



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

  
ETSI Aeroespacial y Diseño Industrial

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeroespacial  
y Diseño Industrial

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN KAYAK SIT ON TOP

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Diseño y Fabricación Integrada Asistidos  
por Computador

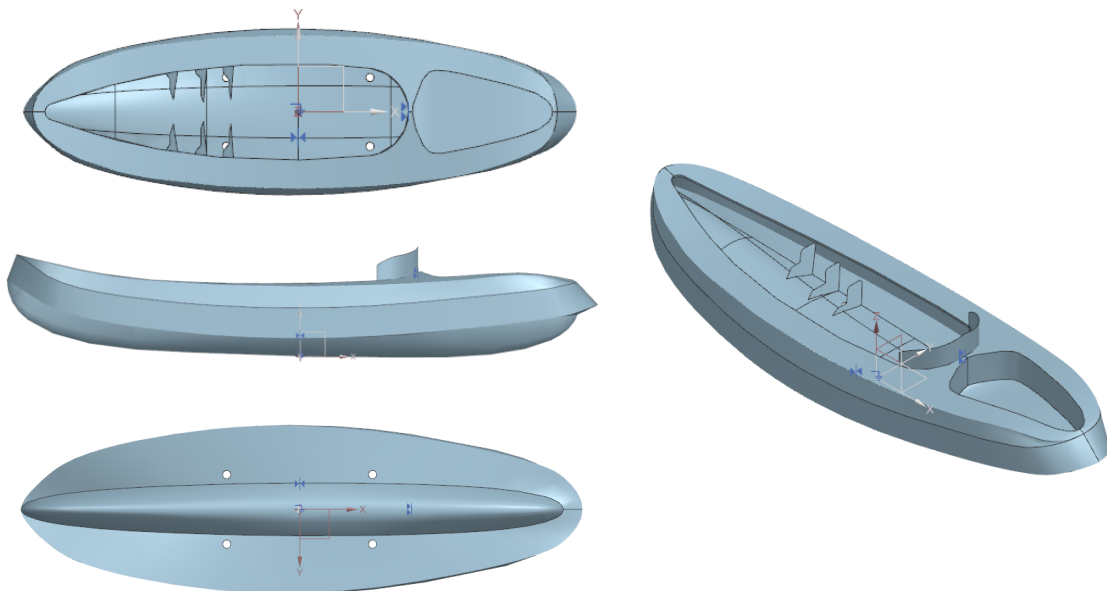
AUTOR/A: López Garrido, Teresa

Tutor/a: Gutiérrez Rubert, Santiago Carlos

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024



# DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN KAYAK *SIT ON TOP*



**Máster Universitario en Diseño y  
Fabricación Integrada Asistidos por  
Computador  
CURSO 2023/24**

**AUTORA: Teresa López Garrido**

**TUTOR: Santiago Carlos Gutiérrez Rubert**

*A mi familia y amigos por  
acompañarme en este nuevo camino.  
A mi hermana por  
transmitirme esa pasión que tiene por el deporte*

## AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer en primer lugar a los docentes y profesionales que forman parte del Máster Universitario en Diseño y Fabricación Integrada Asistidos por Computador, haciendo hincapié en mi tutor Santiago Carlos Gutiérrez Rubert.

A mis amigos por el apoyarme y haber sido una base sólida donde refugiarse a lo largo de este curso.

Y en especial a mi familia. A mis padres Inmaculada y Samuel por apoyarme en todos los pasos que doy en este camino, sin su ayuda no podría estar hoy donde me encuentro. Y a mi hermana Inma porque este Trabajo de Fin de Máster no tendría esta temática si no fuera por la pasión que transmite hacia el deporte.

Muchas gracias.



