamiento de cortadura	ASTM C 273	%	Nominal	9	12	20	30	40	40	40	45	45
Densidad	ISO 845	kg/m ³	Nominal	38	48	60	80	100	130	160	200	250

Valores medidos a +23°C

1. Propiedades medidas perpendiculares al plano

Valor Nominal es un valor medio de las propiedades mecánicas a una densidad nominal.

Valor Mínimo es una propiedad mecánica garantizada mínima de un material independientemente de la densidad

Divinycell H está homologado por:



Características Técnicas

Características Técnicas de Divynycell® H

Características ¹	Ud	H35	H45	H60	H80	H100	H130	H160	H200	H250	Tipo de test
Variación de la densidad	%	-10%/+20%	± 10	± 10	± 10	± 10	± 10	± 10	± 10	± 10	-
Conductividad térmica ²	W/(m-K)	0.028	0.028	0.029	0.031	0.033	0.036	0.040	0.044	0.049	EN 12667
Coef. dilatación térmica lineal	x10 ⁻⁶ /°C	40	40	40	40	40	40	40	40	40	ISO 4897
Temp de distorsión por calor	°C	+125	+125	+125	+125	+125	+125	+125	+125	+125	DIN 53424
Rango de temp continua	°C	-200/+70	-200/+70	-200/+70	-200/+70	-200/+70	-200/+70	-200/+70	-200/+70	-200/+70	-
Temp máx de proceso	°C	+90	+90	+90	+90	+110	+110	+110	+110	+110	-
Factor de disipación	-	0.0001	0.0002	0.0003	0.0005	0.0006	0.0009	0.0012	0.0015	0.0019	ASTM D 2520
Constante dieléctrica	-	1.04	1.05	1.06	1.09	1.11	1.15	1.18	1.23	1.29	ASTM D 2520
Coef de Poisson ³	-	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	D638-08

1. Valores típicos
2. Conductividad térmica a +20°C
3. Desviación estándar es 0.045

La temperatura de trabajo continua es normalmente de -200°C a +70°C. La espuma puede ser usada en estructuras sandwich para la exposición al aire libre, con temperaturas externas hasta +85°C. Para el diseño óptimo de las aplicaciones utilizadas a altas temperaturas de proceso junto con carga continua, por favor contactar con Diab Servicios Técnicos para instrucciones de diseño más detalladas.

La temperatura máxima de procesamiento depende del tiempo, la presión y las condiciones del proceso. Por lo tanto, se aconseja a los usuarios ponerse en contacto con Diab Servicios Técnicos para confirmar que Divynycell H es compatible con sus parámetros particulares de procesamiento.

Características Físicas

Forma		Ud	H35	H45	H60	H80	H100	H130	H160	H200	H250
Planchas lisas	Largo	mm	2650	2440	2440	2440	2160	1960	1860	1730	1640
	Ancho	mm	1250	1220	1220	1220	1070	970	915	850	800
Plancha GS	Largo	mm	1250	1220	1220	1220	1080	980	930	865	-
	Ancho	mm	883	813	813	813	1070	970	915	850	-
Plancha GS	Largo	mm	1250	1220	1220	1220	-	-	-	-	-
	Ancho	mm	1250	1220	1220	1220	-	-	-	-	-

Advertencia Legal:

Esta hoja puede estar sujeta a revisiones y cambios debido al desarrollo o cambios del material. Los datos se derivan de los test realizados y la experiencia. Si no se indican como valores mínimos, los datos son datos medios y deben ser tratados como tal. Los cálculos deben ser verificados por test reales. Los datos se proporcionan sin ninguna responsabilidad para la empresa y no constituyen una garantía o representación del material o su uso. La empresa se reserva el derecho de editar nuevas hojas de datos en sustitución de las actuales.

Todo el contenido de esta publicación está protegido por las leyes internacionales de copyright. Copyright © Diab julio 2017.

Emisión: Julio 2017 Doc No: H Jul 2017 rev17 ES

Diab Group
 Box 201
 312 22 Laholm, Suecia
 Teléfono: +46 (0)430 163 00
 E-mail: info@se.diabgroup.com



Tejido de carbono C-WEAVE™ 280SA5 T800HB 6K 40B

Composición química: Carbono.

Propiedades físicas y comportamientos:

- Tejido tipo satén.
- Espesor: 0.2 mm
- Aplicaciones de alta resistencia mecánica.
- Peso: $280\text{g}/\text{m}^2$.
- Hilo 6k, 6000 filamentos por hebra de hilo.
- Filamentos de 5 micrones de diámetro.
- Densidad: $1810\text{ kg}/\text{m}^3$.
- Gramaje del hilo: 223g/1000m.
- Hilo de carbono Toray T800 con Resistencia a Tracción 5.490 MPa y Módulo a Tracción 294 GPa.
- Resina recomendada: Únicamente epoxi.

Se escoge este material como refuerzo estructural par el timón ya que le otorga las características necesarias para soportar los esfuerzos estimados. El uso de este material es muy común en la industria aeroespacial y en la Fórmula 1 así como en sectores de ocio y deporte.

[15]

A continuación, se adjunta la ficha técnica del material.

C-WEAVE™ 280SA5 T800HB 6K 40B

N° FICHE TECHNIQUE : CW 066 Number of datasheet/Technische Daten Nummer	Date d'émission Issue date/Datumssendung	12.12.14
	Indice de révision Inspection Index Überholungszahl	01 du 21.04.15
Poids/Weight/Gewicht	280 g/m ² ± 3%	
Epaisseur indicative/Indicative Thickness/Indikative Dicke	mm	
COMPONENTS / Bauelemente		
CHAÎNE/Warp/Kette Matière/Substance/Stoff Poids/Weight/Gewicht	6,2 ends/cm ± 0,2 T800HB 6K 40B Carbone/Carbon	140 g/m ²
TRAME/Weft/Schuss Matière/Substance/Stoff Poids/Weight/Gewicht	6,2 picks/cm ± 0,2 T800HB 6K 40B Carbone/Carbon	140 g/m ²
ARMURE/Weave/Bindung	SATIN de 5 / 5 HARNESS SATIN	
AUTRES COMPOSANTS Other components/Andere Bauelemente		
OBSERVATIONS	Sample code : 225846	

Resina epoxi Resoltech 1050

Composición química: Poliepóxidos sin sustancias CMR

Propiedades físicas y comportamientos:

- Relación de mezcla en peso 100:35.
- 6 endurecedores disponibles.
- Baja viscosidad, variable dependiendo del endurecedor.
- Baja exotermia.
- Buena liberación del aire.
- La densidad puede variar entre 1.08 y 1.11 dependiendo del endurecedor.
- Máxima temperatura de transición vítrea entre 55° y 78° dependiendo del endurecedor.
- Se deben mezclar los dos componentes en la medida exacta.

La resina epoxi es el componente recomendado para la fabricación de materiales compuestos de altas prestaciones con fibras de refuerzo de carbono. Permite la fabricación de grandes piezas por contacto a mano, infusión y moldeo por inyección.

[16]

A continuación, se adjunta la ficha técnica del material.

resoltech 1050

Hardeners 1053S to 1059S

Structural lamination epoxy system



New hardeners salicylic acid free

- Adjustable pot life from 10min to 14hours
- Room temperature cure & mould release
- T_g up to 75°C
- Excellent wetting properties on all reinforcements
- For small to XXL size parts productions

INTRODUCTION

The 1050 epoxy laminating system is formulated to manufacture high performance lightweight structures with glass, carbon, aramid and basalt reinforcements with or without post-curing.

This latest generation system, **without CMR substances (including salicylic acid)** according to GHS criteria is optimized with a low exotherm, low viscosity and excellent air release properties. This epoxy system is also suitable for the manufacture of small to very large structures and composite parts by **wet lay-up, infusion, injection moulding or filament winding** while guaranteeing low toxicity working conditions to the users.

All hardeners mix with a 100/35 ratio and can be pre-blended together to precisely adjust the desired pot life. The 1050 resin + 1053S system is particularly recommended for infusion thanks to its low mixed viscosity (205mPa.s).

The 1050 resin is **available in a thixotropic version 1050T** for wet lay-up application in vertical or overhanging surfaces prone to resin dripping.

It is possible to **release the parts from the mould without post-curing**. To speed up demoulding a 40°C cure is possible and optimum thermo-mechanical properties of the laminate will be obtained after a 60°C post-curing cycle.

Laminates produced with the 1050 system will offer very good mechanical properties combined with **excellent fatigue resistance thanks to its exceptional wetting properties**, improving the composite interlaminar properties even on aramid reinforcements.

Its elongation at break in flexion up to 5% makes the 1050 system as a prime choice epoxy system for large structural laminates submitted to dynamic working efforts.

MIXING RATIO

The mixing ratio must be accurately followed. It is not possible to change the ratio, it would result in lower mechanical properties.
The mixture should be thoroughly stirred to ensure full homogeneity.

Systems	1050 / 1053S	1050 / 1054S	1050 / 1055S	1050 / 1056S	1050 / 1058S	1050 / 1059S
Mixing ratio by weight	100 / 35					
Mixing ratio by volume	100 / 42	100 / 42	100 / 42	100 / 41	100 / 41	100 / 39

APPLICATION

- The 1050 system can be applied by brush, roller, infused or injected. In case of laminating over a cured surface without peel ply, it is required to deglaze, clean and degrease the support prior to laminating.
- It is recommended to have workshop temperature conditions between 18-25°C in order to facilitate the mixing and the fibers reinforcement impregnation.
- On the contrary, a higher temperature will reduce the viscosity and the pot life of the mix.

PHYSICAL CHARACTERISTICS

1 Visual aspect

1050 :

Opalescent neutral liquid

1053S à 1059S :

Transparent to yellow liquid

Mélange :

Neutral to transparent yellow liquid

2 Density

References	1050	1053S	1054S	1055S	1056S	1058S	1059S
Density at 23°C	1.14	0.94	0.96	0.96	0.97	0.97	1.02
Mixed density at 23°C	-	1.08	1.09	1.09	1.10	1.10	1.11

ISO 1675, ± 0.05 tolerance

3 Viscosity

References	1050	1053S	1054S	1055S	1056S	1058S	1059S
Viscosity at 23°C (mPa.s)	1300	14	20	24	47	117	216
Mixed viscosity at 23°C (mPa.s)	-	251	268	274	332	545	595

ISO 12058.2, ± 15% tolerance

REACTIVITIES

All hardeners mix with a 100/35 ratio and can be pre-blended together to precisely adjust the desired pot life.

Systems	1050/1053S	1050/1054S	1050/1055S	1050/1056S	1050/1058S	1050/1059S
Gel time on 70mL at 23°C (4cm high mix)	14h	4h02min	2h37min	55min	27min	13min
Time at exothermic peak on 70 mL at 23°C	NA*	NA*	2h52min	57min	26min	14min
Temperature at exothermic peak on 70mL at 23°C	NA*	41°C	107°C	201°C	217°C	249°C
Gel time on 1mm thick film at 23°C	12h40min	8h30min	7h56min	4h51min	2h53min	1h55min

*measurements realized on Trombotech®

** measurements realized on rheometer

*NR : Non Applicable

CURING AND POST-CURING

In order to obtain the maximum thermo-mechanical properties, it is necessary to respect the recommended curing cycle. The table below shows the glass transition temperatures (DSC) according to different curing cycles.

Systems		1050/1053S	1050/1054S	1050/1055S	1050/1056S	1050/1058S	1050/1059S
14 days at 23°C	T _g	44°C	56°C	56°C	57°C	61°C	69°C
	Shore D Hardness	88	86	87	87	88	88
16h at 60°C	T _g	64°C	77°C	77°C	83°C	95°C	73°C
	Shore D Hardness	88	89	89	90	90	90

T_g measured by DSC, 10°C/min, inflection point
Hardness : ISO 868

MECHANICAL PROPERTIES

Systems		1050/1053S	1050/1054S	1050/1055S	1050/1056S	1050/1058S	1050/1059S
14 days at 23°C	FLEXION Modulus	3.17 GPa	3.46 GPa	3.48 GPa	3.44 GPa	3.50 GPa	3.52 GPa
	Maximum strength	81.5 MPa	91 MPa	94 MPa	89 MPa	82 MPa	116 MPa
	Elongation at yield	2.7%	2.9%	3%	2.8%	2.4%	5.3%
16h at 60°C	FLEXION Modulus	3.08 GPa	3.35 GPa	3.30 GPa	3.35GPa	3.36 GPa	3.17 GPa
	Maximum strength	97 MPa	111 MPa	107 MPa	116 MPa	129 MPa	122.4 MPa
	Elongation at yield	4.3%	8.5%	8.2%	7.7%	5.8%	6.5%

Measurements on pure resin according to the following standard : ISO 178

PACKAGING

- Pastic jerrycan kit of 1kg + 0.35kg
- Pastic jerrycan kit of 5kg + 1.75kg
- Pastic jerrycan kit of 28kg + 9.8kg
- Drum kit of 200kg + 3 x 23,33kg
- IBC kit of 1t + 2 drums of 175kg

TRANSPORT & STORAGE

Keep containers sealed and away from heat and cold preferably between 10°C and 30°C in a well ventilated area. Our products are guaranteed in their original packaging (check expiry date on the label).

HEALTH & SAFETY

Skin contact must be avoided by wearing protective nitrile gloves & overalls or other protective clothing.

Eye protection should be worn to avoid risk of resin, hardener, solvent or dust entering the eyes. If this occurs flush the eye with water for 15 minutes, holding the eyelid open, and seek medical attention.

Ensure adequate ventilation in work areas. Respiratory protection should be worn with ABEKP coded filters.

Resoltech issues full Material Safety Data Sheet for all hazardous products. Please ensure that you have the correct MSDS to hand for the materials you are using before commencing work.

! The data provided in this document is the result of tests and is believed to be accurate. We do not accept any responsibility over the mishandling of these products and our liability is limited strictly to the value of the products we manufacture and supply.



249, Avenue Gaston Imbert
13790 ROUSSET
FRANCE

Tel. : +33 (0)4 42 95 01 95
Fax : +33 (0)4 42 95 01 98
export@resoltech.com

3.3.2 Características técnicas de la fabricación y montaje

El timón, presentara una estructura tipo sándwich, es decir, el alma estará formado por una única pieza sustentadora de espuma de PVC, que dará espesor y forma. Esta, estará recubierta por un refuerzo de varias capas de tejido de fibra de carbono con una matriz de resina epoxi, que otorgará las propiedades mecánicas necesarias, para realizar correctamente su función.

Para su fabricación y con el objetivo de reducir el número de procesos en su desarrollo, ahorrando tiempo y costes de producción además de reducir la posibilidad de fallo en los procesos productivos y obtener una mayor integración de los componentes, se optará por mecanizar la pieza de espuma para obtener la forma deseada. Gracias a la elección de un núcleo de espuma podremos compactar ambos lados del revestimiento sin la necesidad de laminarlos por separado para co-pegarlos posteriormente, junto al alma.

[17]

Mecanizado

Partiremos de una plancha de espuma rígida de PVC H60. En este caso, el proveedor seleccionado Diab Group (www.diabgroup.com)[18], nos proporciona una plancha lisa de 2440mm de largo por 1220mm de ancho con 15mm de espesor.



Fig. 60. Espuma lisa de PVC 15mm de espesor.[14]

Para la fabricación del timón precisaremos de una plancha de 1050mm de largo por 600mm de ancho aproximadamente, por lo que utilizando una máquina de hilo caliente o con cualquier otro elemento que proporcione un corte recto y preciso, obtendremos la plancha con las nuevas dimensiones a partir de la plancha original.

Se colocará la plancha en la máquina CNC y se procederá al mecanizado del modelo diseñado, que previamente habremos colocado en el interior de un cajetín con sus respectivas pestañas.

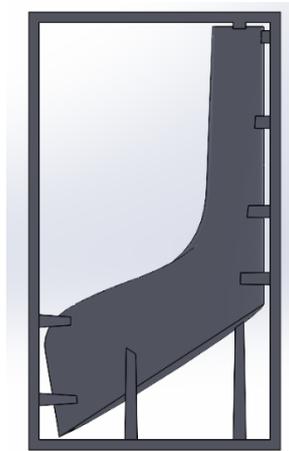


Fig. 61. Modelo para mecanizar.

Recubrimiento de fibra de carbono

Una vez obtenida la pieza tras el mecanizado, nos cercioraremos de que la superficie queda lisa, se separará la pieza del cajetín y se lijará la zona donde quedan las pestañas, y si es necesario, se dará un repaso con la lija a toda la superficie.

Con la superficie lisa, se procede a aplicar la primera capa de resina epoxi. Se utilizará resina epoxi dado que es la recomendada para crear materiales composites reforzados con fibras de carbono. La fibra epoxi utilizada, es de la marca Resoltech 1050[16], la cual presenta hasta 6 tipos de endurecedores diferentes. Para este proyecto se seleccionará el endurecedor 1059S, ya que con se logra obtener mayor límite elástico.



Fig. 62. Resina epoxi de laminación e infusión.[16]

Mezclaremos el componente 1050 con el endurecedor 1059s, a partes 100/39. Es importante mezclar las cantidades adecuadas ya que de lo contrario la resina puede no gelificar correctamente y conseguir un mal resultado.

Sobre la superficie lisa de la espuma, se aplicará con una brocha, una primera pasada homogénea de resina. Al cabo de unas dos horas, la resina aplicada estará viscosa, pero no se desprenderá de la piza si la tocamos. Este será el momento en el que se deba aplicar la fibra de carbono.

Para aplicar la fibra de carbono, recortaremos dos piezas parecidas del tejido de carbono "C-WEAVE™ 280SA5 T800HB 6K 40B" con la misma forma que el timón dejando que sobresalga unos 2cm. Sobre la parte impregnada de resina, extenderemos el tejido del centro a los extremos asegurándonos de que el sentido de las fibras coincide con los ejes del timón vertical y horizontal, y estas no se han deformado al colocarlas. Podemos asegurarnos de que se adhiere bien, presionando con la mano o con algún rodillo pequeño. Una vez adherido el tejido por ambas caras, aplicaremos otra capa de resina sobre estas. Tras secarse, lijaremos la pieza para conseguir una superficie suave, y volver a aplicar otra capa de resina que se dejará secar.



Fig. 63. Tejido de fibra de carbono.[15]

4. Presupuesto

4.1 Diseño

Estudio y diseño del timón	
COSTE DE MATERIALES	
Materia prima:	Subtotal 1: 0€
Productos subcontractados:	Subtotal 2: 0€
TOTAL PARCIAL 1: 0 €	
COSTE DE LA MANO DE OBRA	
Mano de obra directa: Operario: Diseñador industrial. Operación: Estudio de requerimientos. Análisis del comportamiento de antecedentes. Investigación. Diseño y simulación de nuevas propuestas. Salario: 10 €/h Tiempo: 20 h	Subtotal 1: 200€
Operaciones subcontractadas:	Subtotal 2: 0€
TOTAL PARCIAL 2: 200€	

Coste total: 200 €

Nota: El coste de fabricación se ha obtenido estimando un salario de 10 €/h para un Diseñador industrial en España.[19]

4.2 Material y fabricación.

Alma del timón	
COSTE DE MATERIALES	
Materia prima: <ul style="list-style-type: none">• Espuma lisa de PVC Divinycell H60 15 PSC de 15mm. 104.48€ por unidad. Suministrado en planchas de 2440 x 1220 x 15mm. La cantidad de espuma utilizada para un timón es una plancha de 1050 x 600 x 15mm [14]	Subtotal 1: 104.48€ / 8 planchas= 13.06€
Productos subcontratados:	Subtotal 2: 0€
TOTAL PARCIAL 1: 13.06 €	
COSTE DE LA MANO DE OBRA	
Mano de obra directa:	Subtotal 1: 0€
Operaciones subcontratadas: Mecanizado de la pieza: Trim Composites[20]	Subtotal 2: 75€
TOTAL PARCIAL 2: 75€	

Coste de fabricación = 13.06 €/timón + 75 €/servicio* = 88.06€

*El coste del servicio ofrecido por la empresa "Trim Composites" ha sido estimado.

Refuerzo de Carbono	
COSTE DE MATERIALES	
<p>Materia prima:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tejido de CarbonoC-Weave 280SA5 6K Satén de 280 g/m². 36.30 €/m, suministrado en rollos de 1, 5, 25 o 50 m de longitud por 125cm de ancho. La cantidad de tejido necesaria para un timón aproximadamente es de 1 m² • Resoltech 1050 Resina Epoxi de Laminación e Infusión. 39.63 €, suministrado en (1 + 0.35) Kg. <p style="text-align: right;">Subtotal 1: (36.30 €/m * 1 m) + 39.63 € = 75.93€</p> <p>Productos subcontratados:</p> <p style="text-align: right;">Subtotal 2: 0€</p>	
TOTAL PARCIAL 1: 75.93 €	
COSTE DE LA MANO DE OBRA	
<p>Mano de obra directa:</p> <p>Operario: Operario de producción. Operación: Laminado del refuerzo de fibra de carbono. Salario: 7 €/h Tiempo: 2h de aplicación de los materiales</p> <p style="text-align: right;">Subtotal 1: 14 €</p> <p>Operaciones subcontratadas:</p> <p style="text-align: right;">Subtotal 2: 0€</p>	
TOTAL PARCIAL 2: 14€	

Coste de fabricación = 75.93 € + 14 € = 89.93€

Nota: El coste de fabricación se ha obtenido estimando un salario de 7 €/h para un Operario de producción en España.[21]

4.3 Cuadro resumen

Denominación	Costes materiales	Coste mano de obra	Coste de fabricación
Estudio y diseño del timón	0 €	200 €	200 €
Alma del timón	13.06 €	75 €	88.06 €
Refuerzo de Carbono	75.93 €	14 €	89.93 €
Total	88.99 €	289€	377.99 €

Tabla. 8. Resumen del presupuesto.

5. Bibliografía

Introducción

- [1] «Remo (deporte)», *Wikipedia, la enciclopedia libre*. jun. 10, 2021. Accedido: jul. 20, 2021. [En línea]. Disponible en:
[https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Remo_\(deporte\)&oldid=136239880](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Remo_(deporte)&oldid=136239880)

Normativa

- [2] «Reglamento-FRCV-LlautMedit-2011.pdf». Accedido: jul. 21, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://fremocv.org/wp-content/uploads/2012/01/Reglamento-FRCV-LlautMedit-2011.pdf>
- [3] «UNE-EN ISO 12215-82019.pdf».
- [10] «UNE-EN ISO 3521-2000.pdf».
- [11] «UNE-EN ISO 5456-22000.pdf».
- [12] «UNE-EN ISO 3001-2000.pdf».
- [13] «UNE-EN ISO 5457-2000.pdf».

Estudio de factores a considerar

- [4] «41807404.pdf». Accedido: ago. 09, 2021. [En línea]. Disponible en:
<https://core.ac.uk/download/41807404.pdf>
- [5] «rom3199parte_3.pdf». Accedido: jul. 14, 2021. [En línea]. Disponible en:
http://www.abcpuertos.cl/documentos/Rom_03/rom3199parte_3.pdf
- [6] R.- ASALE y RAE, «orza | Diccionario de la lengua española», «*Diccionario de la lengua española*» - Edición del Tricentenario. <https://dle.rae.es/orza> (accedido ago. 12, 2021).
- [7] Scientific, «De los túneles de viento a la simulación computacional: el camino del éxito de BrasilSat», *ESSS*. <https://www.esss.co/es/blog/de-los-tuneles-de-viento-a-la-simulacion-computacional-el-camino-del-exito-de-brasilsat/> (accedido ago. 10, 2021).
- [8] «Valencia Remo».
<https://connect.garmin.com/modern/activity/6781631070/share/1?lang=es&t=1628592875> (accedido ago. 10, 2021).
- [9] «NACA airfoil | National Aeronautics and Space Administration Wiki | Fandom».
https://nasa.fandom.com/wiki/NACA_airfoil (accedido ago. 16, 2021).

Pliego de condiciones

- [14] «Espuma lisa de PVC Divinycell H60 PSC de 15 mm», *Castro Composites*.
<https://www.castrocompositesshop.com/es/nucleos-sandwich/2112-2872-espuma-lisa-de-pvc-divinycell-h60-15-psc-de-15-mm.html> (accedido ago. 31, 2021).
- [15] «Tejido de Carbono satén 6K de 280 gm2», *Castro Composites*.
<https://www.castrocompositesshop.com/es/fibras-de-refuerzo/2685-4569-tejido-de-carbono-c-weave-280sa5-6k-sat%C3%A9n-de-280-gm2-ancho-125-cm-spot.html> (accedido ago. 31, 2021).
- [16] «Resina epoxi Resoltech 1050», *Castro Composites*.
<https://www.castrocompositesshop.com/es/resinas/1088-77-resina-epoxi-resoltech-1050.html> (accedido ago. 31, 2021).

- [17] A. G. Hernández, «Mecanizado de espumas para piezas de alta integración», *Trim Composites*, feb. 25, 2019. <https://www.trimcomposites.com/post/mecanizado-de-espumas-para-piezas-de-alta-integración> (accedido sep. 01, 2021).
- [18] «Diab - Always at the core of your solution», *Diab*. <https://www.diabgroup.com/> (accedido sep. 01, 2021).