## RESUMEN

Este Trabajo de Fin de Máster hace el estudio completo del diseño y la fabricación de un kayak *Sit on Top*. Para ello el estudio se centra en un modelado 3D teniendo en cuenta los requisitos ergonómicos mínimos a cumplir por el producto. Se analizan los materiales y la forma geométrica 3D sobre la que se realiza una simulación por elementos finitos para predecir como se comportará el kayak en la realidad, aplicando diferentes fuerzas y restricciones de las condiciones a las que se enfrentará la propuesta en el mundo real. Tras estos estudios, una vez seleccionados los materiales y la forma geométrica definitiva se realiza la planificación y simulación de la fabricación del molde del kayak *Sit on Top*.

Esto es posible gracias al empleo del software de Siemens NX, que será la herramienta empleada para el desarrollo de este proyecto.

## ABSTRACT

This Final Master's Degree Project makes a complete study of the design and manufacturing of a *Sit on Top* kayak. For this purpose, the study would focus in the 3D modelling considering the ergonomic requirements minimum to manufacture the product. There will be an analysis of the materials and the shape to which shall be applied a finite element simulation to predict how the kayak will behave, applying different forces and boundary conditions that the design will face in the real world. After those studies and having clear which would be the materials and geometric shapes it will start the process of the mold manufacturing of the *Sit on Top* kayak.

This would be possible thanks to the use of the Siemens NX software that would be the tool require to develop this project.

## INDICES

1. OBJETIVO .....	10
1.1. Planificación y antecedentes .....	10
2. ALCANCE Y EXCLUSIONES .....	11
2.1. Ámbito de aplicación .....	11
2.2. Desarrollo del proyecto .....	11
2.3. Objetivos de desarrollo sostenible (ODS) .....	11
3. MEMORIA DESCRIPTIVA.....	13
3.1. Antecedentes .....	13
3.1.1. Introducción al mundo del kayak .....	13
3.1.2. Partes de un kayak .....	14
3.1.3. Kayak <i>Sit on Top</i> .....	15
3.1.4. Estudio ergonómico .....	19
3.1.5. Análisis del entorno .....	21
3.1.6. Procesos de fabricación de un kayak .....	23
3.1.7. Estudio de materiales y sostenibilidad .....	24
3.2. Aplicación: Diseño y Fabricación de un kayak <i>Sit on Top</i> .....	26
3.2.1. Requisitos.....	26
3.2.1. Modelado en Siemens NX.....	32
3.2.2. Estudio de simulación en Siemens NX .....	47
3.2.3. Fabricación del kayak en Siemens NX .....	64
4. CONCLUSIONES .....	69
5. VALORACIÓN ECONÓMICA .....	70
a. Coste de mano de obra .....	71
b. Costes de las licencias .....	73
c. Coste del material empleado .....	74
d. Costes indirectos .....	74
e. Coste total de la valoración económica .....	75
3. BIBLIOGRAFÍA.....	76