Presupuesto

- [19] «Salario de un Diseñador/a industrial en España». https://es.indeed.com/career/dise%C3%B1ador-industrial/salaries?from=top_sb (accedido sep. 02, 2021).
- [20] «Drones-Automoción | Trim Composites | España», *Trim Composites*. <https://www.trimcomposites.com> (accedido sep. 02, 2021).
- [21] «Salario de un Operario/a de producción en España». <https://es.indeed.com/career/operario-producci%C3%B3n/salaries> (accedido sep. 02, 2021).

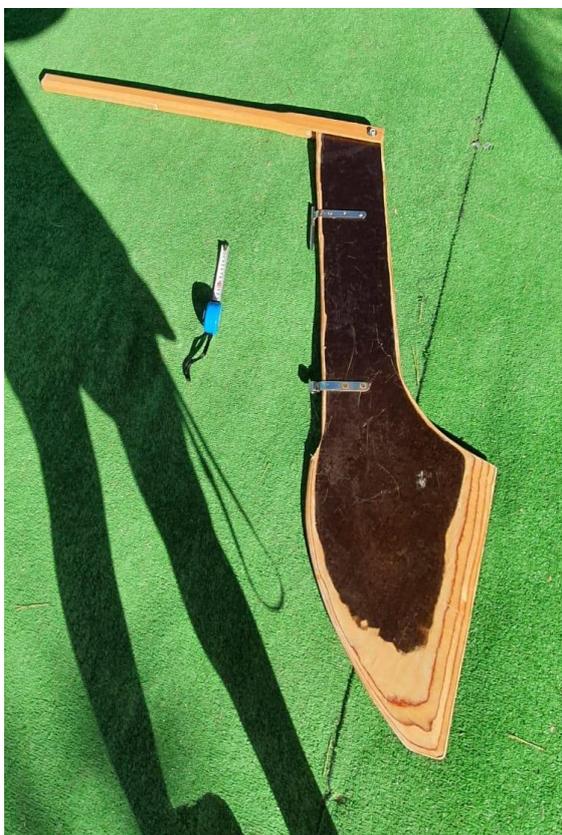
6. Anexos

6.1 Antecedentes

Real Club Regatas de Alicante



Clot de l'Illot (Campello)



Costa Blanca



Club de remo Ciudad de Valencia



Club de Rem Dénia



Náutico de Gandía



Real Club Náutico de València



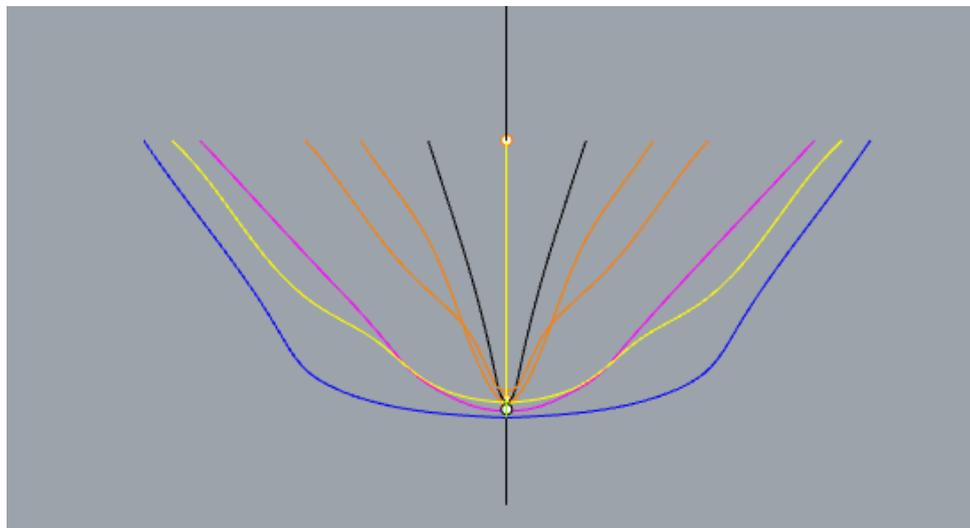
Club Náutico Santa Pola



Universidad de Alicante

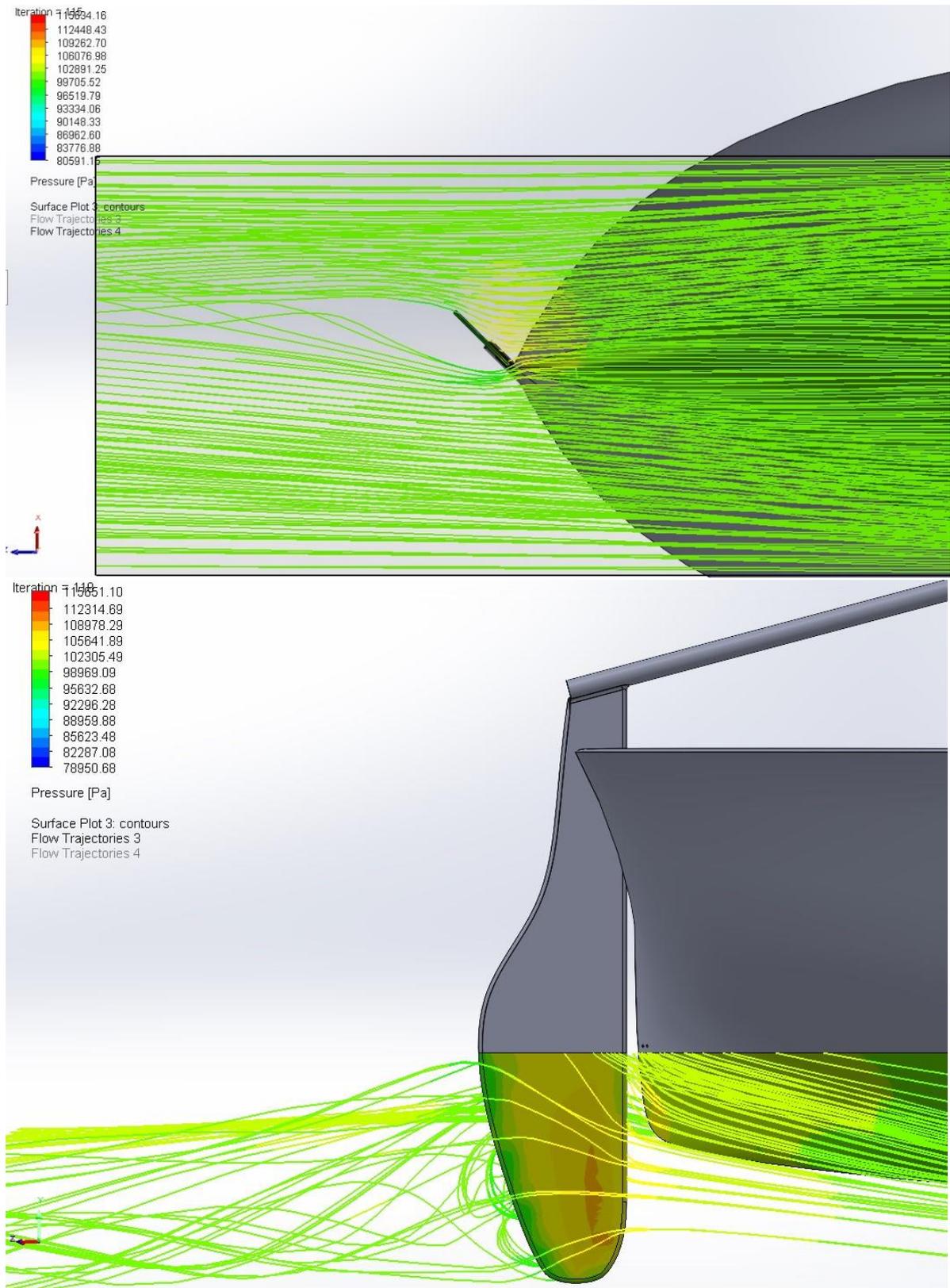


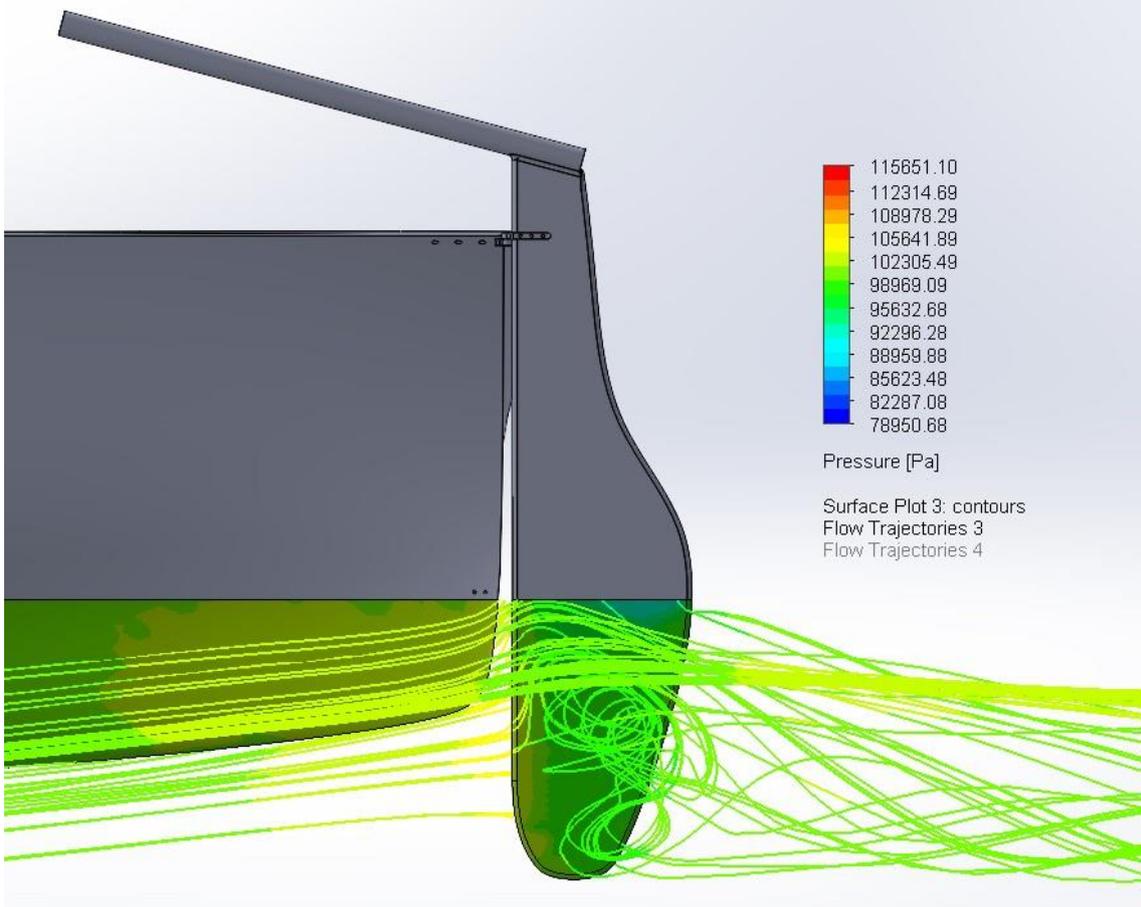
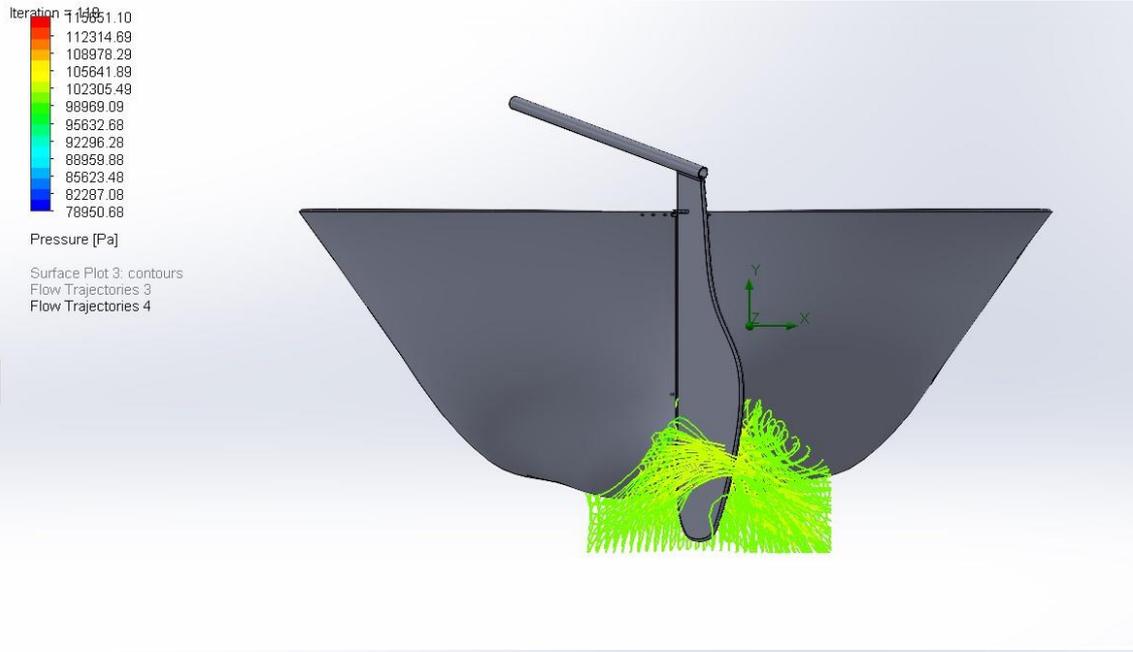
Llaüt Rubenetti

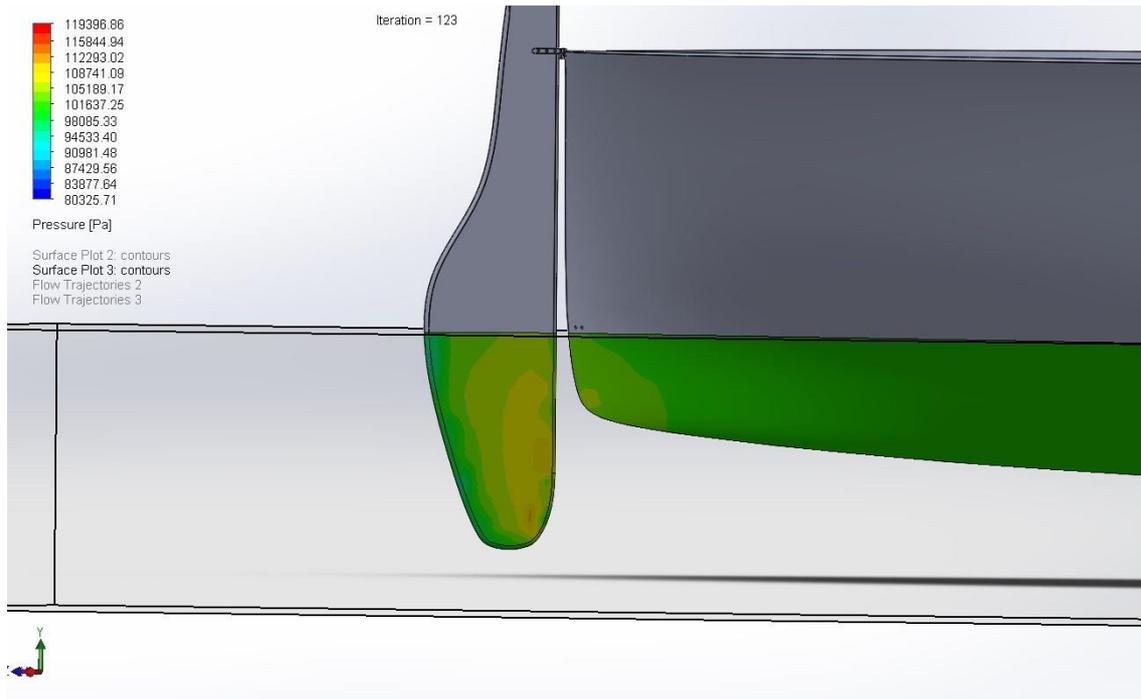


6.2 Simulaciones de túnel de viento.

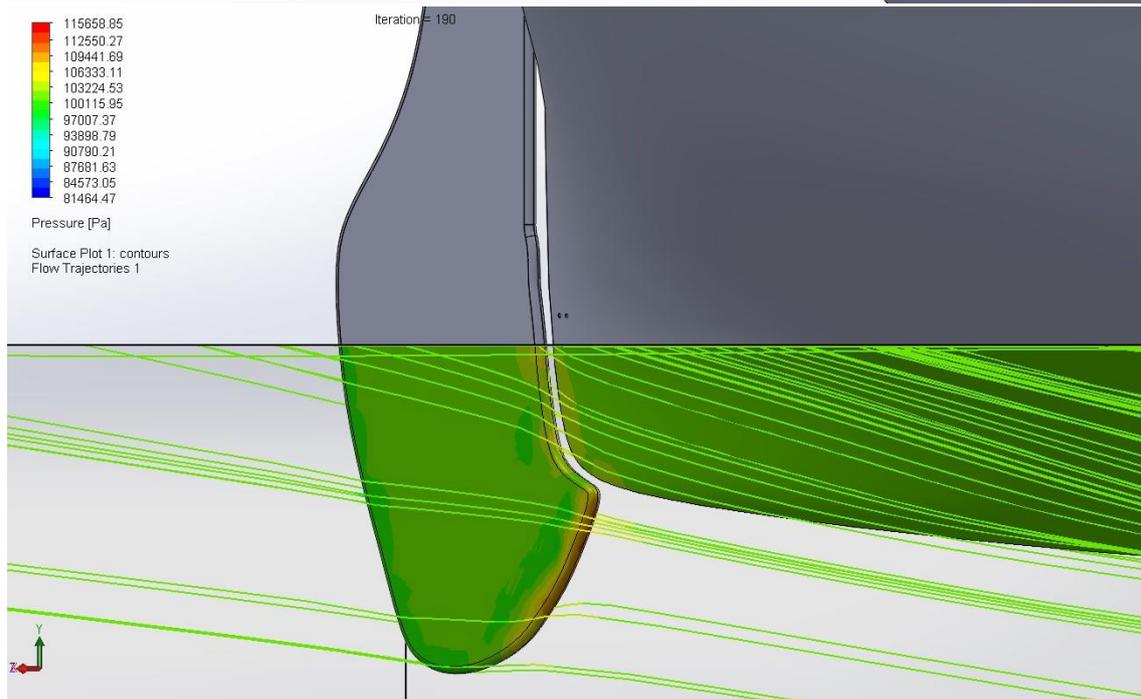
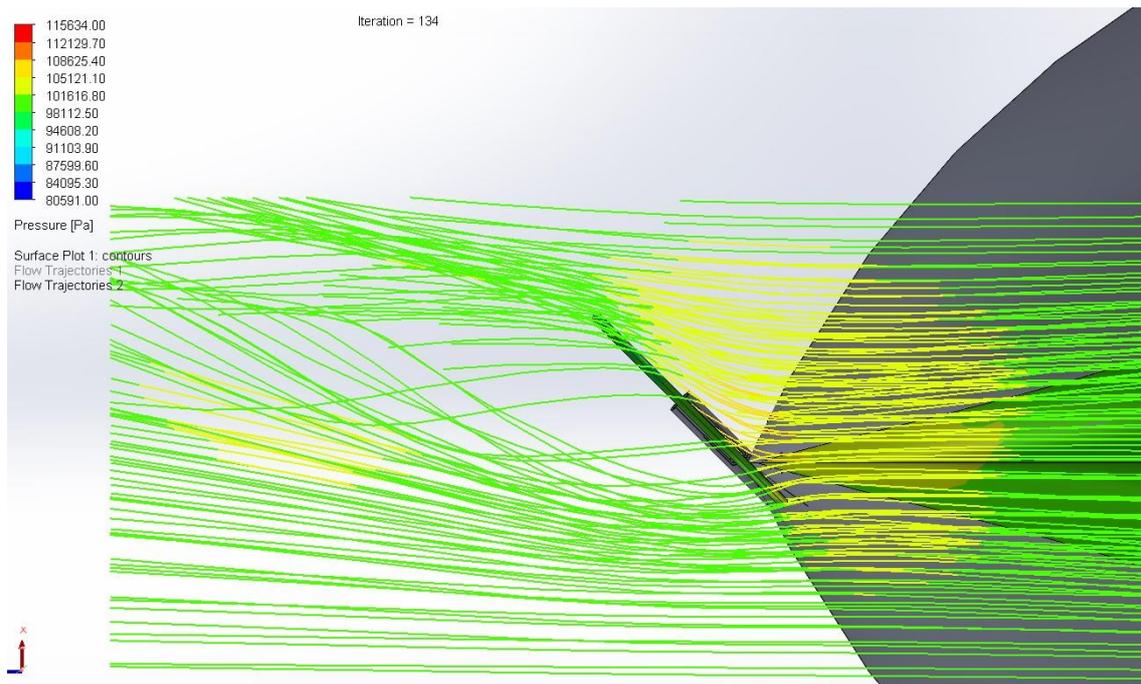
Regatas de Alicante. Modelo 1

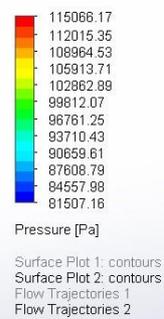
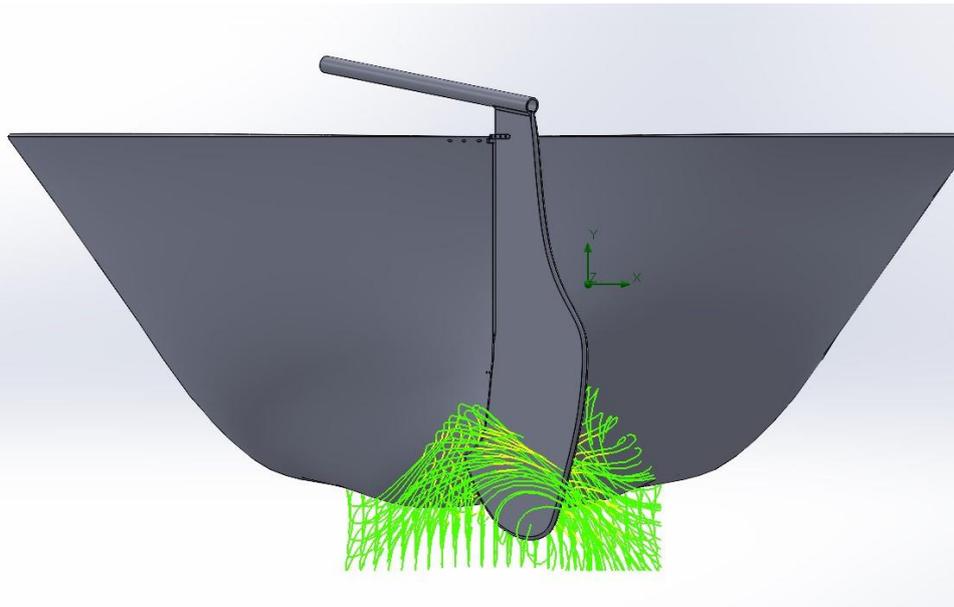
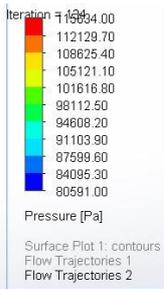




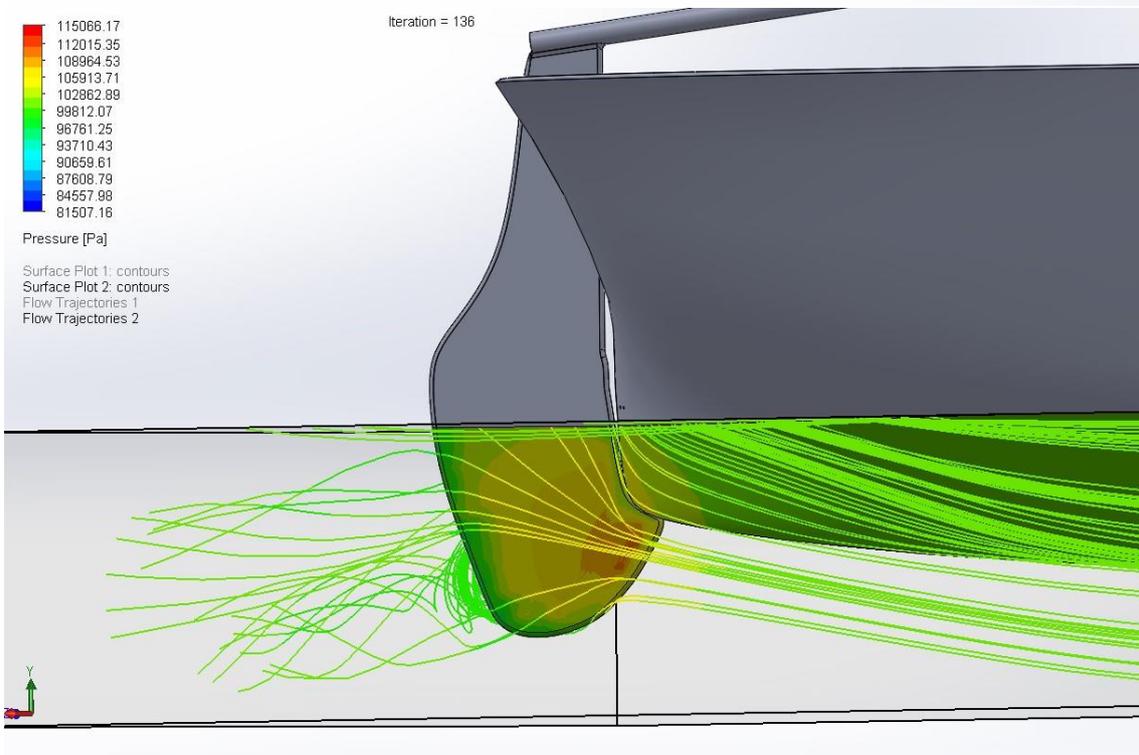


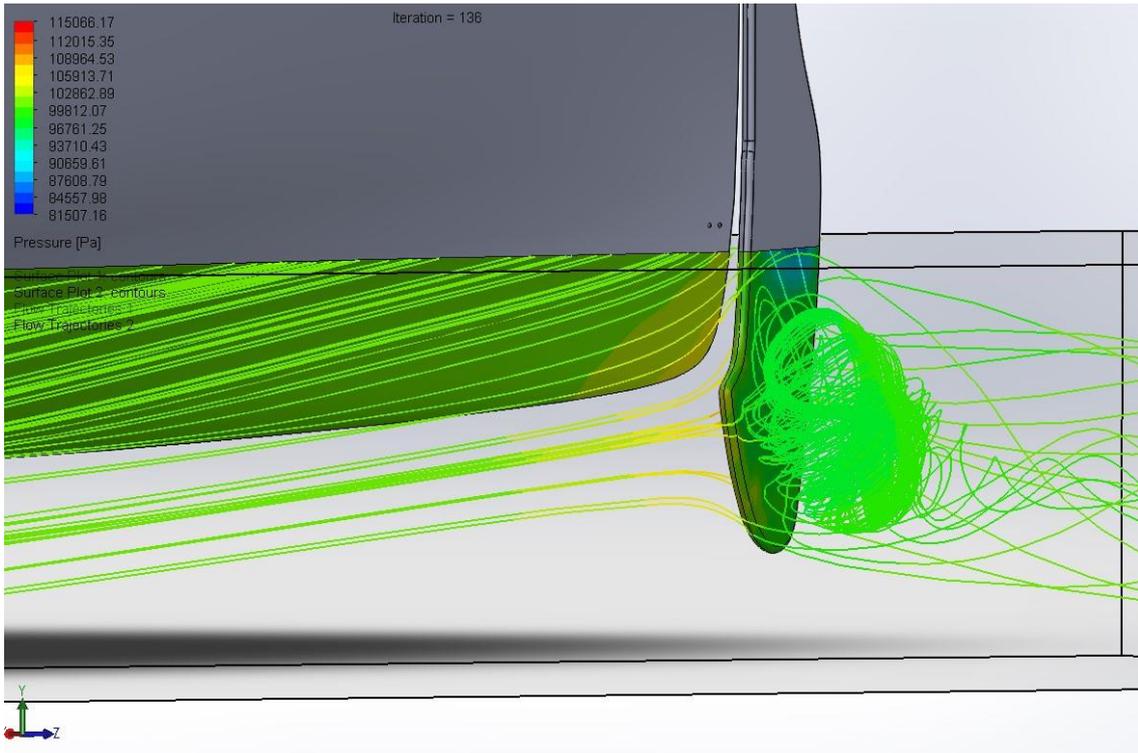
Regatas de Alicante. Modelo 2



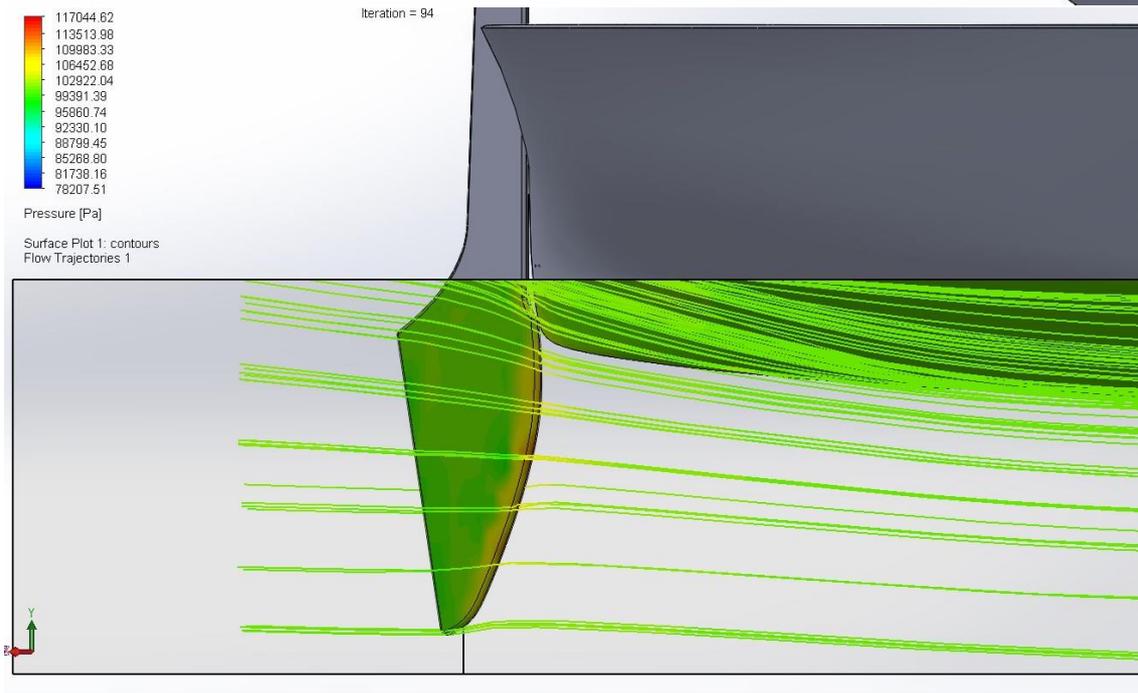
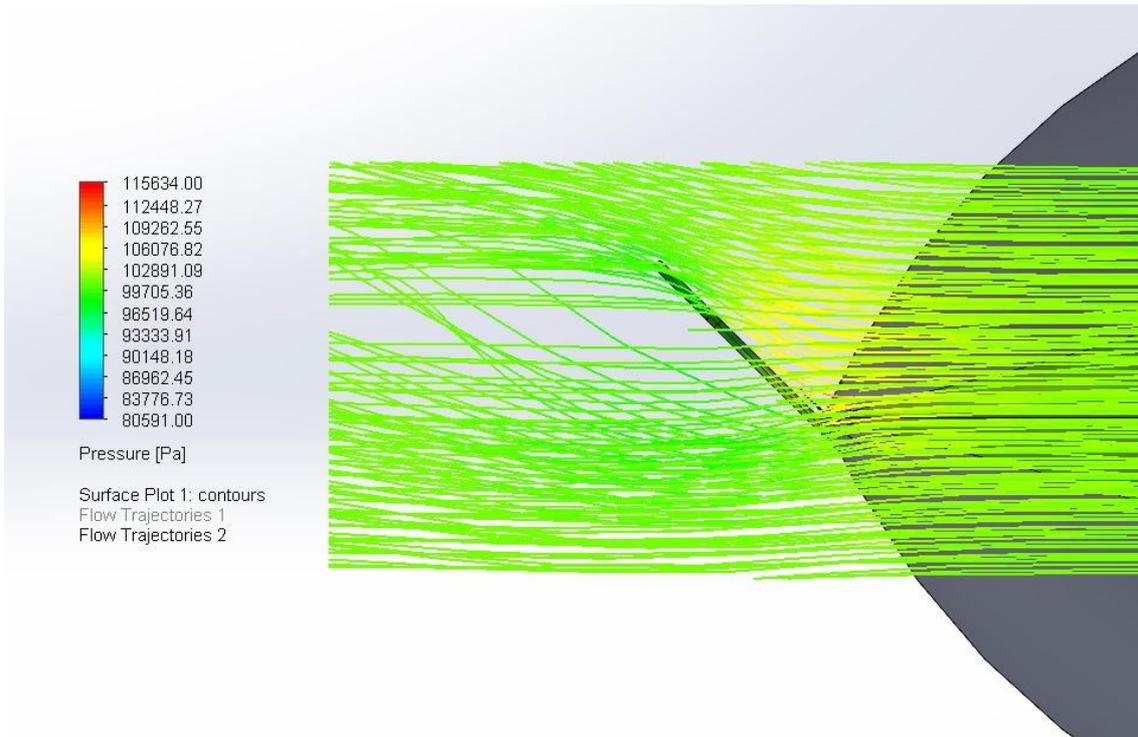


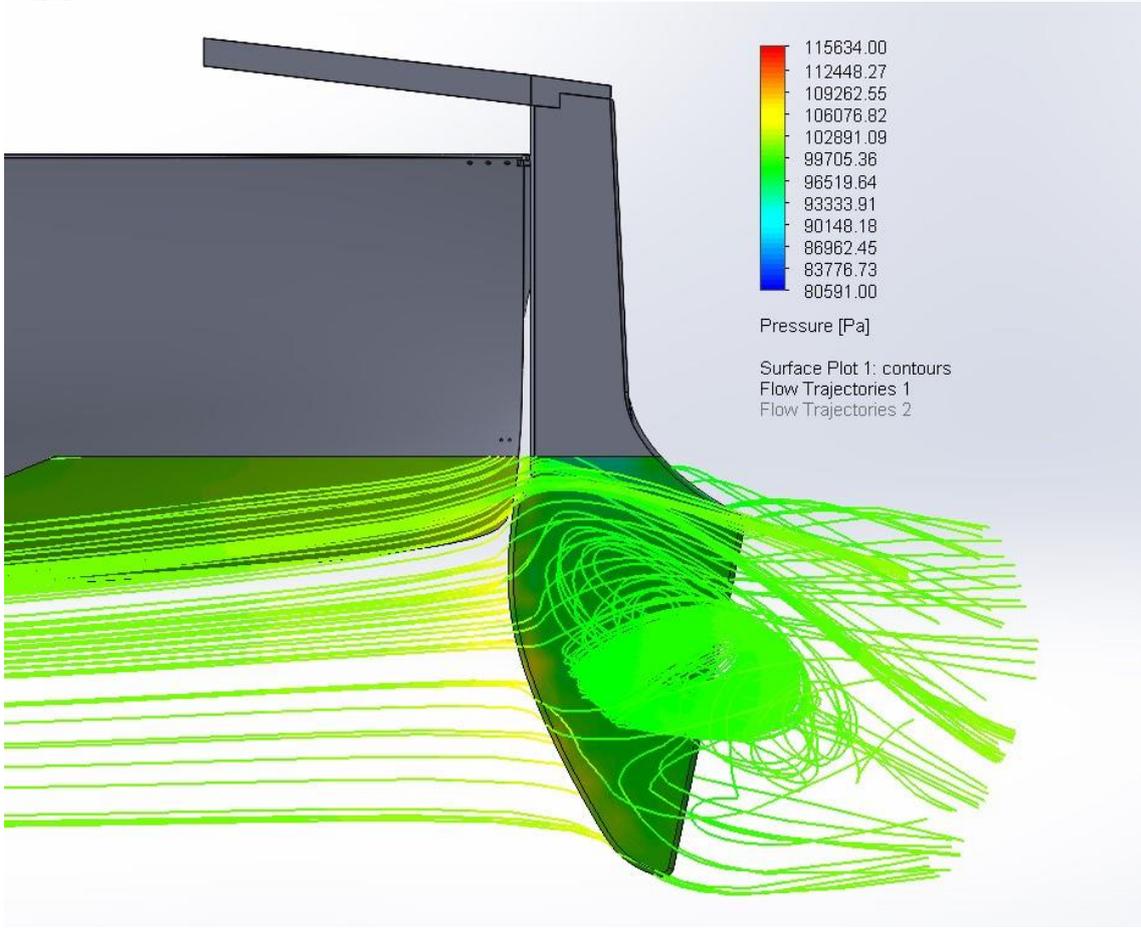
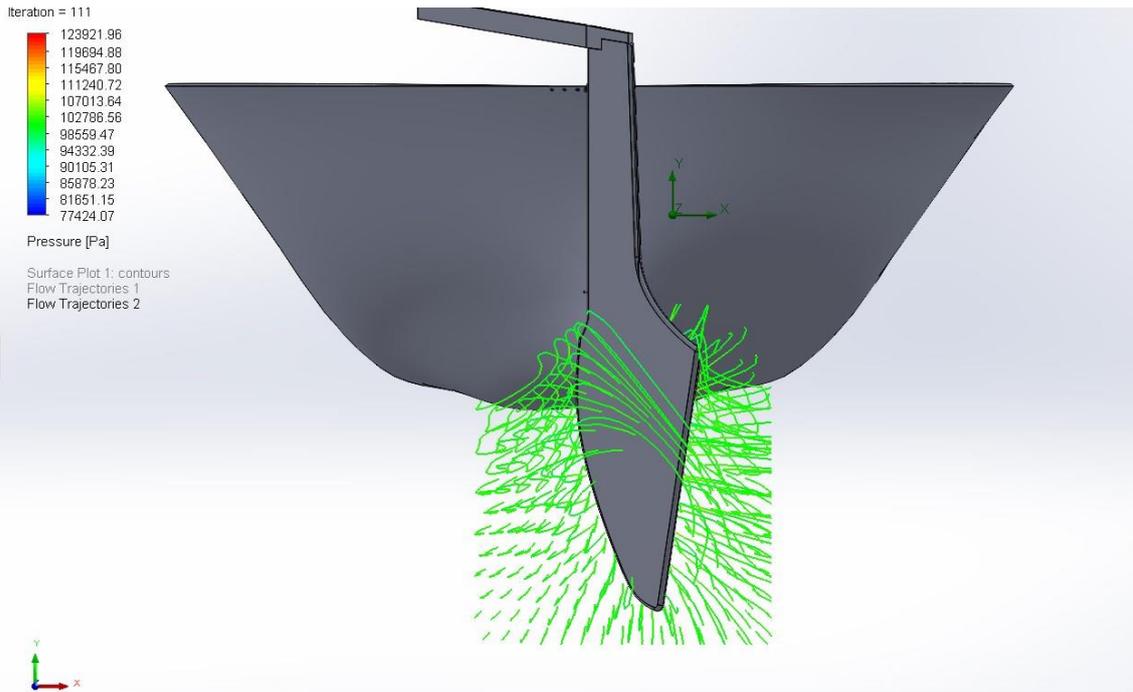
Iteration = 136

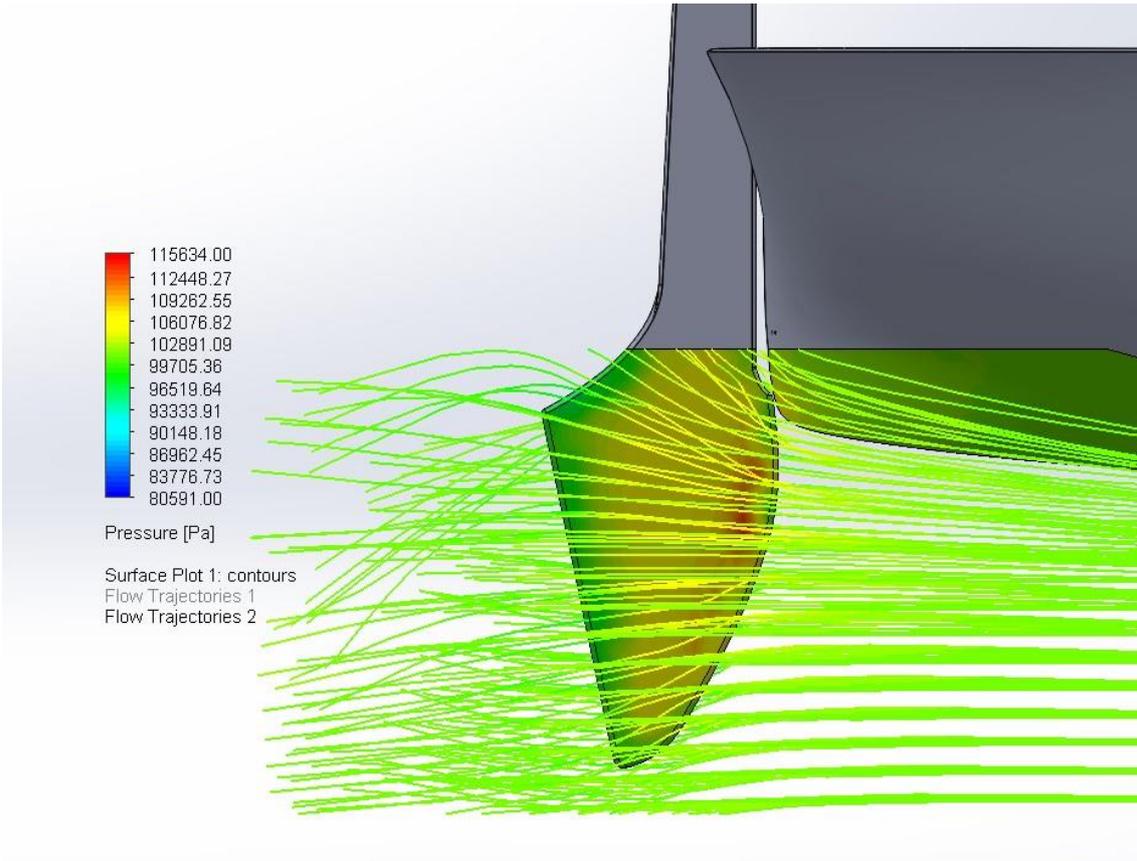




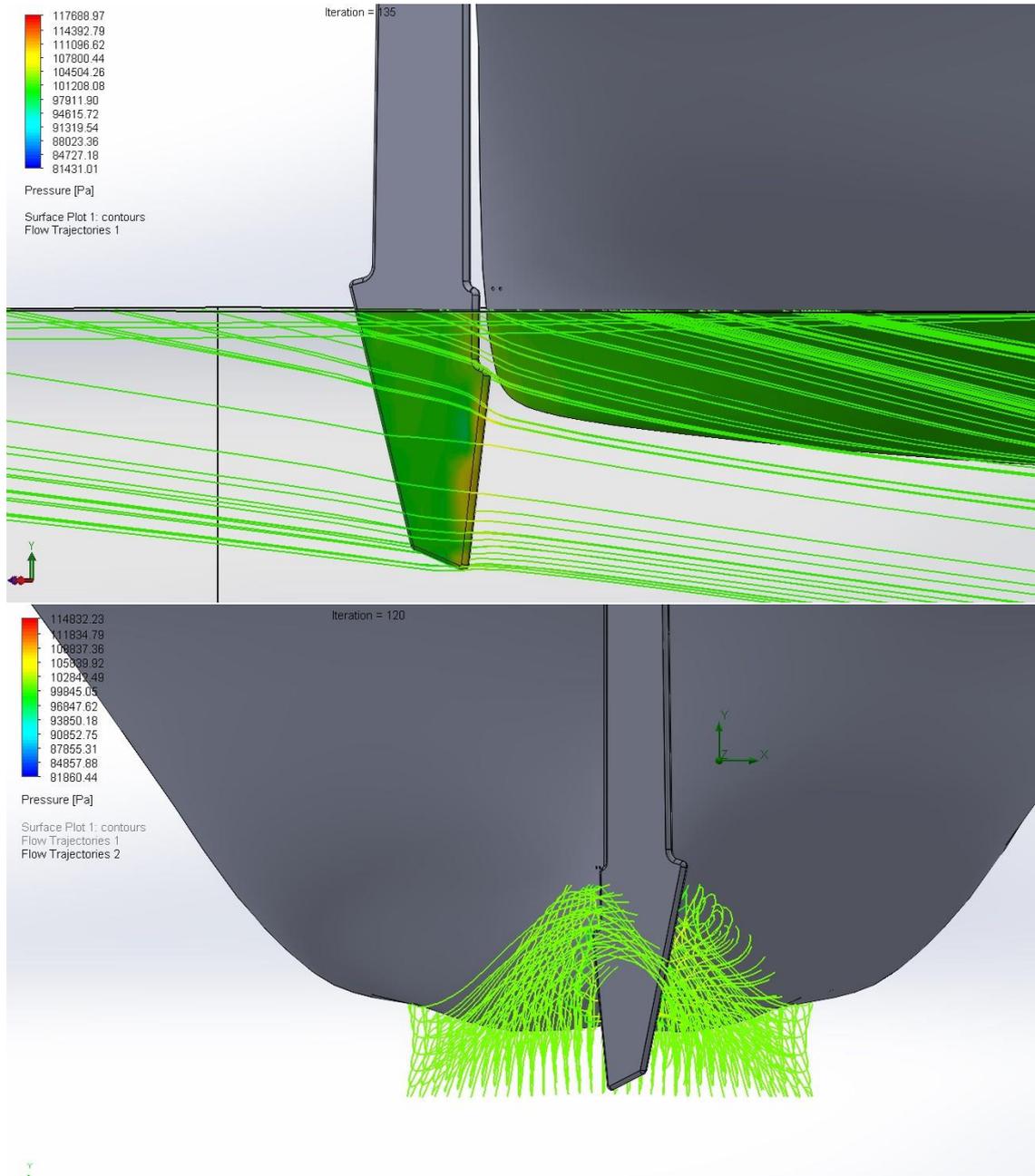
Club de Rem Clot de l'Illlot

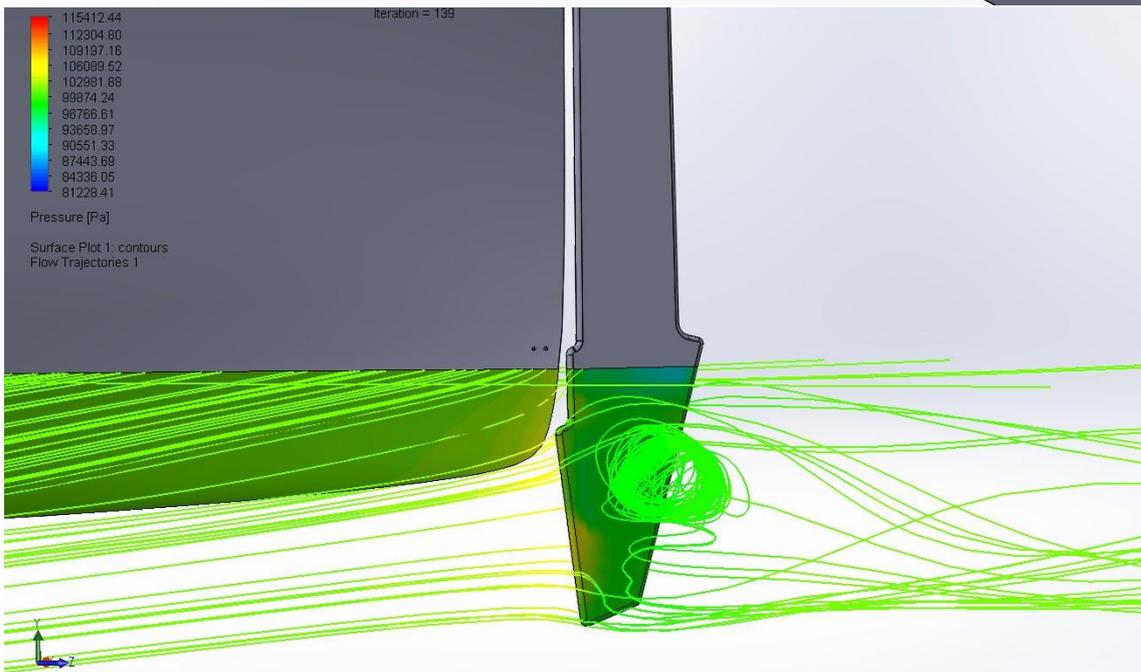
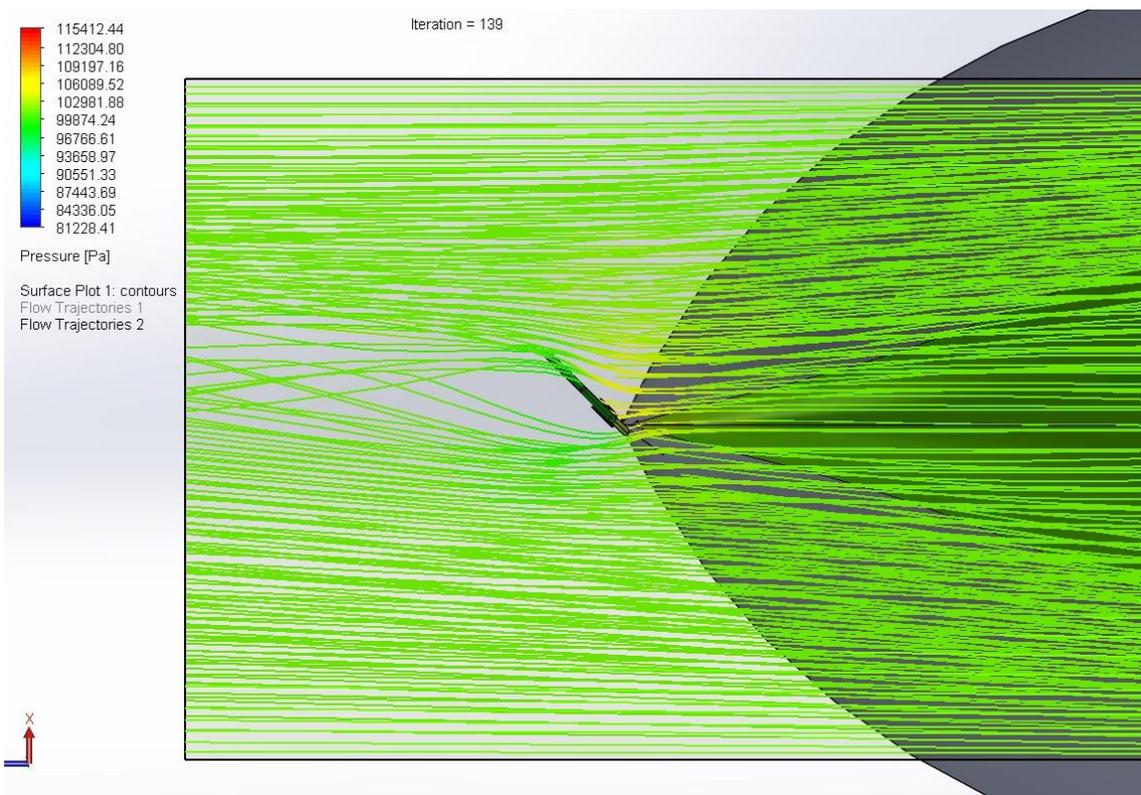