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Canoa Rob Roy fabricada por Jonh McGregor .....	13
Figura 2. Partes de un kayak.....	14
Figura 3. Kayak <i>Sit on Top</i> : Kayak <i>RTM Makao Confort</i> .....	15
Figura 4. Principio de Arquímedes: cuerpo sumergido en un líquido .....	16
Figura 5. Análisis de la flotabilidad de un kayak.....	17
Figura 6. Ejemplificación de la curva de estabilidad.....	17
Figura 7. Curva de estabilidad de 5 embarcaciones diferentes.....	18
Figura 8. Posición base en el kayakismo .....	19
Figura 9. Las diferentes costas de la península ibérica.....	22
Figura 10. Dársena del Guadalquivir .....	22
Figura 11. Esquema fases del funcionamiento del rotomoldeo .....	23
Figura 12. Esquema fases del funcionamiento del termo conformado.....	24
Figura 13. Esquema fabricación manual de un kayak.....	24
Figura 14. Kayak Rígido <i>Mambo Soleil Rotomod 1 Plaza</i> .....	26
Figura 15. Kayak Rígido de Recreo <i>Big Bali</i> .....	27
Figura 16. Kayak <i>RTM Makao Confort</i> .....	27
Figura 17. Interfaz de trabajo Modulo – Model .....	32
Figura 18. Imagenes de referencia del Kayak <i>RTM Makao Confort</i> .....	33
Figura 19. Referencia para la realización de kayak <i>Sit on Top</i> a través de Ingeniería Inversa.....	33
Figura 20. Esquema de la estructura del casco del kayak <i>Sit on Top</i> .....	34
Figura 21. Esquema del modelado de la superficie del casco del kayak <i>Sit on Top</i> .....	35
Figura 22. Modelado de las superficies del kayak <i>Sit on Top</i> .....	36
Figura 23. Problema para generar un cuerpo solido .....	36
Figura 24. Esquema de las secciones del kayak.....	37
Figura 25. Operaciones de superficies.....	39
Figura 26. Resultado superficie Kayak <i>Sit on Top</i> .....	39
Figura 27. Oquedad del tambucho y la bañera .....	40
Figura 28. Creación del tambucho en el Kayak <i>Sit on Top</i> .....	41
Figura 29. Resultado superficie del kayak <i>Sit on Top</i> .....	41
Figura 30. Superficie suelo del kayak <i>Sit on Top</i> .....	42
Figura 31. Corte lámina suelo kayak <i>Sit on Top</i> .....	42
Figura 32. Generación de la superficie del respaldo del Kayak <i>Sit on Top</i> .....	43
Figura 33. Medidas antropométricas para el diseño del asiento del kayak .....	44
Figura 34. Planos a 30° para los reposapiés.....	44
Figura 35. Sketches de los reposapiés .....	45
Figura 36. Resultado superficie del hueco del usuario, respaldo y reposapiés 46	
Figura 37. Resultado final del diseño CAD del kayak <i>Sit on Top</i> .....	46
Figura 38. Sección del perfil: Tubo Estruct Rectangular de 150x50 mm .....	47
Figura 39. Información de la biblioteca de materiales de NX sobre el polietileno .....	48
Figura 40. Mallado colector 1D.....	50
Figura 41. Definición del mallado 1D.....	50

Figura 42. Mallado 1D de la estructura del kayak .....	51
Figura 43. Pronóstico del tiempo y mapa de viento del 17 de agosto de 2024	52
Figura 44. Aplicación de la carga máxima que soportará el kayak.....	52
Figura 45. Aplicación de la fuerza gravitatoria.....	53
Figura 46. Aplicación de la aceleración.....	53
Figura 47. Restricción fija en el centro de la estructura.....	54
Figura 48. Peso de la estructura del kayak <i>Sit on Top</i> .....	54
Figura 49. Resultado de la verificación de la carga gravitatoria (análisis estático) .....	55
Figura 50. Resultado del análisis modal libre – libre .....	55
Figura 51. Resultado de la tensión de Von Mises en el análisis lineal estático	56
Figura 52. Sección del perfil: Tubo Estruc Rectangular de 350x170 mm .....	57
Figura 53. Rediseño del mallado del estudio FEM .....	58
Figura 54. Resultado de la deformación máxima en X.....	59
Figura 55. Resultado de la deformación máxima en Y .....	60
Figura 56. Resultado de la deformación máxima en Z .....	61
Figura 57. Resultado del esfuerzo de Von Mises .....	62
Figura 58. Resultado de las frecuencias fundamentales .....	63
Figura 59. Cuerpo sólido del kayak <i>Sit on Top</i> .....	64
Figura 60. Dirección de desmolde del kayak <i>Sit on Top</i> .....	65
Figura 61. Cálculo de las regiones del molde del kayak <i>Sit on Top</i> .....	65
Figura 62. Definición de las regiones del molde del kayak <i>Sit on Top</i> .....	66
Figura 63. Superficie de separación del molde del kayak <i>Sit on Top</i> .....	66
Figura 64. Definir cavidad y núcleo del molde del kayak <i>Sit on Top</i> .....	67
Figura 65. Resultado del molde para termo conformado del kayak <i>Sit on Top</i>	67
Figura 66. Porcentaje del tiempo empleado en cada tarea .....	71