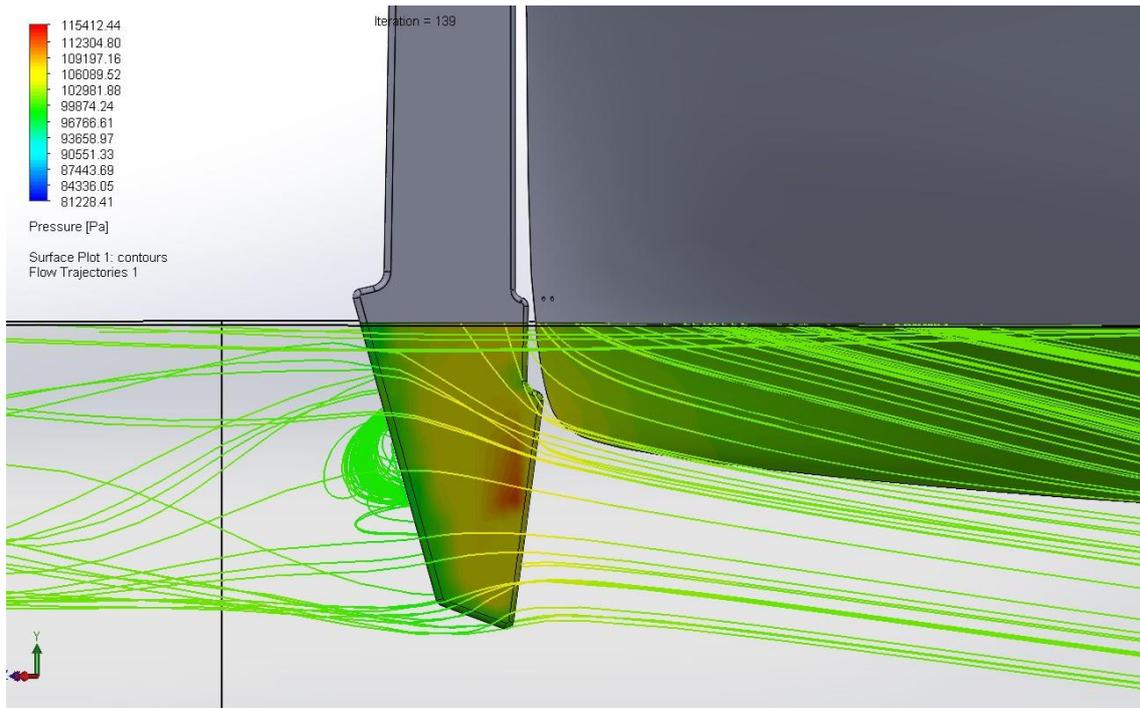




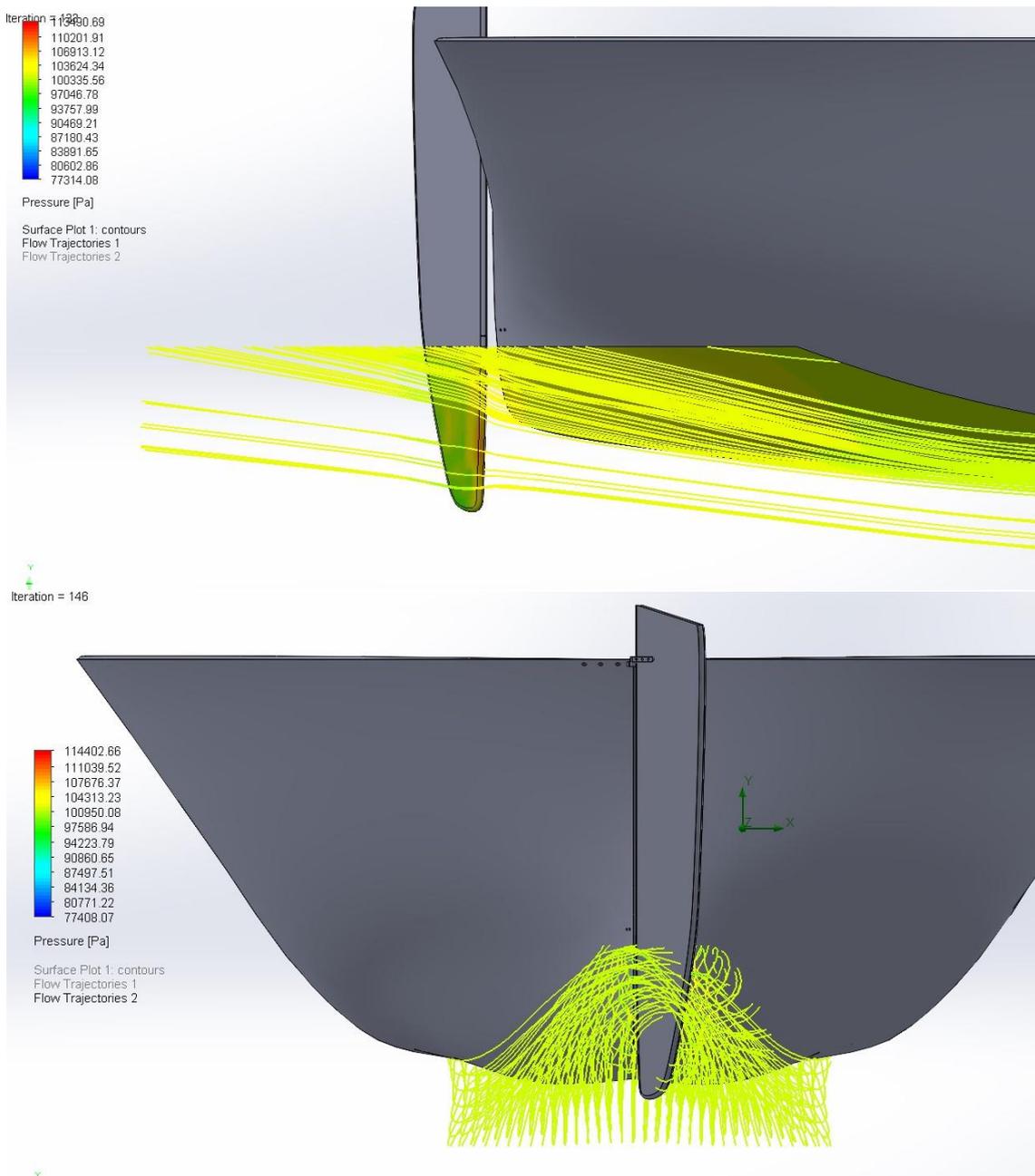
Costa Blanca. Modelo 1

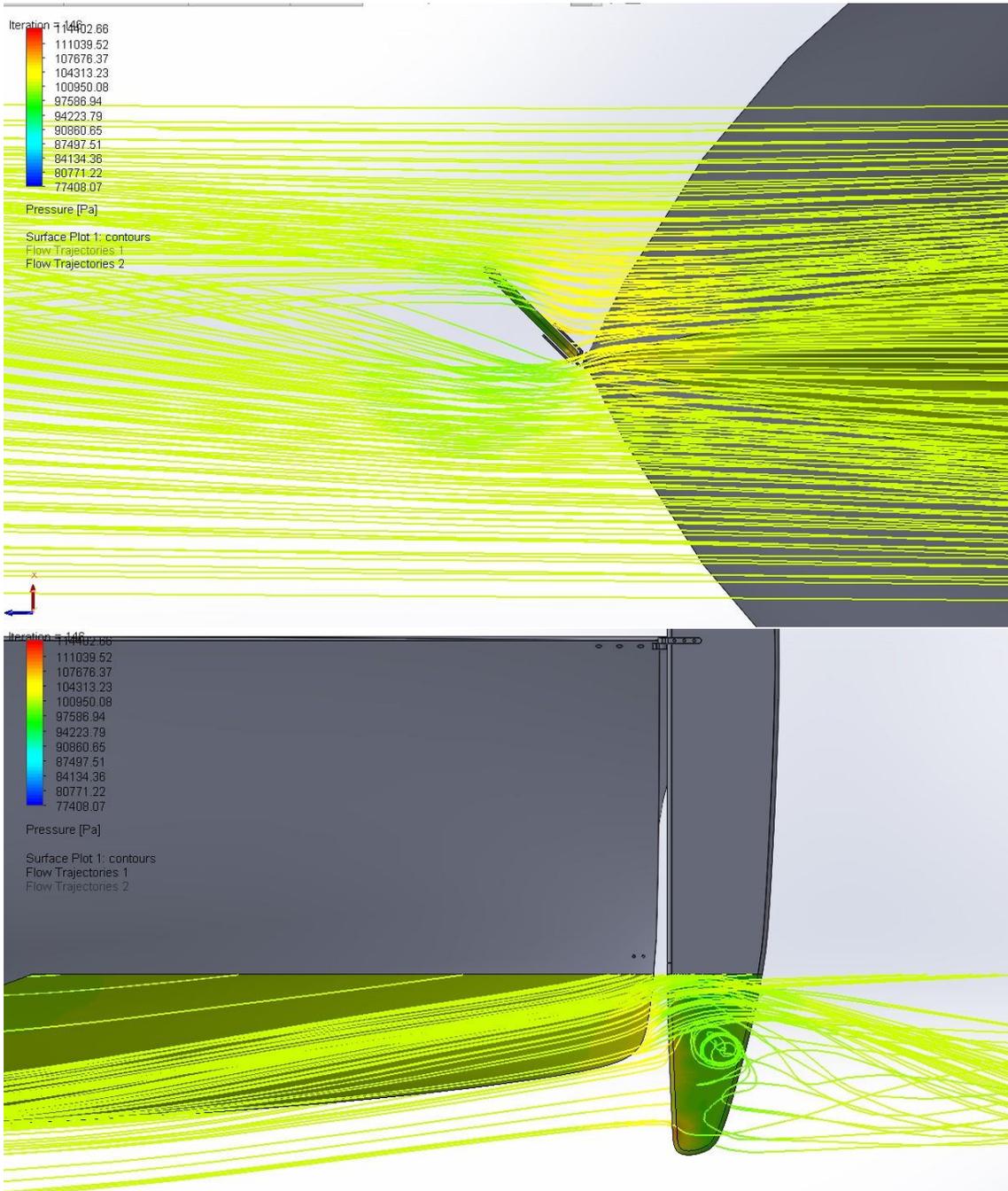


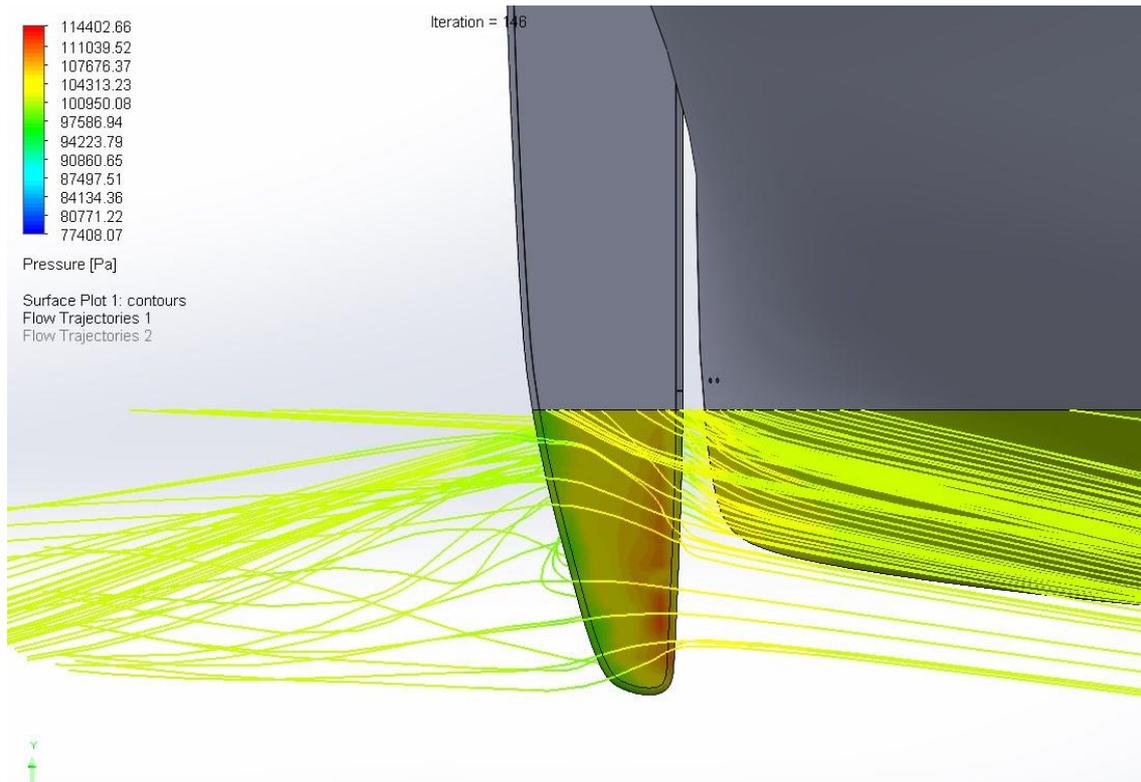




Costa Blanca. Modelo 2

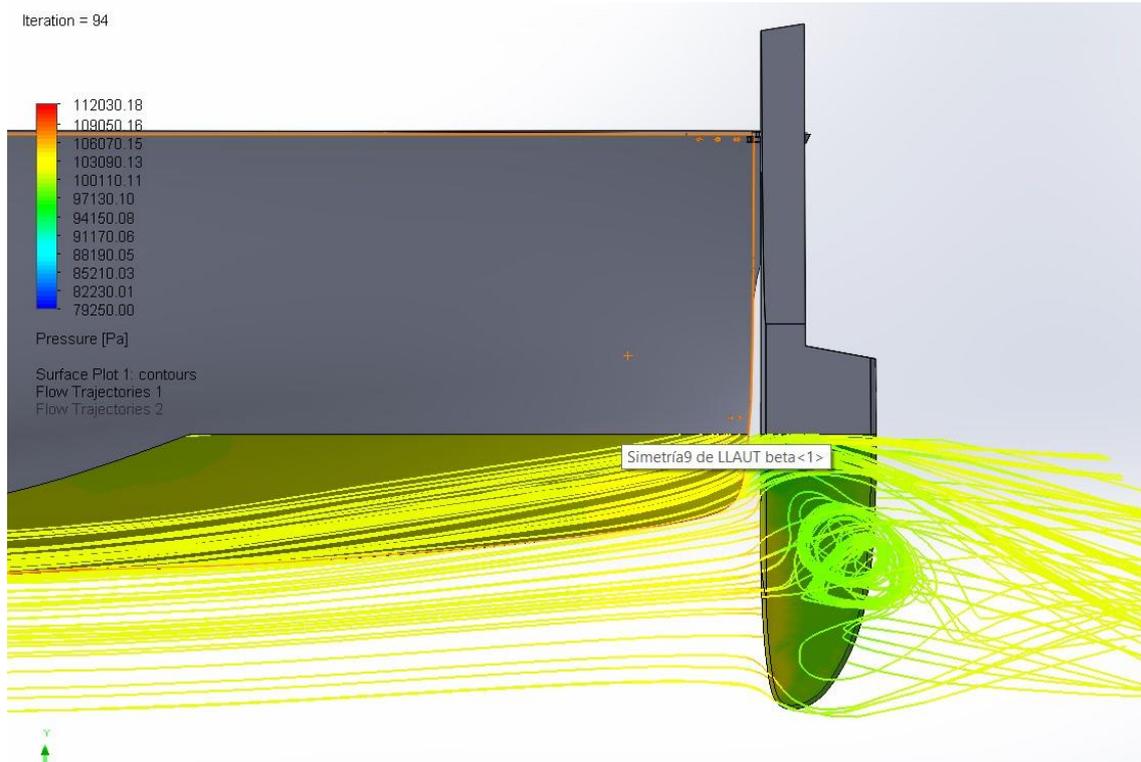




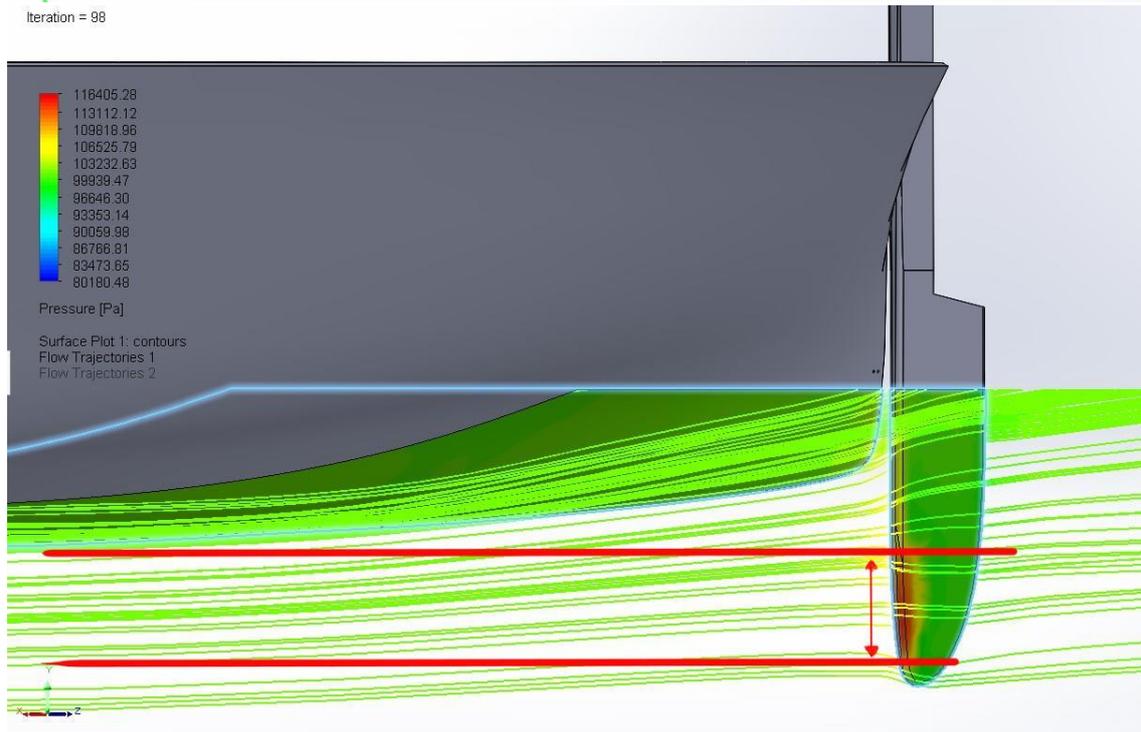


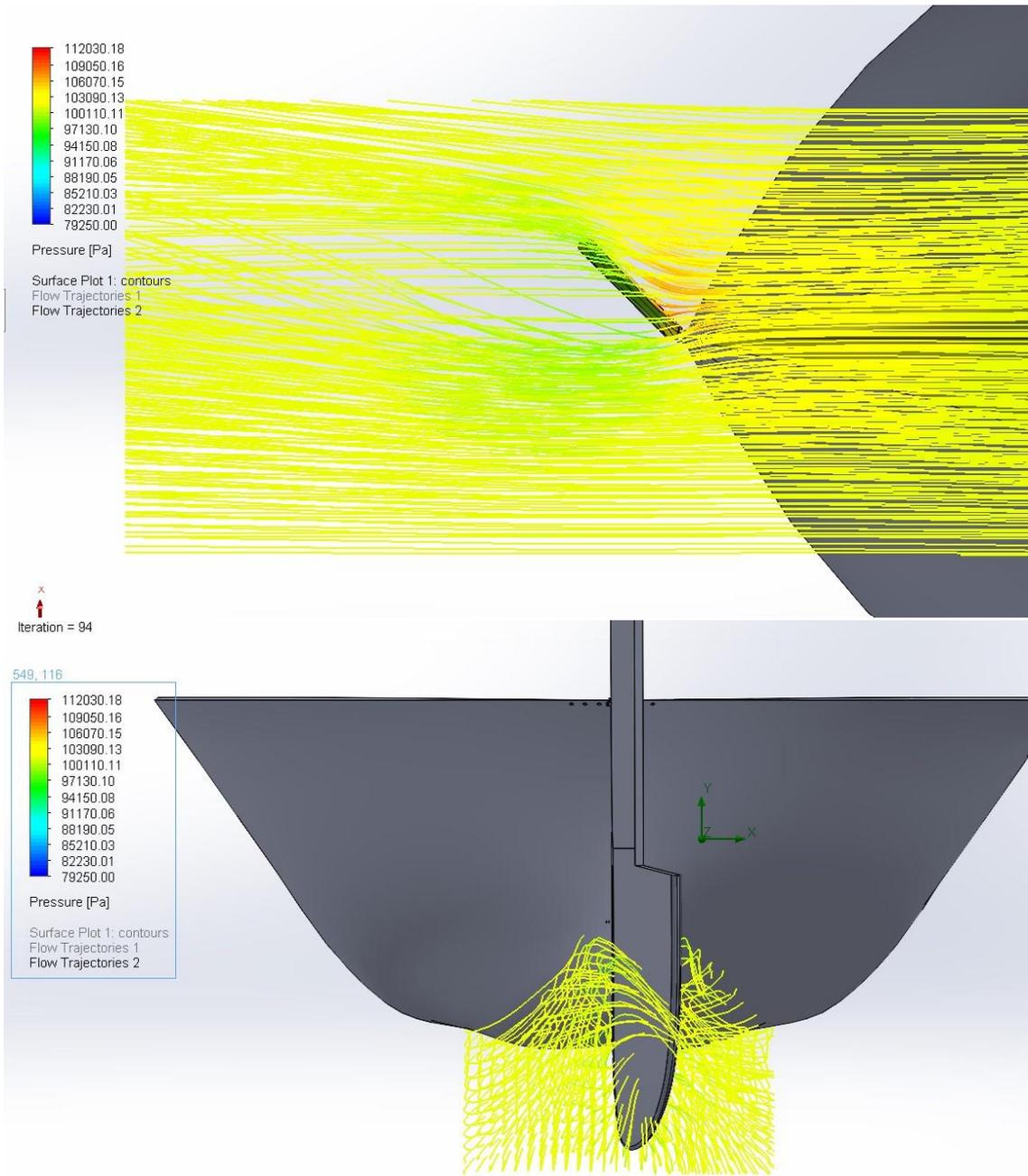
Club de Remo Ciudad de Valencia

Iteration = 94

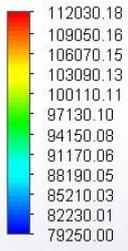


Iteration = 98



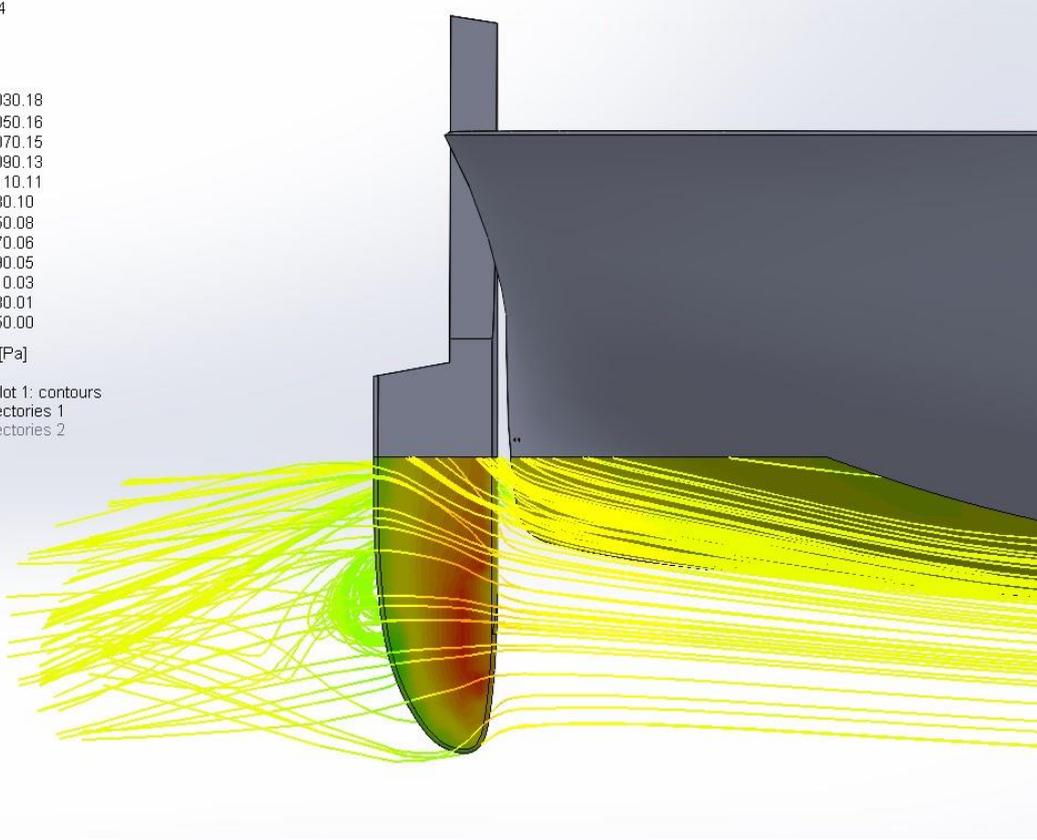


Iteration = 94

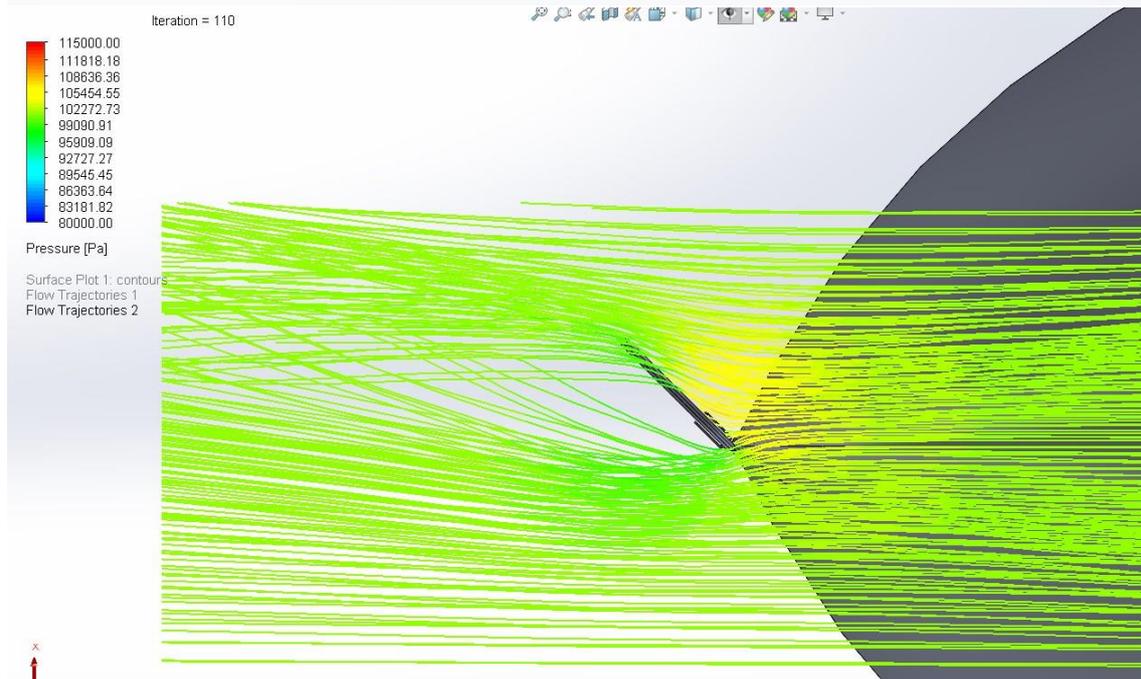
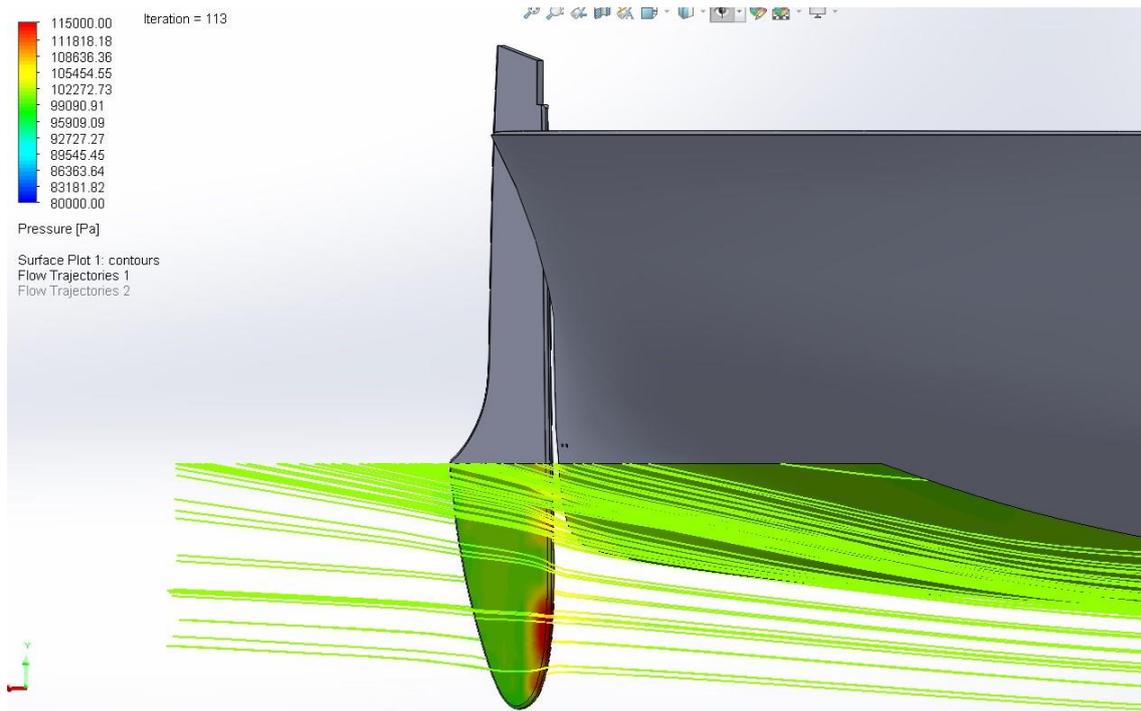


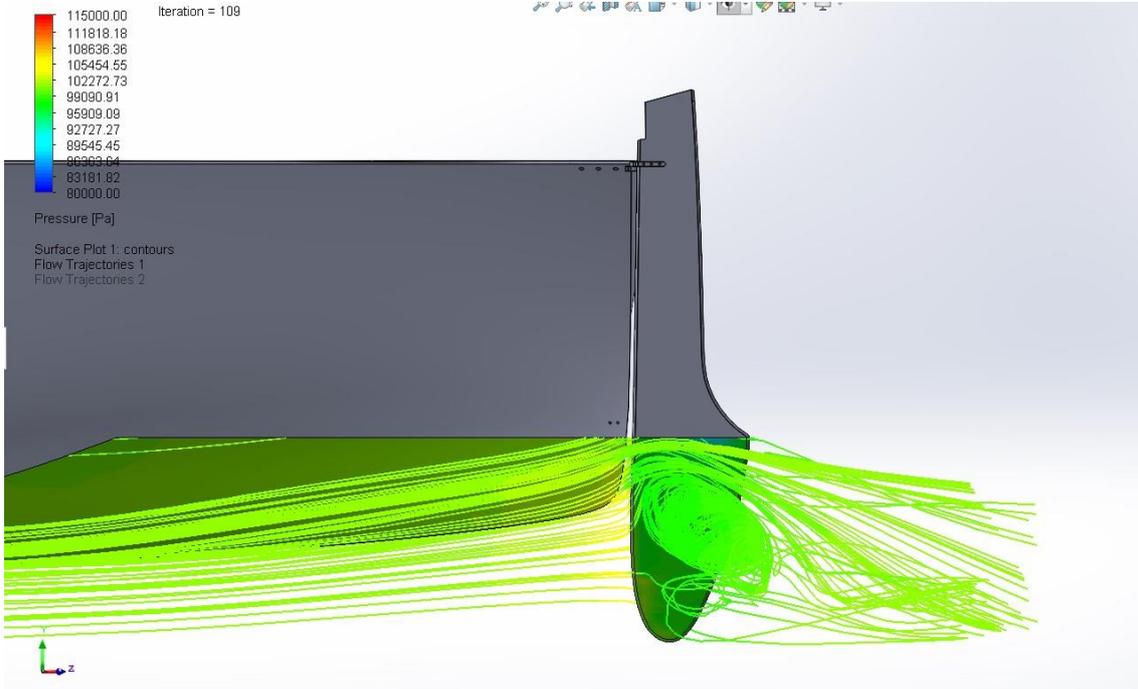
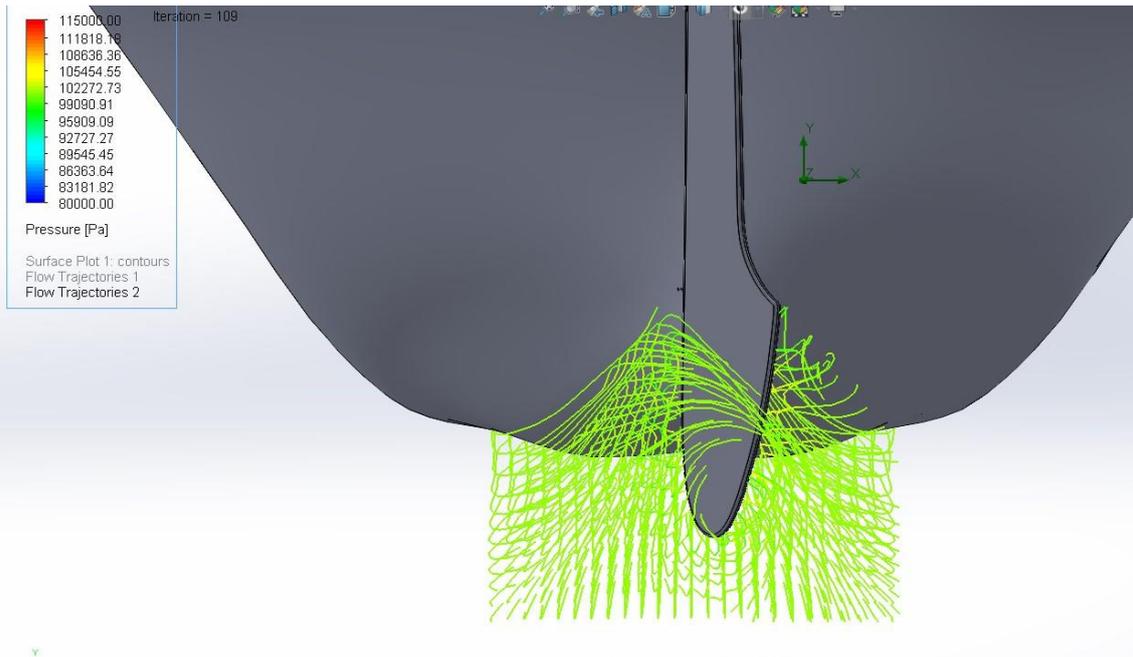
Pressure [Pa]

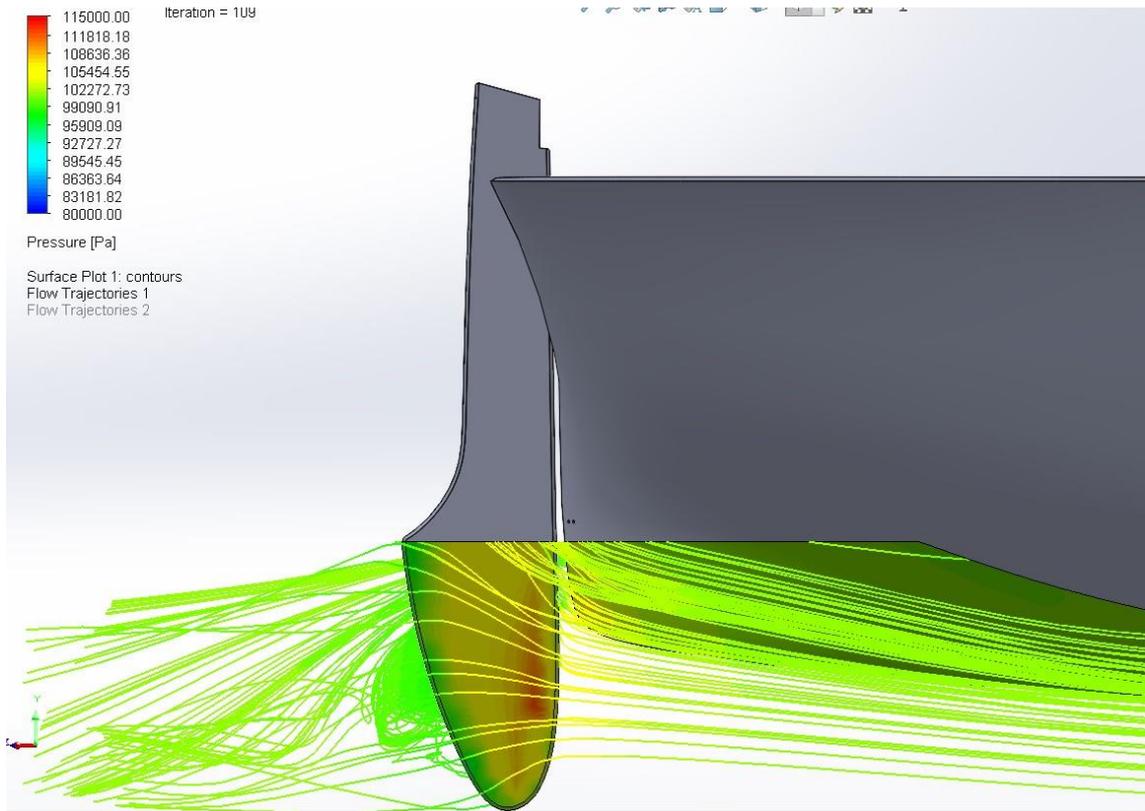
Surface Plot 1: contours
Flow Trajectories 1
Flow Trajectories 2



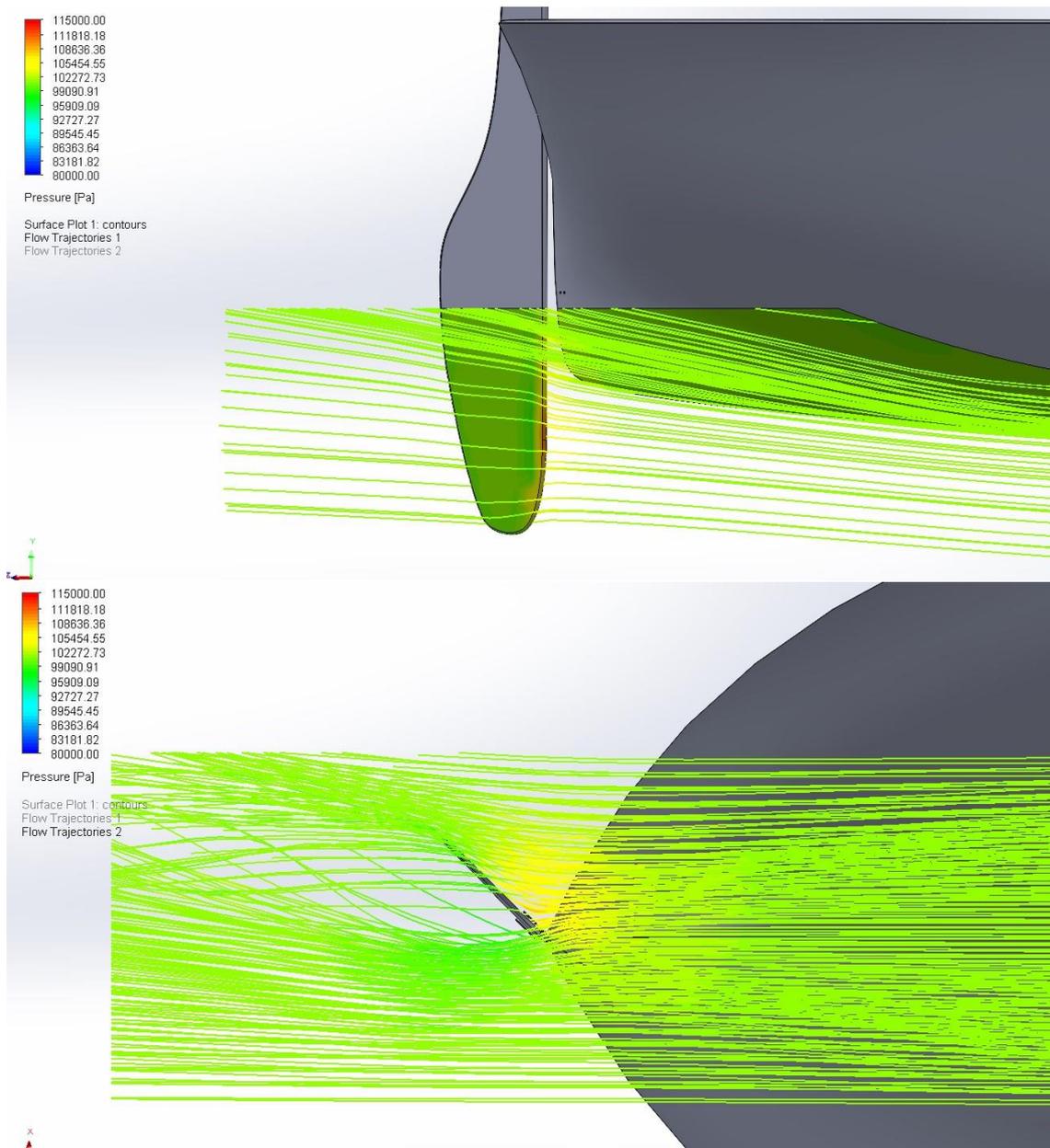
Náutico de Gandía

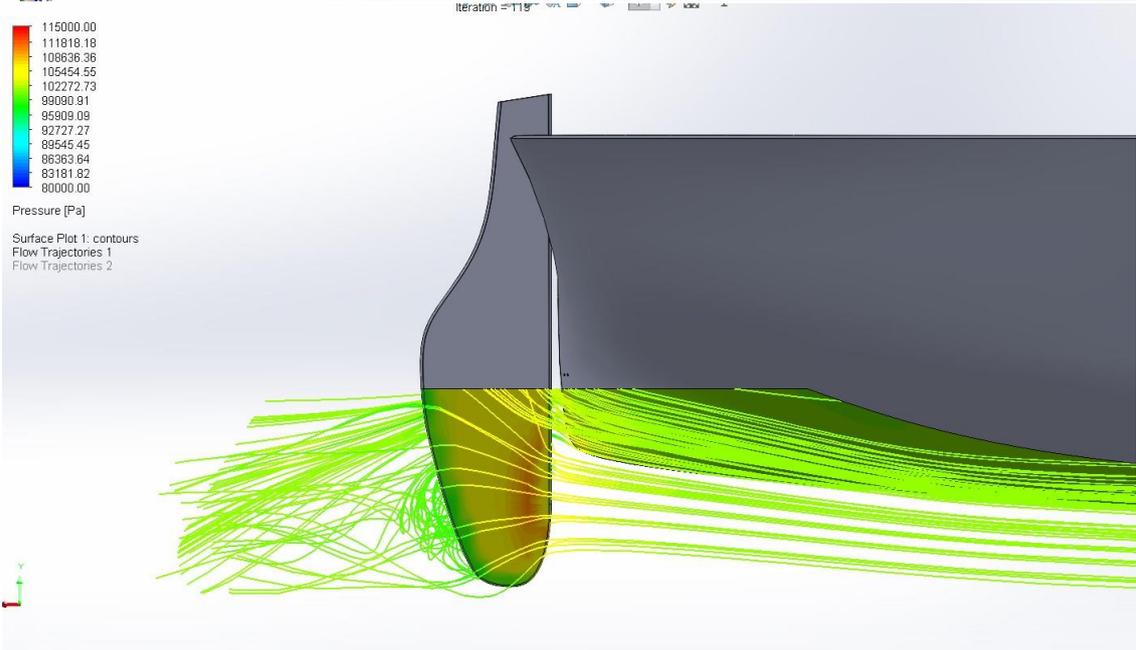
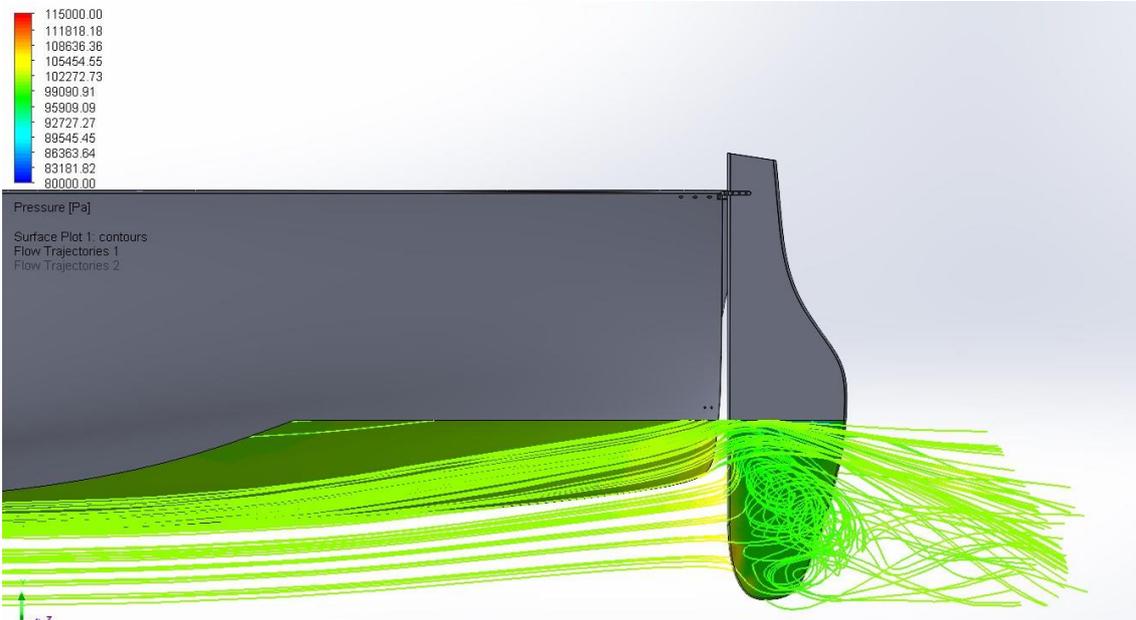
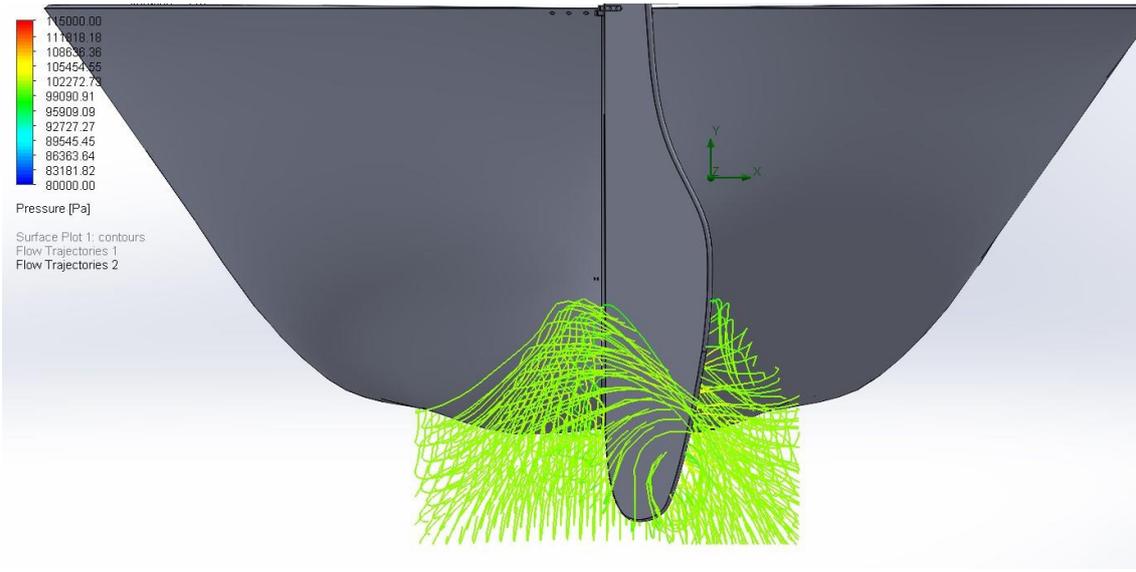