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos antropométricos de la población laboral española. Población: Conjunta.....	20
Tabla 2. Tabla comparativa estudio de mercado kayaks Sit on Top .....	28
Tabla 3. Características del perfil: Tubo Estruc Rectangular de 150x50 mm ...	48
Tabla 4. Límite elástico del polietileno.....	49
Tabla 5. Módulo de Elasticidad, Coeficiente de Poisson y la Densidad del polietileno .....	49
Tabla 6. Características del perfil: Tubo Estruc Rectangular de 350x170 mm .	58
Tabla 7. Coste mano de obra .....	72
Tabla 8. Coste de las licencias.....	73
Tabla 9. Coste del material empleado.....	74
Tabla 10. Costes indirectos .....	74
Tabla 11. Coste total de la valoración económica del TFM.....	75
Tabla 12. Presupuesto Base de Licitación con incluido I.V.A.....	75

## 1. OBJETIVO

El objeto de este proyecto es realizar el diseño y fabricación asistidos por computador de un kayak *Sit on Top*. Dentro de la tipología de kayak escogida para este Trabajo de Fin de Máster se tendrá en cuenta que su uso sea adecuado tanto en los embalses, como los ríos y las costas. El principal objetivo es que el producto a diseñar sea sostenible, barato y estético, permitiendo en la medida de lo posible que la gran mayoría de la población española pueda hacer uso de este producto para el ocio y práctica de este deporte.

### 1.1. Planificación y antecedentes

Para la realización de este proyecto se tendrá que ampliar y recabar información sobre la tipología del kayak en la que se va a centrar el estudio. Por tanto, se tendrá que hacer una breve introducción histórica sobre el nacimiento y el mundo del kayak además de los requisitos ergonómicos a tener en cuenta para el diseño del producto. Se realizará una serie de toma de decisiones de todos aquellos criterios a considerar para optimizar el diseño y se tendrá en cuenta la importancia de aspectos como la sostenibilidad, el precio, la estética y el usuario.

Los estudios previos a la realización del Trabajo de Fin de Máster tendrán como marco teórico:

- Una breve introducción al mundo del kayak.
- Las partes de las que consta un kayak *Sit on Top*.
- El análisis ergonómico de un kayak *Sit on Top*, se recabará información los datos antropométricos de la población laboral española aportados por Antonio Carmona Benjumea (CNMO Sevilla. INSHT). Y la relación entre estas medidas antropométricas y la posición del usuario en la práctica de este deporte.
- El entorno al que se enfrentará el producto. Esto cobrará especial importancia en el análisis de elementos finitos, para tener en cuenta las fuerzas y condiciones del entorno al que se enfrentará el kayak.
- Los procesos de fabricación de un kayak.
- Estudio de materiales más utilizados en el mundo del kayak y su sostenibilidad, esto tendrá mucha importancia tanto en el análisis de elementos finitos como en el método de fabricación.

## 2. ALCANCE Y EXCLUSIONES

### 2.1. Ámbito de aplicación

El ámbito de aplicación se centrará en el estudio de kayaks para su utilización en embalses, dársenas, pantanos y costas. Para ello el estudio se centrará en estudiar el kayak *Sit on Top*.

El trabajo de Diseño y Fabricación Asistidos por Computador comprenderá el uso del software Siemens NX para el modelado del producto, el análisis por elementos finitos y la generación del molde para su fabricación.

Quedan fuera del alcance del proyecto:

- Sistemas mecánicos de propulsión, como pedales.
- Diseño de palas de remos.
- Diseño de cualquier modalidad de kayak que no sea la seleccionada, así como, los kayaks hinchables.
- Fabricación física del producto.

Para la ejecución de este proyecto se tendrá en cuenta la normativa de navegación española. Y los datos antropométricos de la población laboral española, es decir, la población comprendida entre los 16 y 65 años.

### 2.2. Desarrollo del proyecto

Para el desarrollo del proyecto se partirá del estudio previo del “Diseño paramétrico de una serie de kayaks”, haciendo un breve resumen de su contexto histórico y los requisitos ergonómicos necesarios para su desarrollo. Centrándose está ampliación del estudio en el modelado CAD a través de Ingeniería Inversa, la simulación por elementos finitos además de su fabricación en molde. Permitiendo tener una visión más amplia y completa de cómo sería un proceso de desarrollo de un producto de estas características desde cero.

El sistema CAD/CAE/CAM utilizado para el desarrollo de este Trabajo de Fin de Máster es Siemens NX. Este programa permitirá hacer el modelado 3D, además de una simulación del comportamiento del producto teniendo en cuenta su forma, composición y condiciones de contorno y permitiendo incidir también en su fabricación a través del módulo de moldes.

### 2.3. Objetivos de desarrollo sostenible (ODS)

Dentro de los 17 objetivos de desarrollo sostenible que pretenden adoptar un conjunto de objetivos globales para asegurar la prosperidad de todos. Este Trabajo de Fin de Máster se alinea con los siguiente:

Objetivo 3: Salud y bienestar

La práctica del kayakismo promueve el bienestar para todas las edades y la práctica de deporte que garantiza una vida sana.



**Objetivo 9: Industria, innovación e infraestructura**

Con este proyecto se pretende promover la industrialización y fomentar la innovación aplicando softwares asistidos por computados para analizar en profundidad como será el desarrollo de un producto, desde un punto de vista económico, social y sostenible.

**Objetivo 12: Producción y consumo responsables**

En el presente estudio se buscará garantizar modalidades de consumo y producción sostenible teniendo en cuenta la elección de materiales y proceso de fabricación.

## 3. MEMORIA DESCRIPTIVA

### 3.1. Antecedentes

Para la realización de este Proyecto de Fin de Máster el estudio se centrará en el kayak de tipo *Sit on Top*, la ergonomía, los materiales más utilizados y su entorno sociocultural.

En los siguientes subapartados de los antecedentes se presentará el marco teórico del proyecto, donde se hará un estudio y análisis de los conocimientos y contexto necesario para el desarrollo del diseño y fabricación del kayak *Sit on Top*.

#### 3.1.1. Introducción al mundo del kayak

El deporte acuático que se practica en una embarcación conocida como kayak tiene como nombre kayakismo aunque actualmente se engloba dentro del piragüismo. Se trata de un deporte de paleo donde el avance a través del medio se desarrolla gracias a un remo.

Este deporte fue introducido por los ingleses en Europa con fines recreativos por Jonh McGregor, un explorador escocés conocido universalmente por la fabricación de la canoa *Rob Roy*. El cual se inspiró en la *Canoa Canadiense*, unas canoas procedentes de la costa este de Canadá fabricadas con armazones de madera y huesos, recubiertas con corteza de abedul y pieles de animales.

A pesar de que la Canoa *Rob Roy* de la Figura 1 es considerada el primer kayak del piragüismo moderno. Hay que tener en cuenta que el kayak actual tiene su origen en el *qayaq*, que procede del pueblo indígena esquimal de las regiones de América, Groenlandia y Siberia.



Figura 1. Canoa Rob Roy fabricada por Jonh McGregor

Fuente: (Kayak-Rob-Roy.Jpg (800×534), n.d.)

En España este deporte se popularizó gracias al Descenso Internacional del Sella, en el año 1929 cuando Dionisio de la Huerta decide descender el Sella desde Arriondas. No es hasta el año 1932 que se ubica la salida en Arriondas y la meta en Ribadesella

### 3.1.2. Partes de un kayak

A continuación, se detallarán, como aparece en la Figura 2, las diferentes partes de las que consta un kayak:



Figura 2. Partes de un kayak

Fuente: (Partes-Kayak.Jpg (803×421), n.d.)