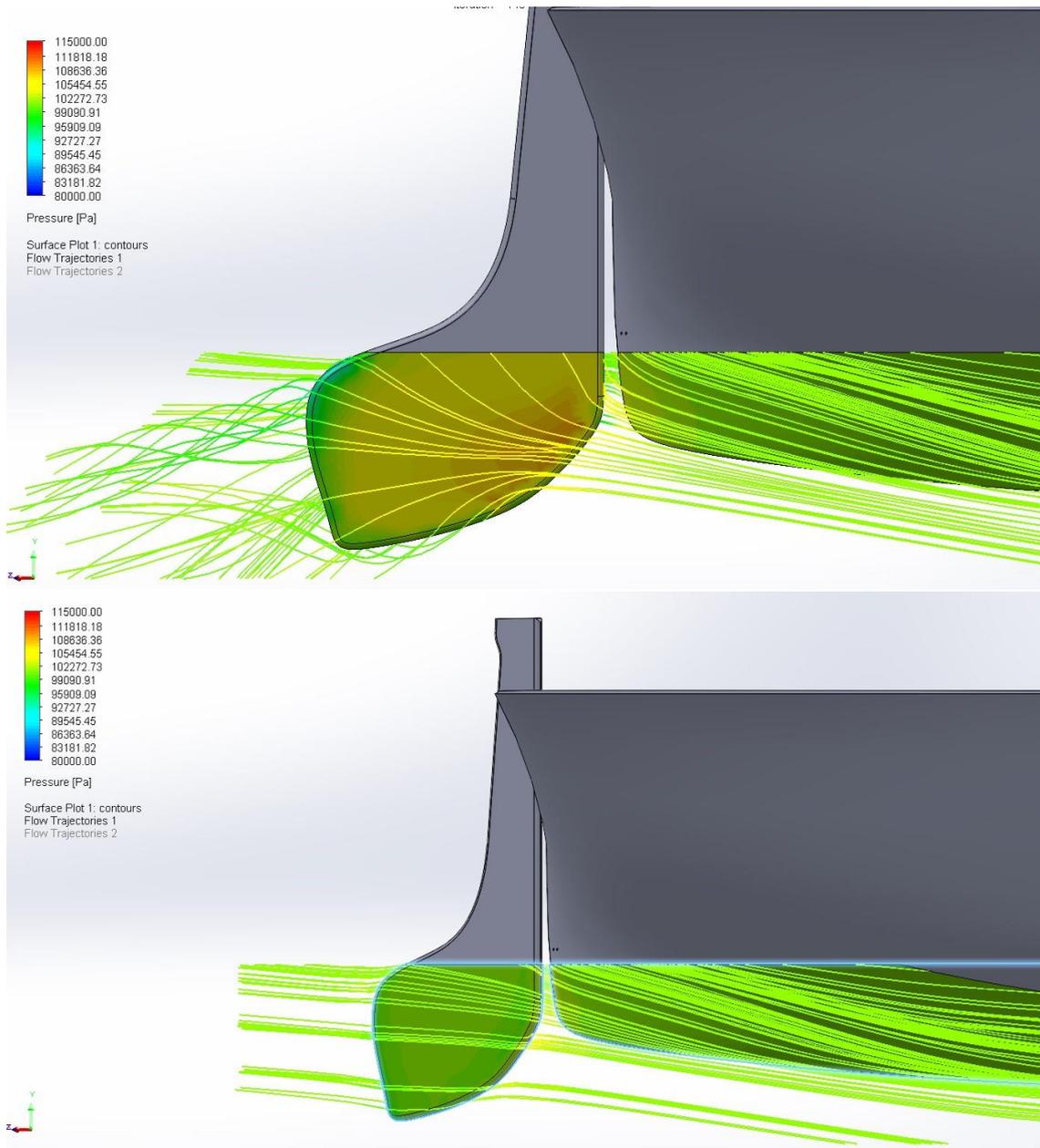


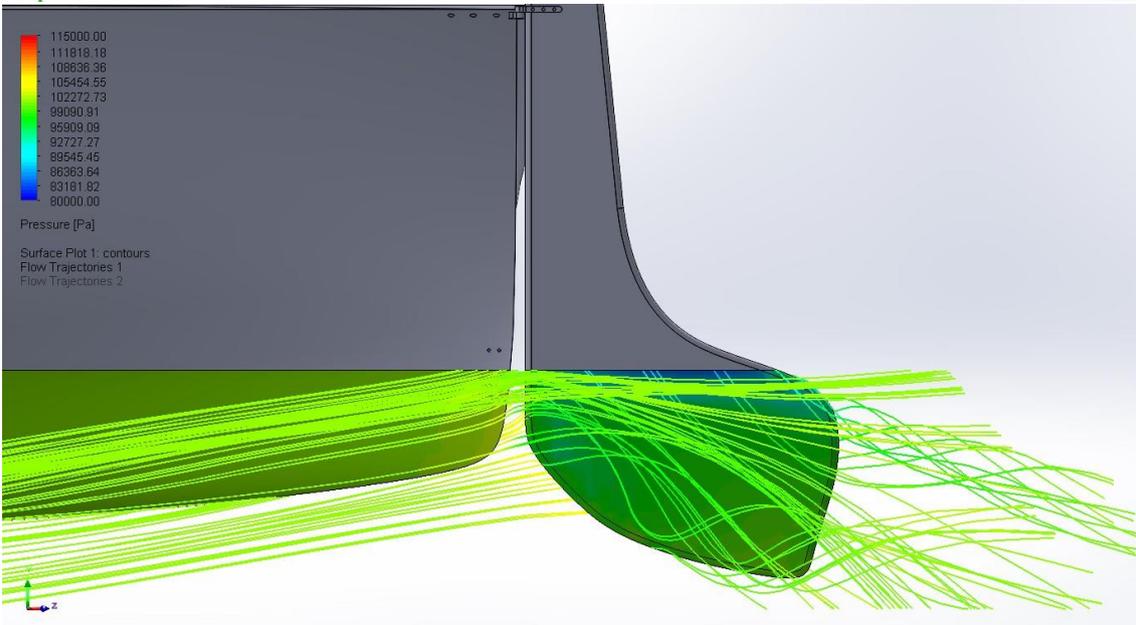
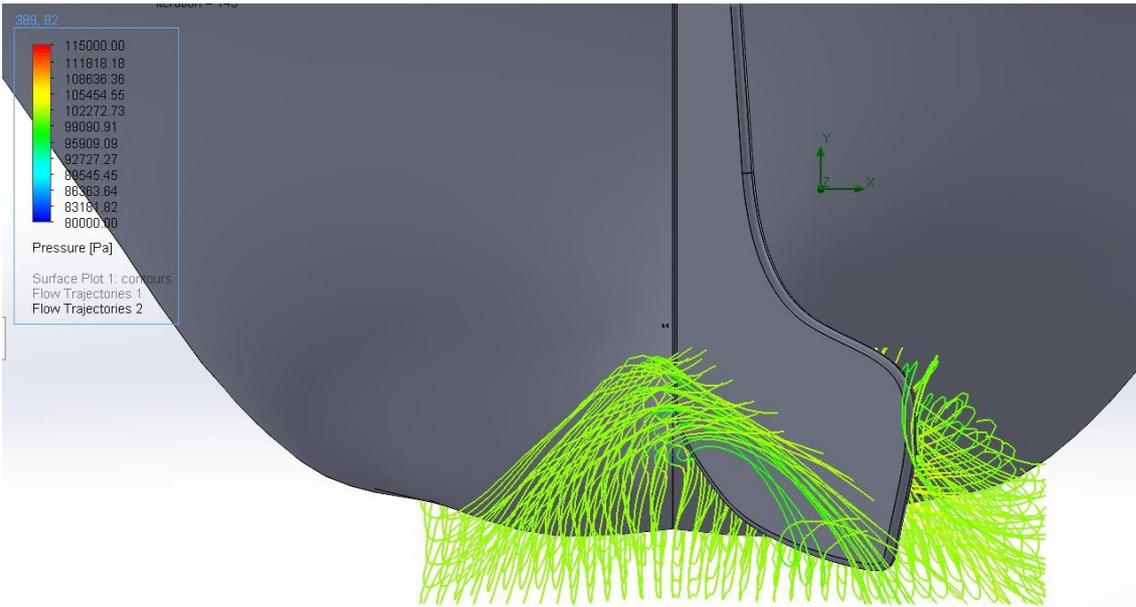
Real Club Náutico de Valencia

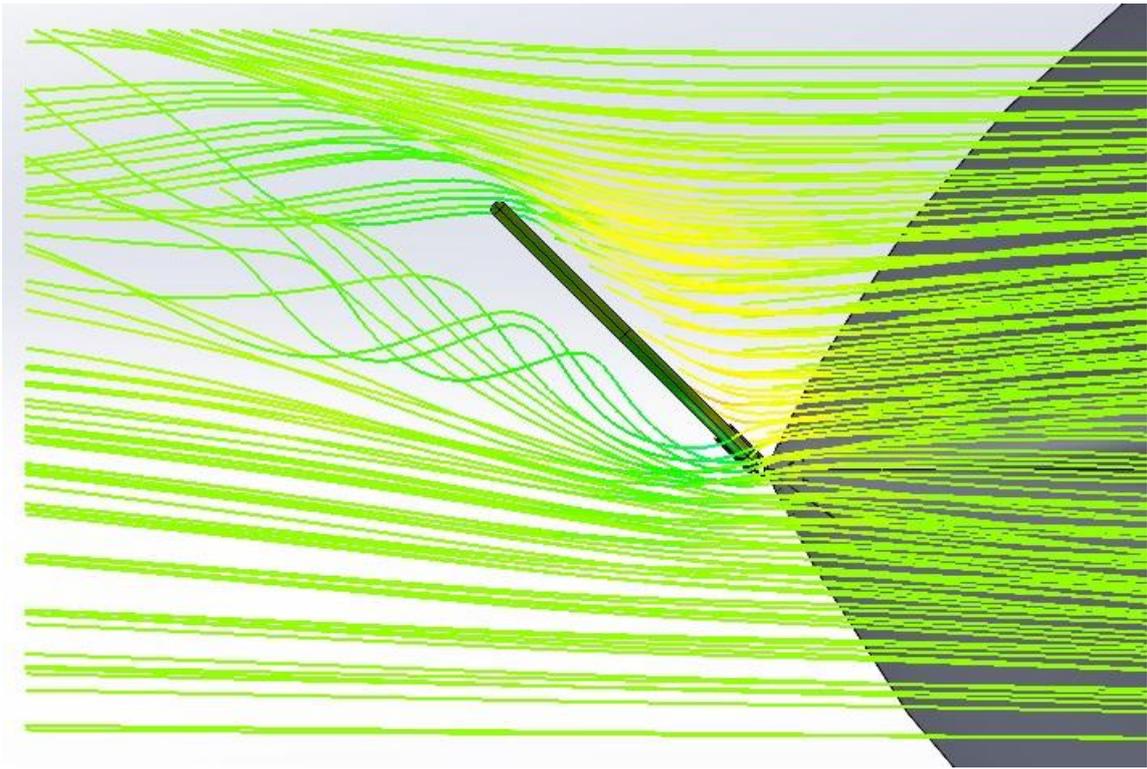




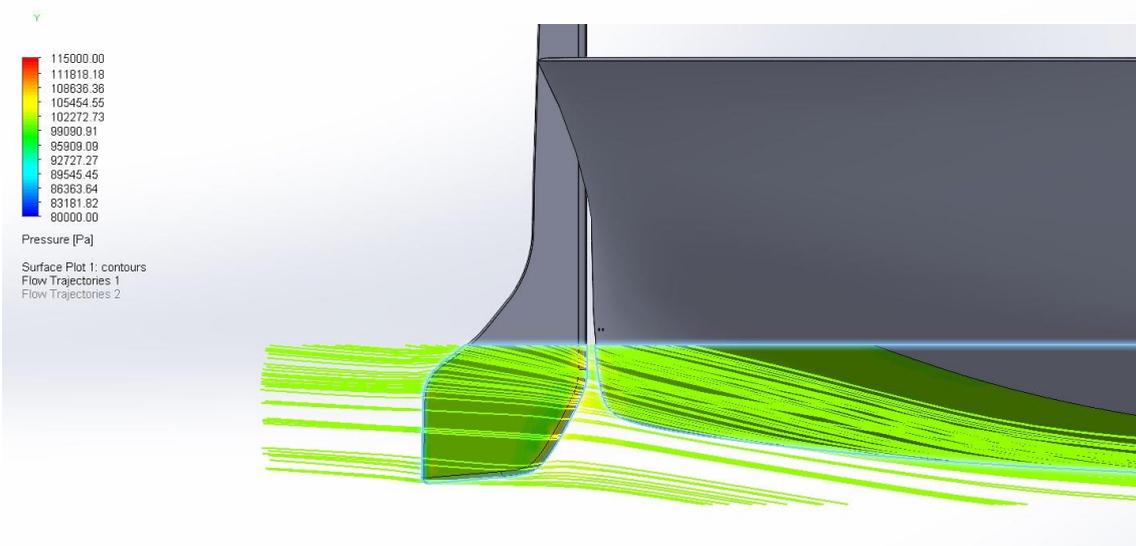
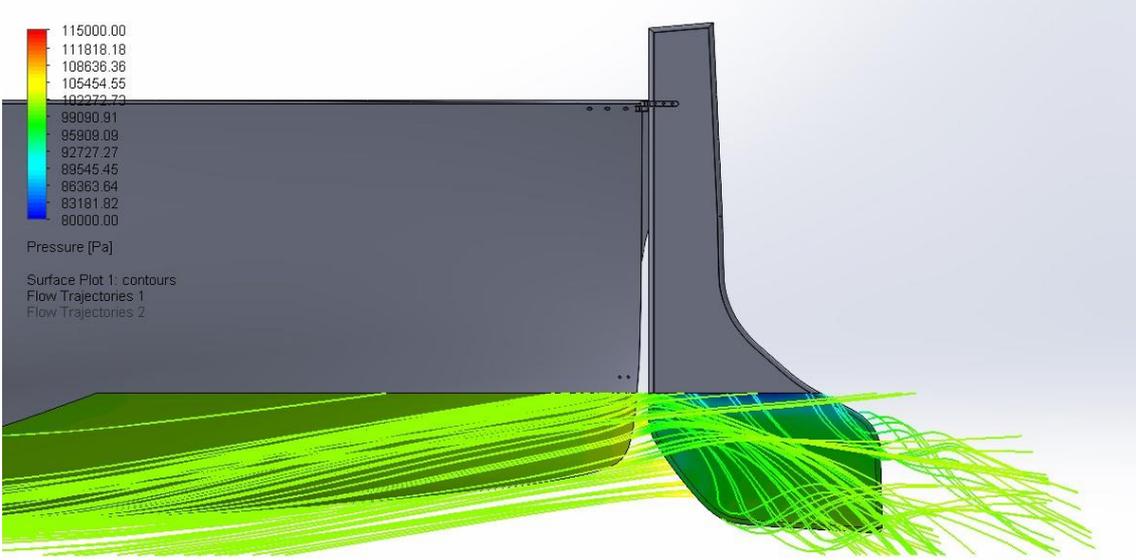
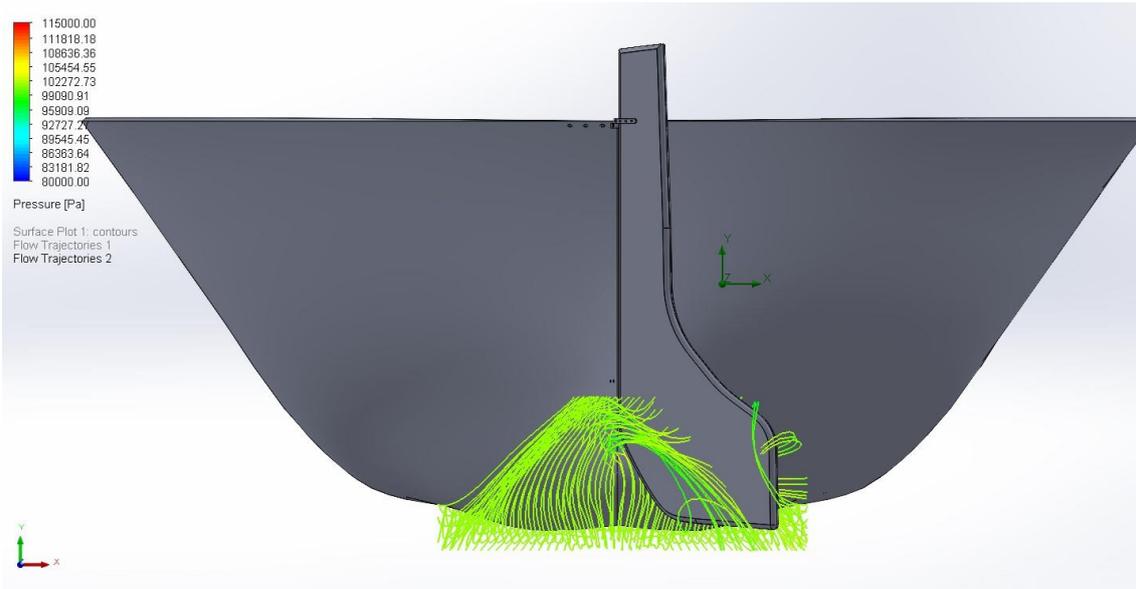
Club de Rem Denia. Modelo 1

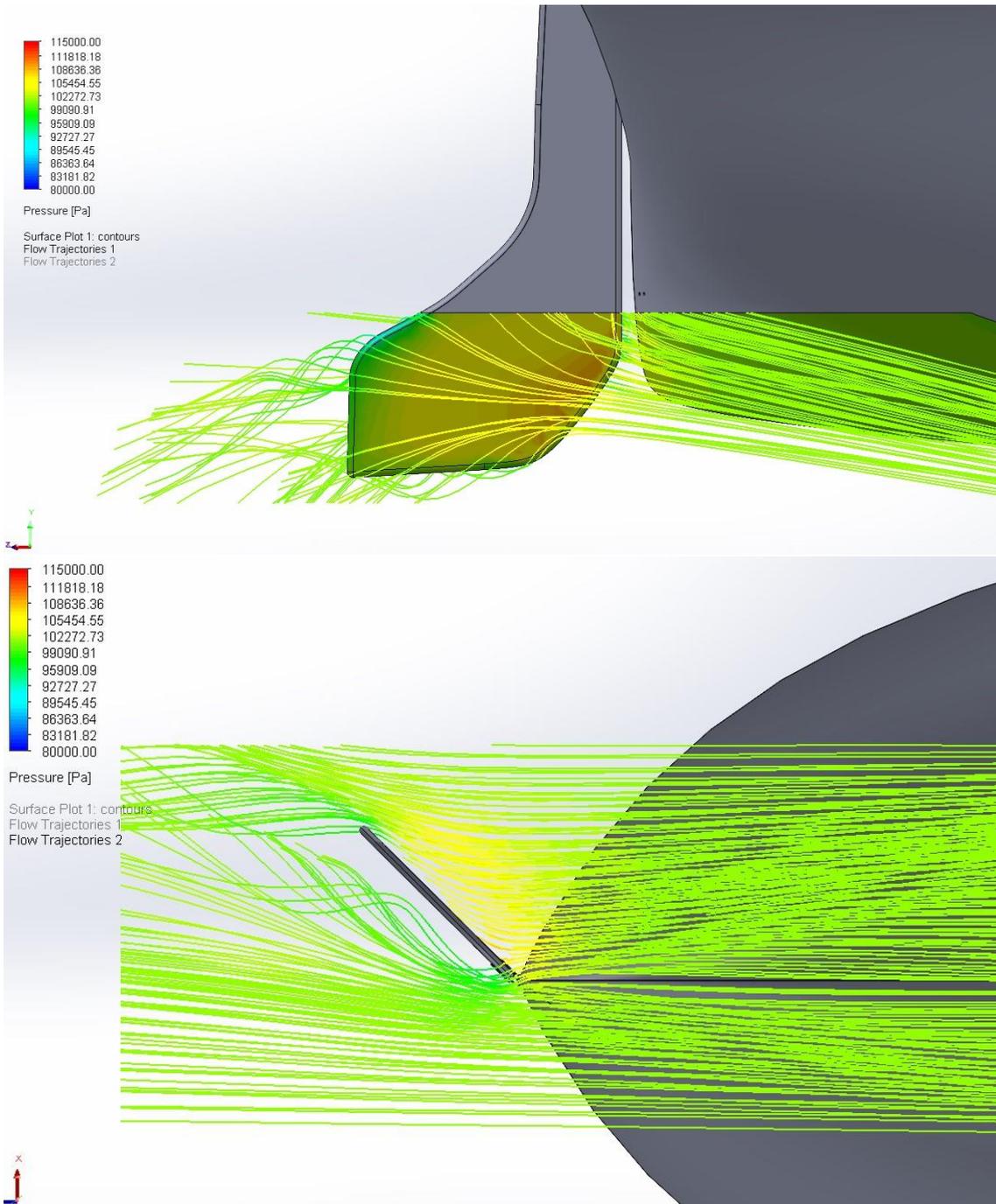




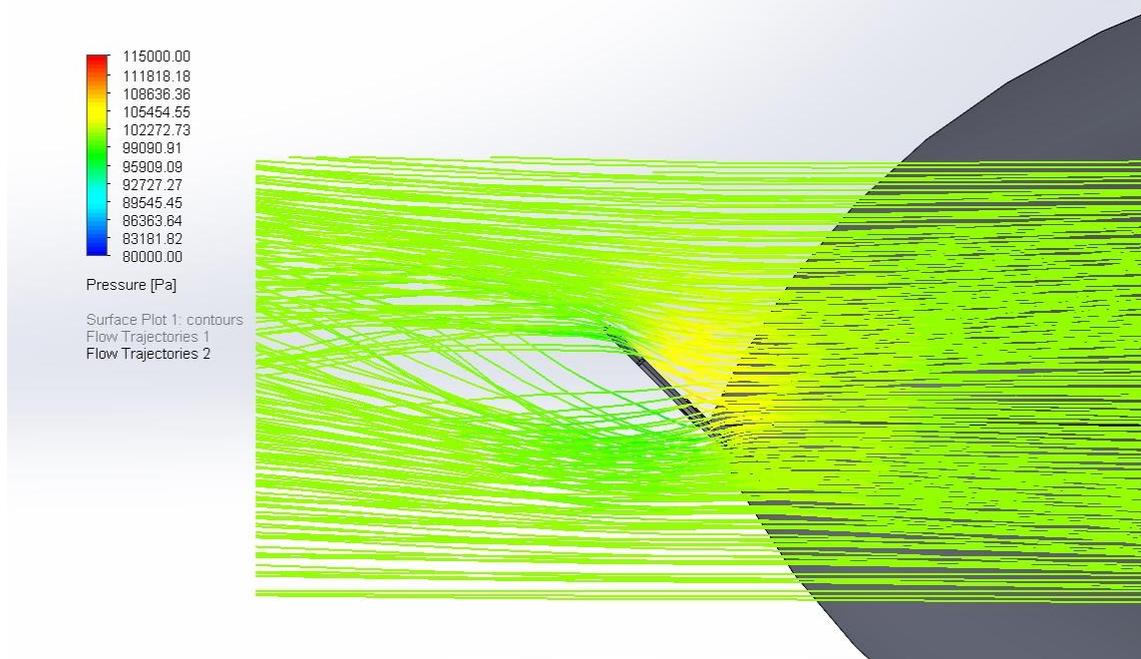
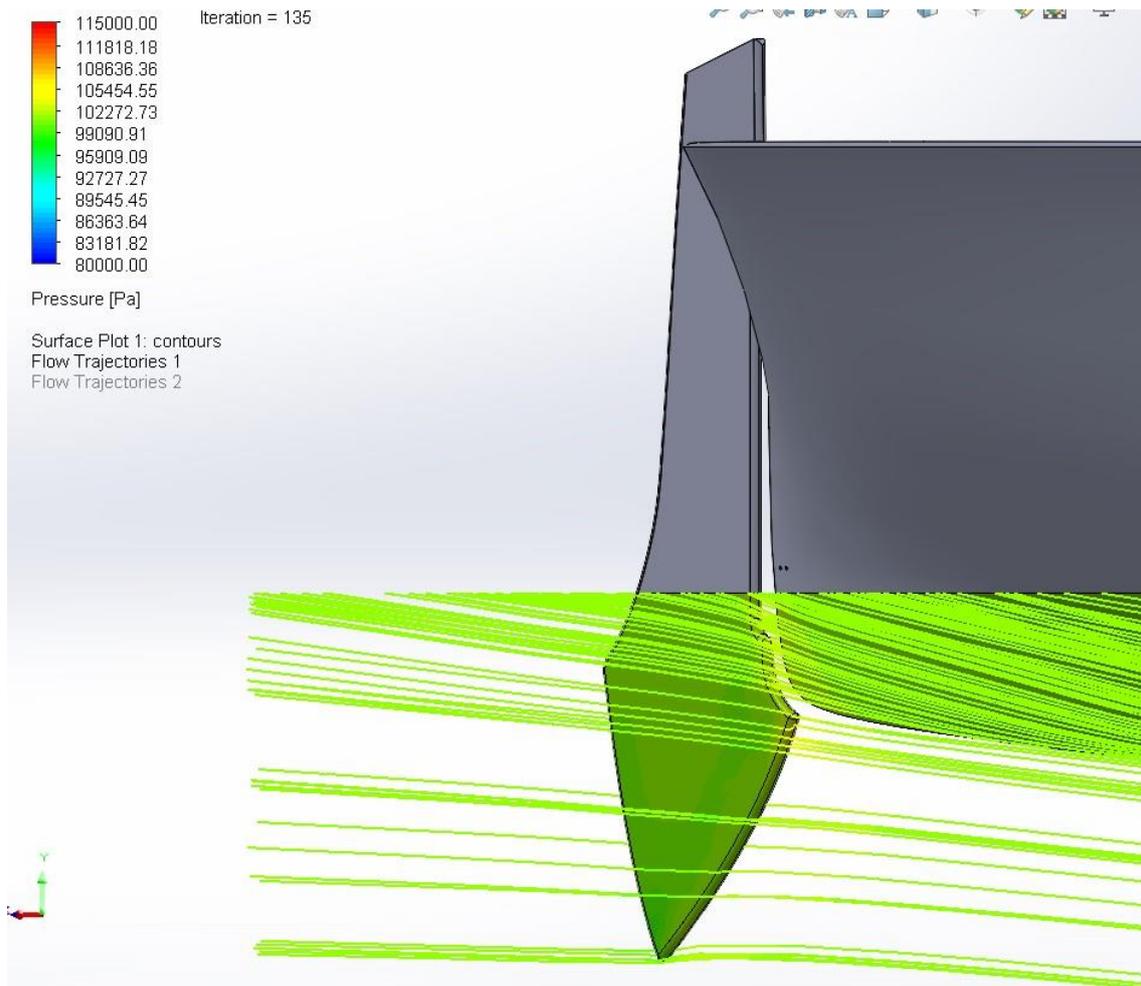


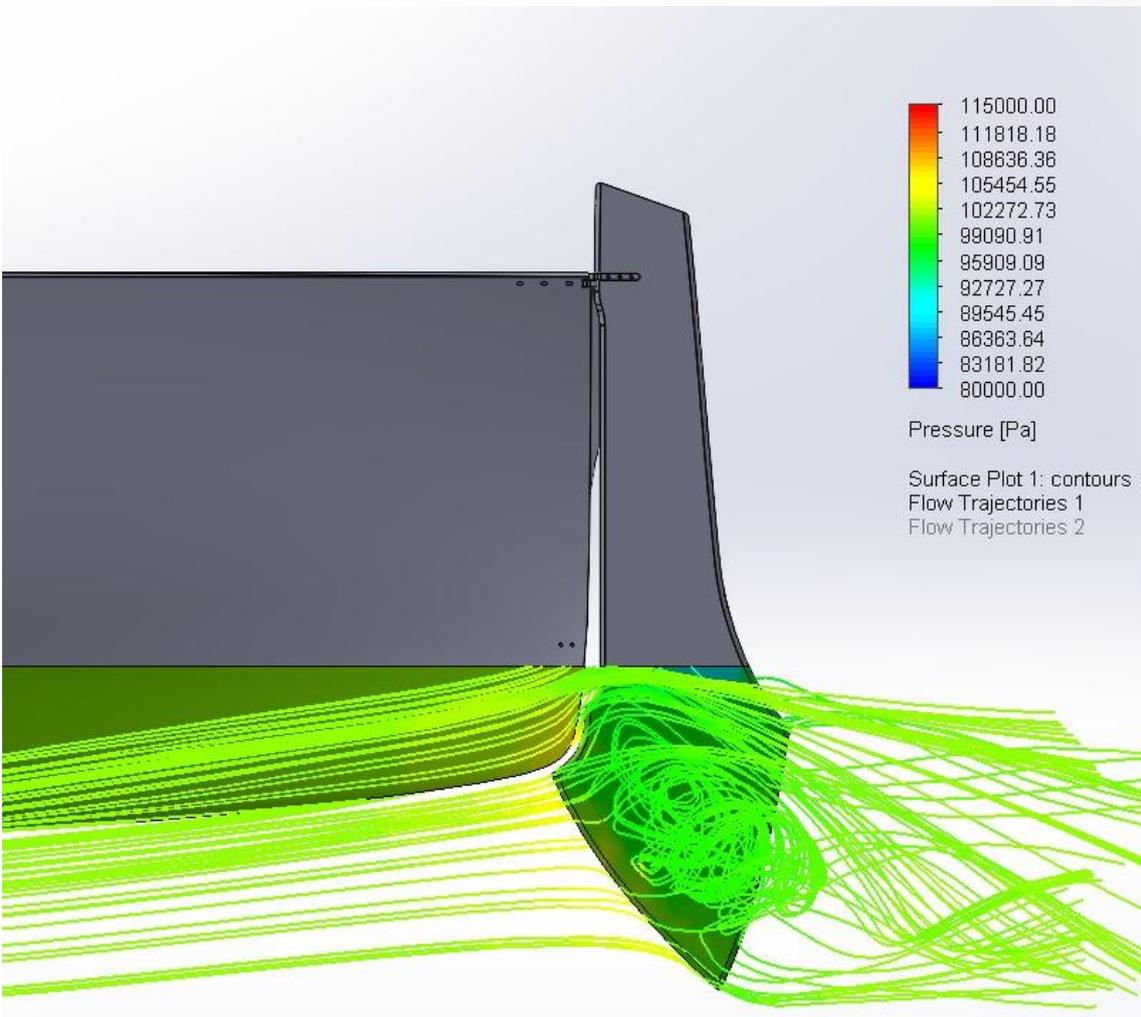
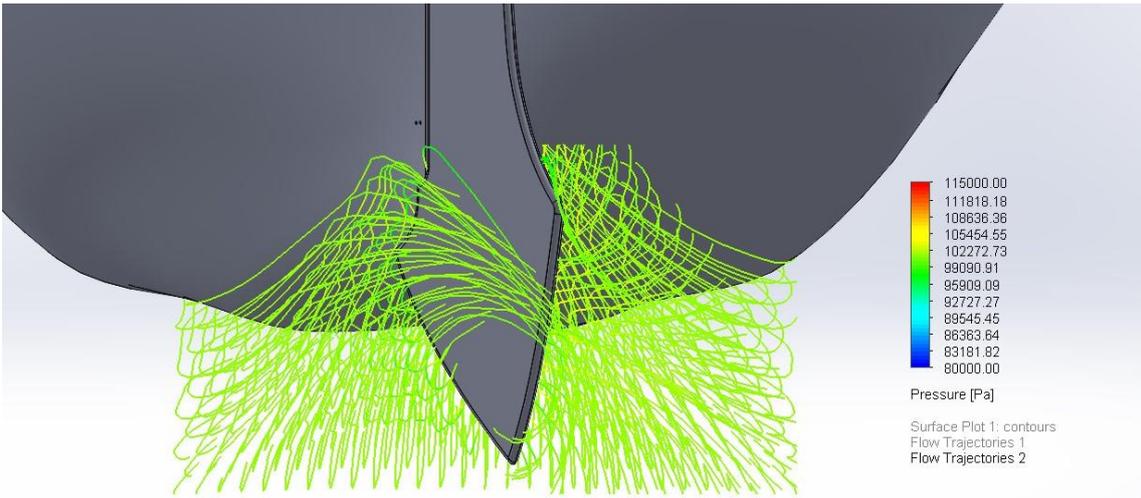
Club de Rem Denia. Modelo 2

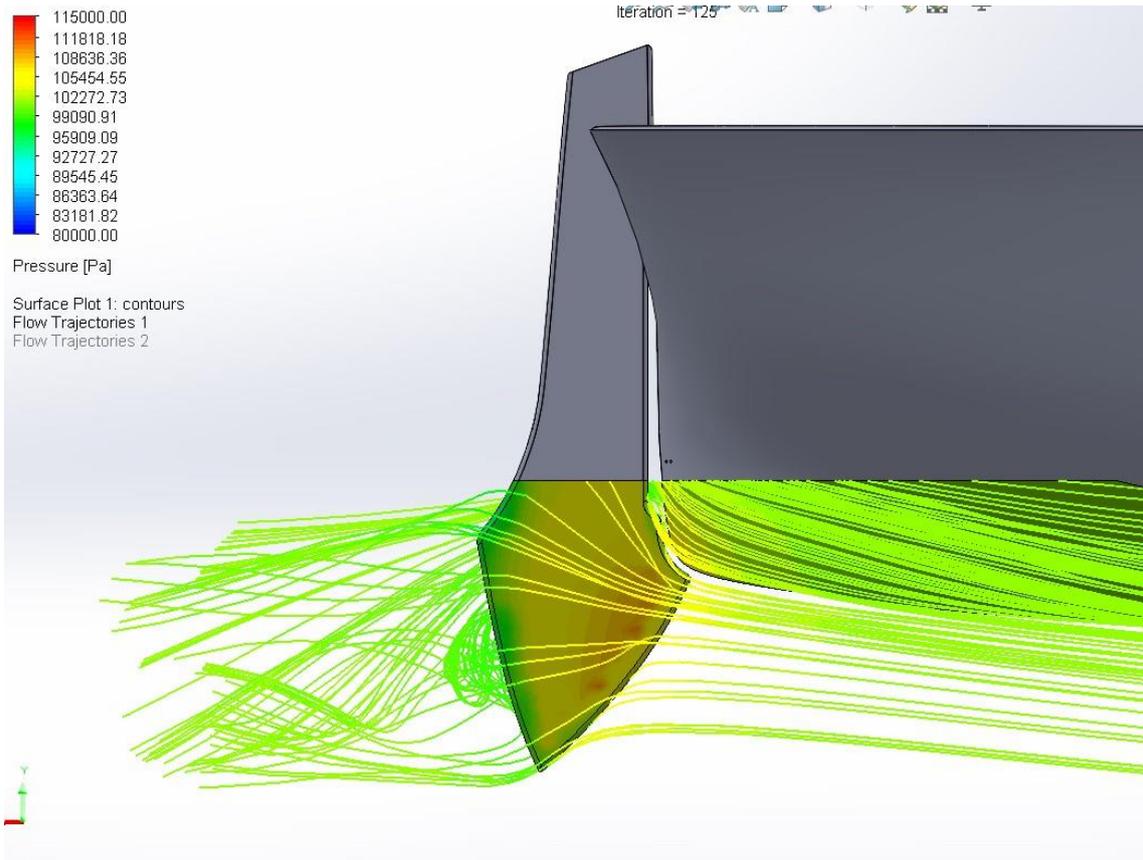


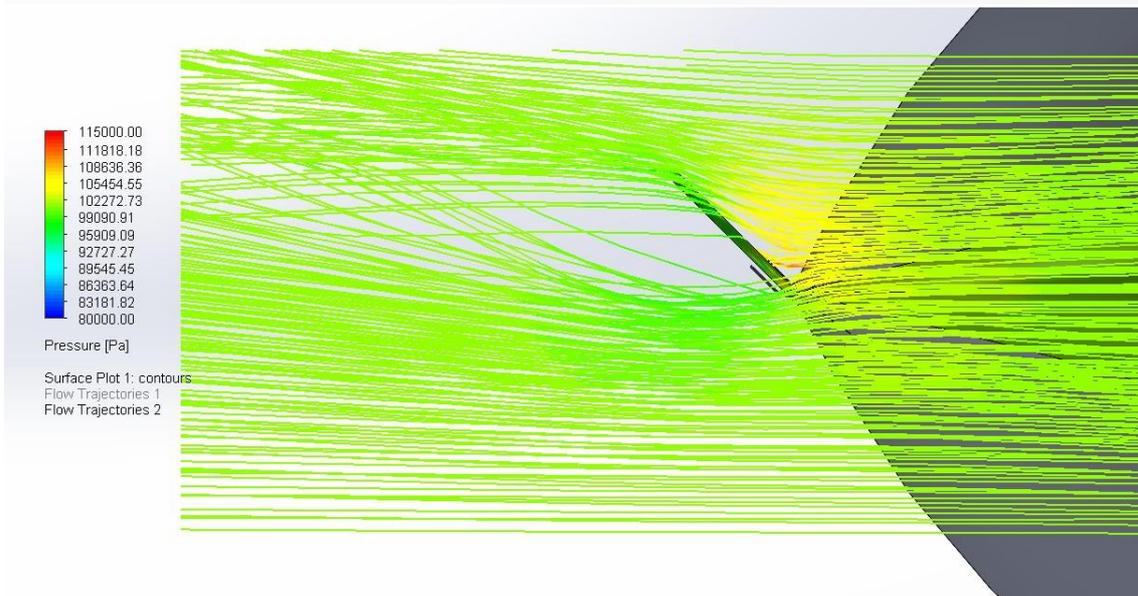
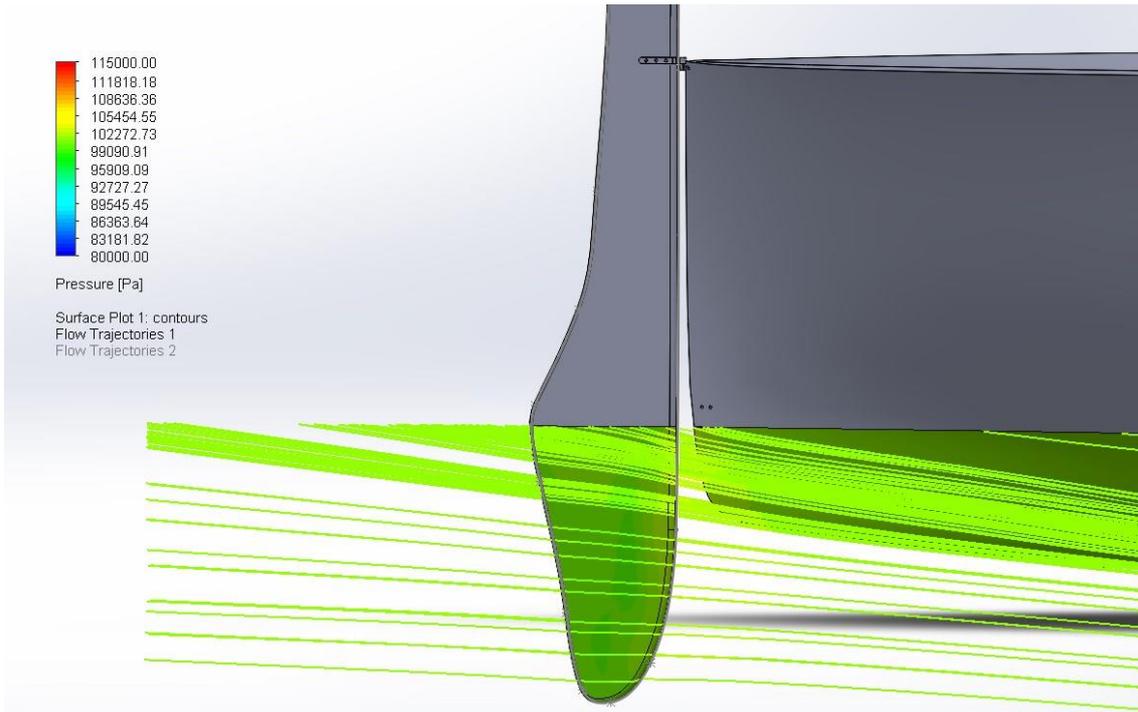


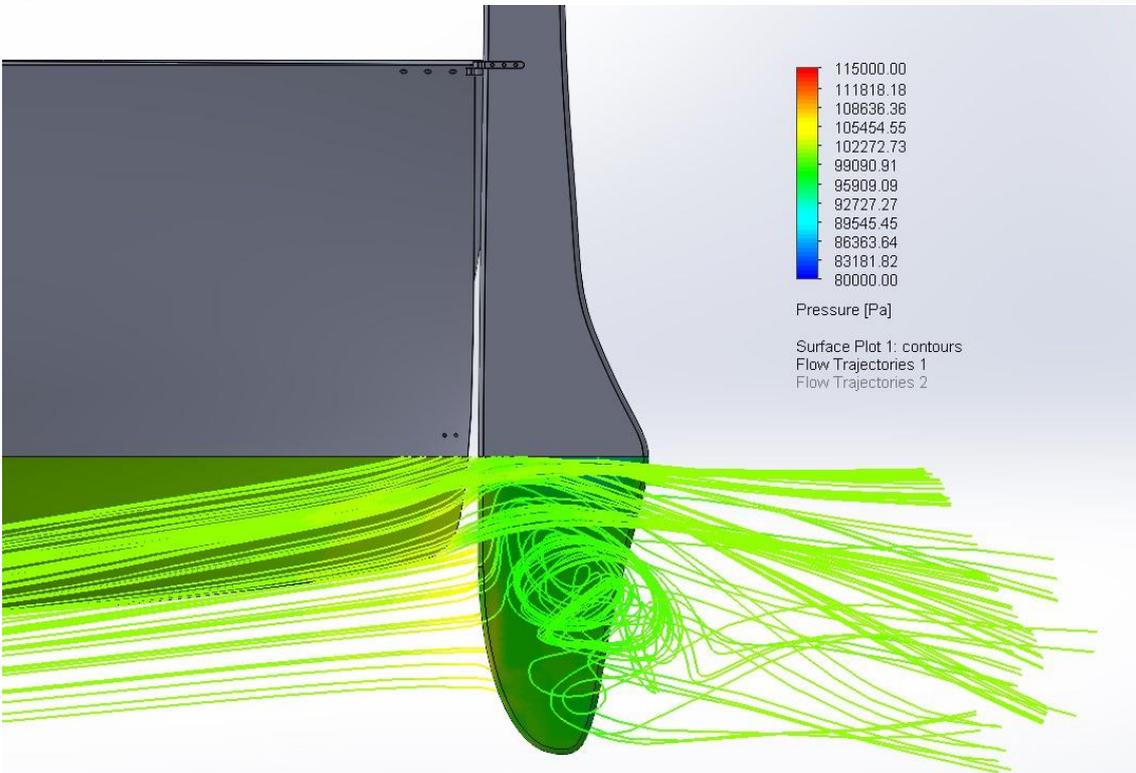
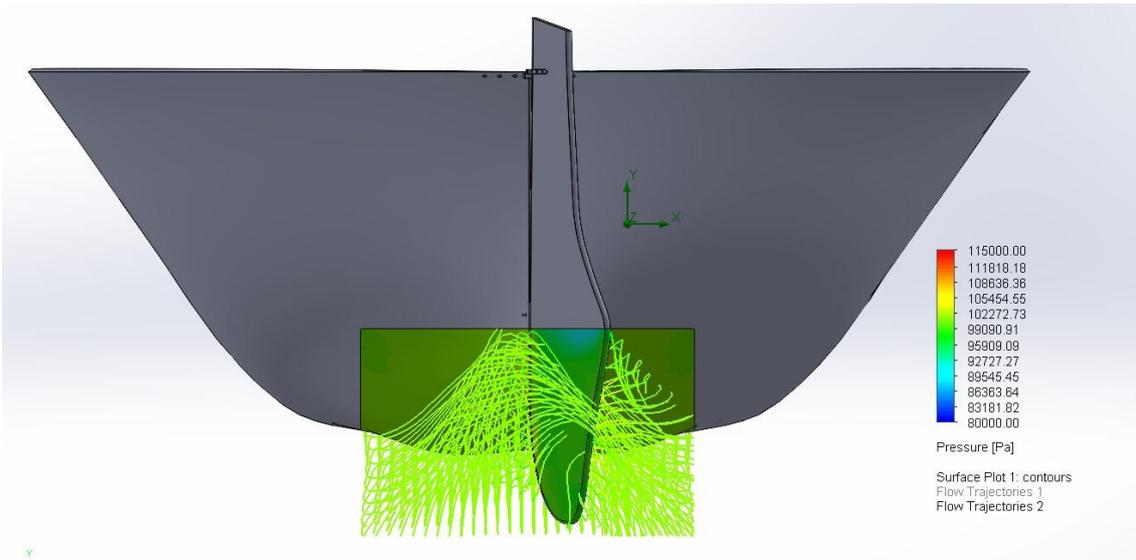
Náutico de Santa Pola

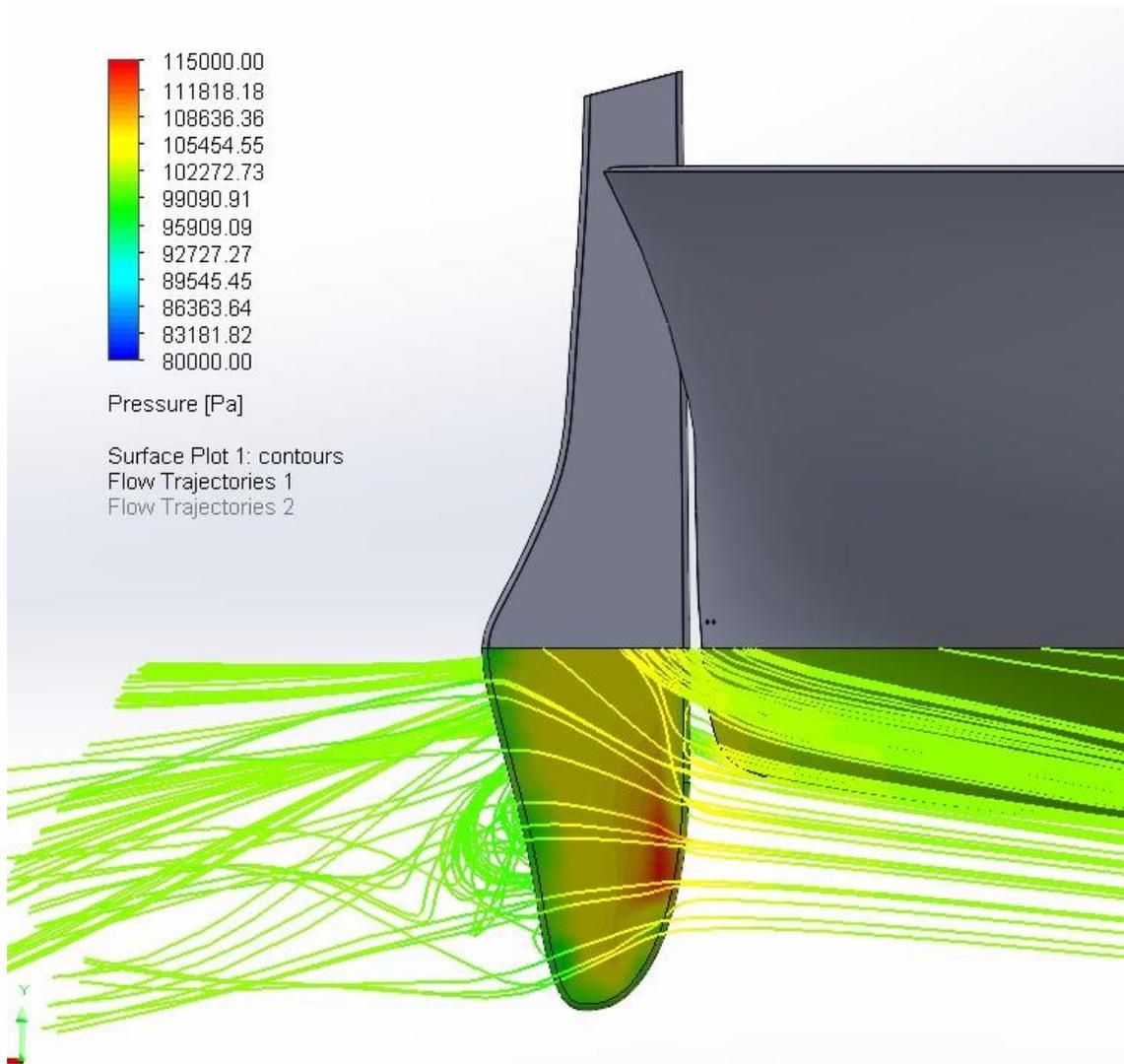




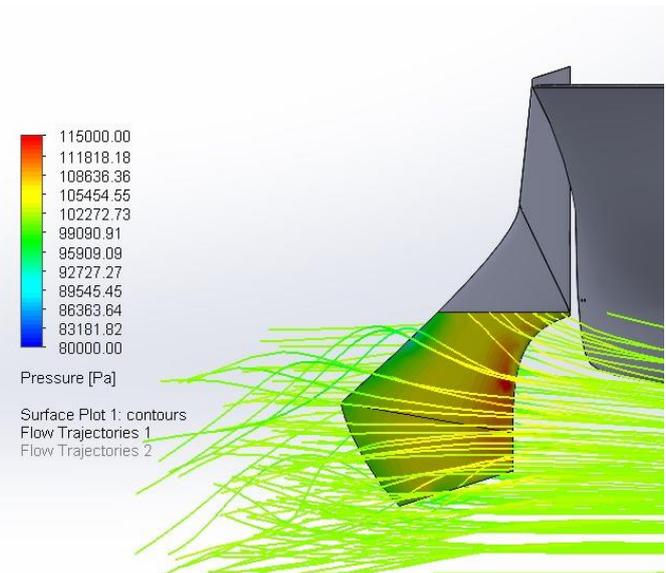
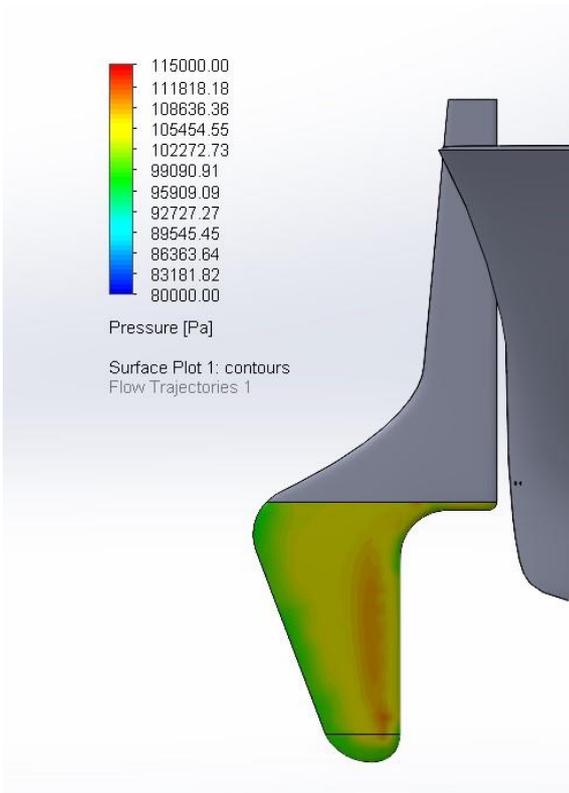
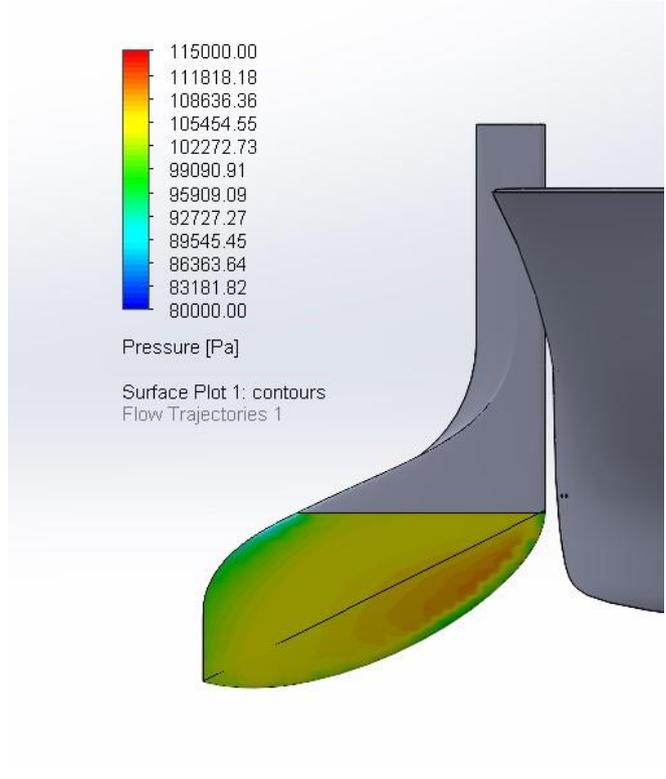
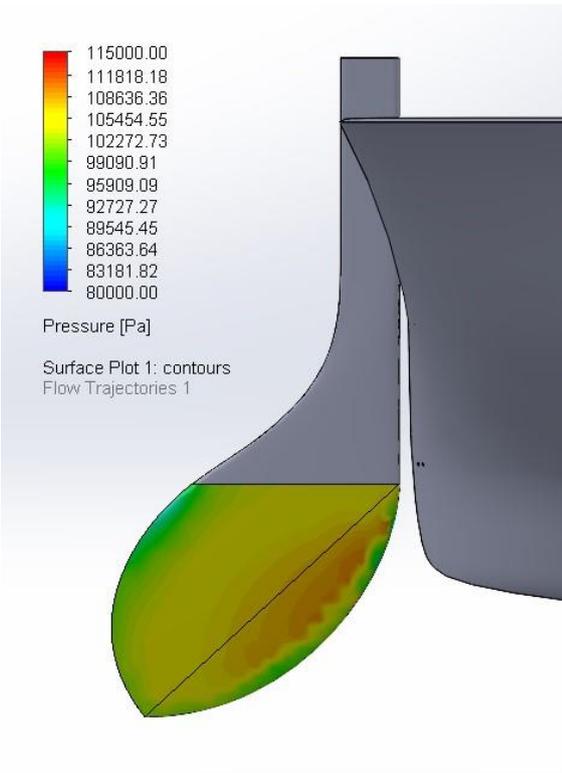


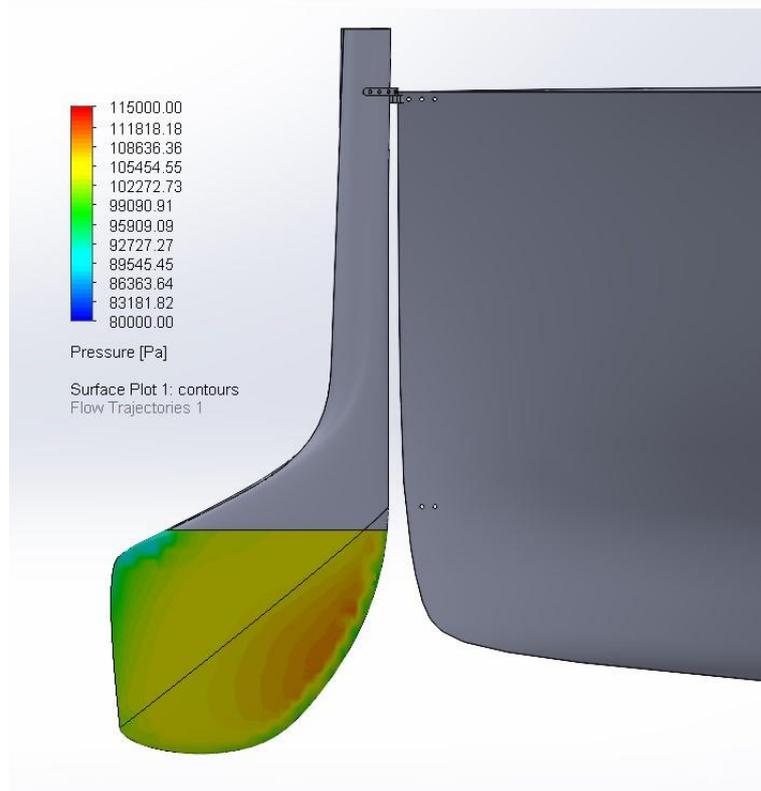
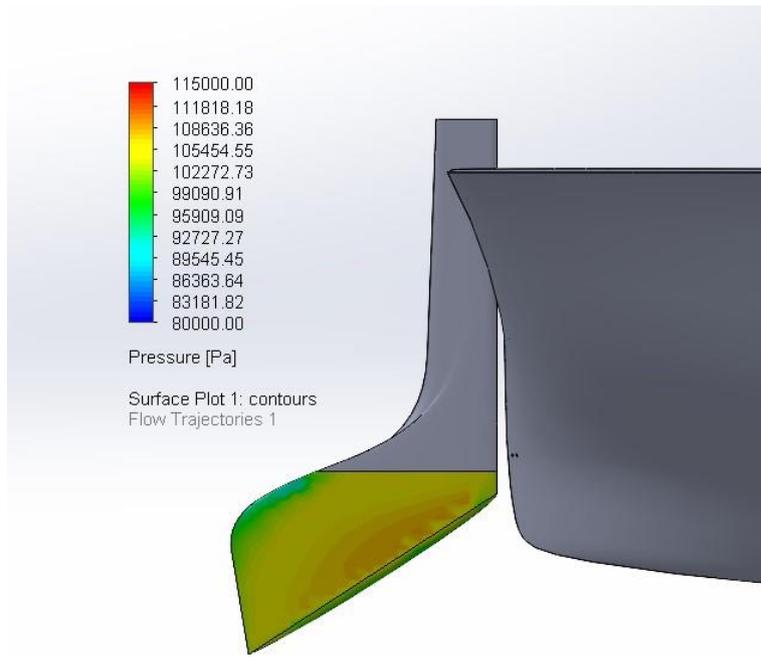






Propuestas





6.3 Materiales

Material compuesto CFRP isotrópico (matriz epoxi reforzada con fibra de carbono)

Ver hoja de datos: [Mostrar/ocultar](#) [Encontrar similar](#)

1. Detalle del material © Chris Lefferi; 2. Cuadro de bicicleta de CFRP que pesa solo 1.08 kg © TREK

Material

Los materiales compuestos reforzados con fibra de carbono (CFRPs) ofrecen mayor rigidez y resistencia que cualquier otra alternativa, pero son considerablemente más caros que el GFRP (véase su registro). Las fibras continuas en una matriz de poliéster o epoxi ofrecen el mayor rendimiento. Las fibras son las que soportan las cargas mecánicas mientras que el material de la matriz transmite las cargas a las fibras y proporciona ductilidad y tenacidad, además protege las fibras de los daños causados por la manipulación del material o efectos del medio ambiente. Es el material de la matriz quien limita la temperatura de servicio y las condiciones de procesamiento.

Composición (resumen) ⓘ

Epoxi + refuerzo con fibra de carbono HS continua (0, +-45, 90), disposición quasi-isotrópica.

Propiedades generales

Densidad	ⓘ	1,5e3	-	1,6e3	kg/m ³
Precio	ⓘ	* 29,5	-	32,7	EUR/kg

Propiedades mecánicas

Módulo de Young	ⓘ	69	-	150	GPa
Límite elástico	ⓘ	550	-	1,05e3	MPa
Resistencia a tracción	ⓘ	550	-	1,05e3	MPa
Elongación	ⓘ	* 0,32	-	0,35	% strain
Dureza-Vickers	ⓘ	* 10,8	-	21,5	HV
Resistencia a fatiga para 10 ⁷ ciclos	ⓘ	* 150	-	300	MPa
Tenacidad a fractura	ⓘ	* 6,12	-	20	MPa.m ^{0.5}

Material compuesto GFRP isotrópico (matriz epoxi reforzada con fibra de vidrio)

Ver hoja de datos: [Mostrar/ocultar](#) [Encontrar similar](#)

Material

Los materiales compuestos o "composites" (en inglés) son uno de los desarrollos en materiales más importantes del siglo XX. Aquellos con mayor rigidez y resistencia se fabrican con fibras continuas (vidrio, carbono o aramida, como el Kevlar) incrustados en una resina termoestable (poliéster o epoxi). Las fibras son responsables de la rigidez y resistencia, mientras que la matriz actúa distribuyendo los esfuerzos y proporcionando ductilidad y tenacidad, además de proteger las fibras de los posibles daños causados por la manipulación o el medio ambiente. El material de la matriz limita la temperatura máxima en servicio y las condiciones de procesamiento. Los materiales compuestos de vidrio y poliéster (GFRPs) son los más baratos y, con mucha diferencia, los más utilizados. Una innovación reciente es el uso de termoplásticos como material para la matriz, ya sea con un contenido de polipropileno barato y fibra de vidrio para derretir el PP por termoformado, o con resinas termoplásticas más caras para altas temperaturas, como el PEEK que permite mayor temperatura de trabajo y mayor resistencia al impacto. El GFRP de alto rendimiento utiliza fibras continuas. Los materiales compuestos con fibras de vidrio cortas son más baratos y se utilizan más comúnmente. Los productos de GFRP van desde pequeñas placas de circuitos electrónicos a cascos de barcos grandes, carrocería y paneles interiores de automóviles, electrodomésticos, muebles y accesorios.

Composición (resumen) ⓘ

Epoxi + refuerzo con fibra de vidrio E continua (0, +-45, 90), disposición quasi-isotrópica.

Propiedades generales

Densidad	ⓘ	1,75e3	-	1,97e3	kg/m ³
Precio	ⓘ	* 28,7	-	31,6	EUR/kg

Propiedades mecánicas

Módulo de Young	ⓘ	* 15	-	28	GPa
Límite elástico	ⓘ	* 207	-	304	MPa
Resistencia a tracción	ⓘ	* 207	-	304	MPa
Elongación	ⓘ	* 0,85	-	0,95	% strain
Dureza-Vickers	ⓘ	* 10,8	-	21,5	HV
Resistencia a fatiga para 10 ⁷ ciclos	ⓘ	* 41,3	-	91,1	MPa
Tenacidad a fractura	ⓘ	* 19,3	-	31	MPa.m ^{0.5}

6.4 Resultados de las simulaciones

Alicante 1										
Local Parameters					Integral Parameters					
Local Parameter	Minimum	Maximum	Average	Surface Area [m ²]	Integral Parameter	Value	X-component	Y-component	Z-component	Surface Area [m ²]
Presión			3446,14554		Normal Force [N]	698,996212	-470,43554	-11,359845	516,872386	0,202834211
Relative Pressure [	-12700,383	14326,0956	55,1966211	0,202834211	Force [N]	699,296415	-468,86394	-11,172892	518,707285	0,202834211
Alicante 2										
Local Parameters					Integral Parameters					
Local Parameter	Minimum	Maximum	Average	Surface Area [m ²]	Integral Parameter	Value	X-component	Y-component	Z-component	Surface Area [m ²]
Presión			3765,13376		Normal Force [N]	812,245602	-560,53208	-12,271025	587,704118	0,21572822
Relative Pressure [	-15989,075	10034,815	-487,96956	0,21572822	Force [N]	812,52222	-558,85445	-12,166454	589,683001	0,21572822
Campello										
Local Parameters					Integral Parameters					
Local Parameter	Minimum	Maximum	Average	Surface Area [m ²]	Integral Parameter	Value	X-component	Y-component	Z-component	Surface Area [m ²]
Presión			3610,15475		Normal Force [N]	2002,37658	-1369,554	7,35043059	1460,74635	0,554651177
Relative Pressure [	-12406,864	22596,965	96,9667054	0,554651177	Force [N]	2003,01147	-1365,6387	7,96788924	1465,27208	0,554651177
Costa Blanca 1										
Local Parameters					Integral Parameters					
Local Parameter	Minimum	Maximum	Average	Surface Area [m ²]	Integral Parameter	Value	X-component	Y-component	Z-component	Surface Area [m ²]
Presión			3255,70842		Normal Force [N]	454,303717	-297,529	-8,3260792	343,218644	0,139540665
Relative Pressure [	-11716,529	13475,3279	57,1225452	0,139540665	Force [N]	454,608921	-296,51189	-8,0576231	344,506955	0,139540665
Costa Blanca 2										
Local Parameters					Integral Parameters					
Local Parameter	Minimum	Maximum	Average	Surface Area [m ²]	Integral Parameter	Value	X-component	Y-component	Z-component	Surface Area [m ²]
Presión			3437,82897		Normal Force [N]	286,56956	-183,75307	-5,3246511	219,837598	0,083357713
Relative Pressure [	-11070,976	13261,0367	281,40707	0,083357713	Force [N]	286,796627	-183,16784	-5,1779992	220,624195	0,083357713
Ciudad de Valencia										
Local Parameters					Integral Parameters					
Local Parameter	Minimum	Maximum	Average	Surface Area [m ²]	Integral Parameter	Value	X-component	Y-component	Z-component	Surface Area [m ²]
Presión			3613,50501		Normal Force [N]	822,22789	-543,15963	-10,798674	617,186928	0,227543033
Relative Pressure [	-10522,938	10811,2336	270,068201	0,227543033	Force [N]	822,890654	-541,87692	-10,25894	619,203667	0,227543033
Gandia										
Local Parameters					Integral Parameters					
Local Parameter	Minimum	Maximum	Average	Surface Area [m ²]	Integral Parameter	Value	X-component	Y-component	Z-component	Surface Area [m ²]
Presión			3639,89079		Normal Force [N]	656,755971	-453,46939	-9,8231726	474,970974	0,180432878
Relative Pressure [	-13956,851	22850,4737	64,4532106	0,180432878	Force [N]	656,95173	-452,13948	-9,6537484	476,510519	0,180432878
Nautico Valencia										
Local Parameters					Integral Parameters					
Local Parameter	Minimum	Maximum	Average	Surface Area [m ²]	Integral Parameter	Value	X-component	Y-component	Z-component	Surface Area [m ²]
Presión			3996,66017		Normal Force [N]	926,764165	-644,67691	-8,1368405	665,745662	0,231884655
Relative Pressure [	-14603,761	13580,562	76,6784007	0,231884655	Force [N]	926,953264	-642,90435	-8,0951301	667,720612	0,231884655
Rem Denia 2										
Local Parameters					Integral Parameters					
Local Parameter	Minimum	Maximum	Average	Surface Area [m ²]	Integral Parameter	Value	X-component	Y-component	Z-component	Surface Area [m ²]
Presión			4456,39786		Normal Force [N]	1268,95944	-883,14603	-4,0157539	911,205266	0,284750034
Relative Pressure [	-21340,355	15285,9254	-944,49175	0,284750034	Force [N]	1269,38906	-880,10956	-5,0009882	914,729862	0,284750034
Rem Denia 1										
Local Parameters					Integral Parameters					
Local Parameter	Minimum	Maximum	Average	Surface Area [m ²]	Integral Parameter	Value	X-component	Y-component	Z-component	Surface Area [m ²]
Presión			4311,74516		Normal Force [N]	1002,71481	-698,6114	10,7292699	719,210669	0,232554284
Relative Pressure [	-22608,783	16653,005	-750,95768	0,232554284	Force [N]	1003,11788	-696,18599	10,1560461	722,127	0,232554284
Santapola										
Local Parameters					Integral Parameters					
Local Parameter	Minimum	Maximum	Average	Surface Area [m ²]	Integral Parameter	Value	X-component	Y-component	Z-component	Surface Area [m ²]
Presión			3733,10478		Normal Force [N]	884,238321	-598,47511	0,6238157	650,925926	0,236864051
Relative Pressure [	-14748,868	13835,3189	-277,28778	0,236864051	Force [N]	884,661243	-596,65313	0,85830646	653,169056	0,236864051
Universidad Alicante										
Local Parameters					Integral Parameters					
Local Parameter	Minimum	Maximum	Average	Surface Area [m ²]	Integral Parameter	Value	X-component	Y-component	Z-component	Surface Area [m ²]
Presión			3852,05379		Normal Force [N]	675,626989	-465,73528	-7,6705884	489,391086	0,175393965
Relative Pressure [	-15324,531	24379,1059	138,129517	0,175393965	Force [N]	675,869224	-464,38805	-7,484021	491,00605	0,175393965

	Presion Max [Pa]	Presion relativa [Pa]	Presión calculada	Fuerza [N]	Area [m^2]	
1 Alicante 1	14326,09557	55,19662114	3446,145538	698,9962118	0,202834211	
2 Alicante 2	10034,81501	-487,9695597	3765,133755	812,2456015	0,21572822	
3 Campello	22596,96495	96,96670544	3610,154755	2002,376583	0,554651177	
4 Costa Blanca 1	13475,32794	57,12254517	3255,70842	454,3037168	0,139540665	
5 Costa Blanca 2	13261,03668	281,4070697	3437,828969	286,5695602	0,083357713	
6 Ciudad de valencia	10811,23363	270,0682013	3613,505007	822,2278903	0,227543033	
7 Gandia	22850,47365	64,45321056	3639,890786	656,7559714	0,180432878	
8 Nautico Valencia	13580,56195	76,67840071	3996,660174	926,7641645	0,231884655	
9 Rem Denia 2	15285,9254	-944,4917535	4456,397862	1268,959444	0,284750034	
0 Rem Denia 1	16653,00503	-750,9576784	4311,745158	1002,714809	0,232554284	
1 Santapola	13835,31893	-277,2877775	3733,104784	884,238321	0,236864051	
2 Universidad de Alicante	24379,10591	138,1295171	3852,053786	675,6269888	0,175393965	
		0,4		0,6	0,1	
		0,7		0,3	-0,1	
		Presion media	Presión calculada	Fuerza	Area	
1 Universidad de Alicante	Costa Blanca 2	Rem Denia 2	Campello	Campello		
2 Gandia	Ciudad de valencia	Rem Denia 1	Rem Denia 2	Rem Denia 2		
3 Campello	Universidad de Alicante	Nautico Valencia	Rem Denia 1	Santapola		
4 Rem Denia 1	Campello	Universidad de Alicante	Nautico Valencia	Rem Denia 1		
5 Rem Denia 2	Nautico Valencia	Alicante 2	Santapola	Nautico Valencia		
6 Alicante 1	Gandia	Santapola	Ciudad de valencia	Ciudad de valencia		
7 Santapola	Costa Blanca 1	Gandia	Alicante 2	Alicante 2		
8 Nautico Valencia	Alicante 1	Ciudad de valencia	Alicante 1	Alicante 1		
9 Costa Blanca 1	Santapola	Campello	Universidad de Alicante	Gandia		
10 Costa Blanca 2	Alicante 2	Alicante 1	Gandia	Universidad de Alicante		
11 Ciudad de valencia	Rem Denia 1	Costa Blanca 2	Costa Blanca 1	Costa Blanca 1		
12 Alicante 2	Rem Denia 2	Costa Blanca 1	Costa Blanca 2	Costa Blanca 2		
		Presión calculada	Fuerza [N]	Area [m^2]		
Alicante 1		3	5	5	2,8	
Alicante 2		8	6	6	6	
Campello		4	12	12	4,8	
Costa Blanca 1		1	2	2	1	
Costa Blanca 2		2	1	1	1,4	
Ciudad de valencia		5	7	7	4,4	
Gandia		6	3	4	4	
Nautico Valencia		10	9	8	8	
Rem Denia 2		12	11	11	9,4	
Rem Denia 1		11	10	9	8,8	
Santapola		7	8	10	5,4	
Universidad de Alicante		9	4	3	6,4	
Ponderacion		0,6	0,4	0,2		

P1					Integral Parameters					
Local Parameter	Minimum	Maximum	Average	Surface Area [m ²]	Integral Parameter	Value	X-component	Y-component	Z-component	Surface Area [m ²]
Relative Pressure [Pa]	-19505,1572	13217,7947	-171,978335	0,167972909	Normal Force [N]	678,00063	-470,953488	1,93268785	487,733463	0,167972909
Presión calculada			4036,36893		Force [N]	678,26301	-469,471843	2,02020189	489,523052	0,167972909
P2					Integral Parameters					
Local Parameter	Minimum	Maximum	Average	Surface Area [m ²]	Integral Parameter	Value	X-component	Y-component	Z-component	Surface Area [m ²]
Relative Pressure [Pa]	-28131,412	10327,9159	-977,815765	0,283472307	Normal Force [N]	1282,94765	-896,757507	21,111697	917,243118	0,283472307
Presión calculada			4525,83062		Force [N]	1283,19545	-892,914336	19,9757586	921,35526	0,283472307
P3					Integral Parameters					
Local Parameter	Minimum	Maximum	Average	Surface Area [m ²]	Integral Parameter	Value	X-component	Y-component	Z-component	Surface Area [m ²]
Relative Pressure [Pa]	-33223,3222	9575,13742	-1239,08615	0,217122238	Normal Force [N]	1057,31074	-747,691321	-5,61101464	747,550808	0,217122238
Presión calculada			4869,65662		Force [N]	1057,68918	-744,813094	-6,64108913	750,943235	0,217122238
P4					Integral Parameters					
Local Parameter	Minimum	Maximum	Average	Surface Area [m ²]	Integral Parameter	Value	X-component	Y-component	Z-component	Surface Area [m ²]
Relative Pressure [Pa]	-28372,5605	14886,4724	-950,061423	0,251382376	Normal Force [N]	1208,64454	-847,890835	10,8199527	861,269811	0,251382376
Presión calculada			4807,99235		Force [N]	1208,80547	-844,793112	10,0755815	864,54251	0,251382376
P5					Integral Parameters					
Local Parameter	Minimum	Maximum	Average	Surface Area [m ²]	Integral Parameter	Value	X-component	Y-component	Z-component	Surface Area [m ²]
Relative Pressure [Pa]	-23274,4069	20386,8281	-945,592453	0,254346708	Normal Force [N]	1209,14346	-844,531051	13,0218503	865,231549	0,254346708
Presión calculada			4753,91824		Force [N]	1209,41537	-841,522798	12,265622	868,547335	0,254346708
P6					Integral Parameters					
Local Parameter	Minimum	Maximum	Average	Surface Area [m ²]	Integral Parameter	Value	X-component	Y-component	Z-component	Surface Area [m ²]
Relative Pressure [Pa]	-26513,2185	29446,901	-808,227784	0,360230875	Normal Force [N]	1507,23337	-1020,4003	5,3052688	1109,28243	0,360230875
Presión calculada			4184,07603		Force [N]	1507,86271	-1016,59908	5,00107221	1113,62078	0,360230875

	Presión Max	Presión calculada	Fuerza	Área
P1	13217,79469	4036,36893	678,0006301	0,167972909
P2	10327,9159	4525,830616	1282,947648	0,283472307
P3	9575,137422	4869,656619	1057,310742	0,217122238
P4	14886,47237	4807,992355	1208,644541	0,251382376
P5	20386,8281	4753,918237	1209,143456	0,254346708
P6	29446,90104	4184,076031	1507,233368	0,360230875
Alicante 1	14326,09557	3446,145538	698,9962118	0,202834211
Alicante 2	10034,81501	3765,133755	812,2456015	0,21572822
Campello	22596,96495	3610,154755	2002,376583	0,554651177
Costa Blanca 1	13475,32794	3255,70842	454,3037168	0,139540665
Costa Blanca 2	13261,03668	3437,828969	286,5695602	0,083357713
Ciudad de valencia	10811,23363	3613,505007	822,2278903	0,227543033
Gandia	22850,47365	3639,890786	656,7559714	0,180432878
Nautico Valencia	13580,56195	3996,660174	926,7641645	0,231884655
Rem Denia 2	15285,9254	4456,397862	1268,959444	0,284750034
Rem Denia 1	16653,00503	4311,745158	1002,714809	0,232554284
Santapola	13835,31893	3733,104784	884,238321	0,236864051
Universidad de Alic	24379,10591	3852,053786	675,6269888	0,175393965

	Presión media	Fuerza	Área	Puntuación
P1	11	5	3	8
P2	15	16	15	12,4
P3	18	12	8	14
P4	17	13	13	12,8
P5	16	14	14	12,4
P6	12	17	17	10,6
Alicante 1	3	6	6	3
Alicante 2	8	7	7	6,2
Campello	4	18	18	6
Costa Blanca 1	1	2	2	1
Costa Blanca 2	2	1	1	1,4
Ciudad de valencia	5	8	9	4,4
Gandia	6	3	5	3,8
Nautico Valencia	10	10	10	8
Rem Denia 2	14	15	16	11,2
Rem Denia 1	13	11	11	10
Santapola	7	9	12	5,4
Universidad de Alic	9	4	4	6,2
	0,6	0,4	-0,2	