1. Tambucho: Los tambuchos son unos compartimentos estancos que ofrecen flotabilidad y permiten llevar objetos dentro. Son imprescindibles en un kayak cerrado.
2. Timón: Pieza que permite cambiar el rumbo del kayak y reducir la deriva. El kayak puede llevar o no llevar timón ya que se trata de un accesorio opcional.
3. Asiento: Por regla general, se componen de dos partes: el respaldo y el asiento.
4. Línea de vida: Una cuerda que rodea el kayak y que sirve para sujetarse si se cae el usuario al agua. Se trata de un elemento muy importante para la seguridad.
5. Proa: Es la parte delantera del kayak y su forma influye en el comportamiento y velocidad que tendrá la embarcación.
6. Popa: Se trata de la parte trasera del kayak.
7. Bañera: Orificio por el cual se entra y sale del kayak y donde irán introducidos durante su uso los kayakistas.
8. Casco: Parte inferior del kayak. La forma que presente será muy importante en el comportamiento y estabilidad del kayak.
9. Quilla: Parte trasera del casco. Va sumergida e influye en el comportamiento del kayak, tanto al intentar navegar en línea recta como al girar.
10. Pedales: Lugar donde se apoyan los pies. En caso de llevar timón, con la presión de las extremidades, pedales, unos cables mueven el timón para que el kayak gire.

11. Red de cubierta: Sirve para sujetar objetos, y llevarlos a mano, sin que moleste al palear ni se caiga.
12. Tiradores: Sirven para coger el kayak de popa o proa (o ambos como el kayak de la Figura 2) para transportarlo o moverlo a donde se desee.

### 3.1.3. Kayak Sit on Top

El kayak *Sit on Top* se trata de un kayak auto vaciable, ideal para iniciarse en este deporte, se puede utilizar en diversos entornos como mares, ríos, embalses, pantanos, incluso para practicar la pesca con ellos. Se trata de un kayak más corto y ancho comparado con otras modalidades, lo que permite tener una mayor estabilidad y que por lo tanto sea más maniobrable. La zona de la bañera es abierta lo que permite que entrar y salir del kayak sea fácil y rápido, además, al ser abierto a la hora del paleo puede entrar agua dentro de la embarcación por lo que el casco tendrá unos orificios de drenaje que permiten que la cámara del kayak no se inunde, como se puede observar en la Figura 3. (López Garrido & Fernández de la Puente Sarriá, 2022<sup>a</sup>, p. 23) (*Different Types of Kayaks – American Kayaking Association*, n.d.)



Figura 3. Kayak Sit on Top: Kayak RTM Makao Confort

Fuente: (22071-14010939.Webp (946×946), n.d.; MAKAO-UP-Sunburst.Jpg (946×532), n.d.)

### **Estabilidad y velocidad de un kayak Sit on Top**

La estabilidad es la capacidad que tiene un cuerpo de mantener el equilibrio y volver a su estado inicial tras una perturbación. Al tratarse el kayak *Sit on Top* de un kayak ancho tendrá mayor estabilidad lo cual es importante sobre todo para aquellos kayakistas poco experimentados.

Un kayak, al igual que otros cuerpos que se encuentren en reposo en el agua, debe de cumplir el principio de Arquímedes: “Todo cuerpo sumergido total o parcialmente en un fluido recibe un empuje hacia arriba (ascendente) igual al peso del fluido que desaloja”.(Terán & Resumen, n.d.)

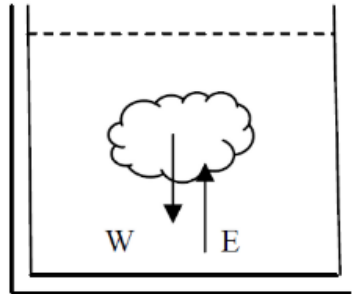


Figura 4. Principio de Arquímedes: cuerpo sumergido en un líquido

Fuente:(Reyes et al., n.d.)

Como se observa en la Figura 4, el Principio de Arquímedes expone que si:

- La fuerza de empuje,  $E$  es mayor que el peso del sólido,  $W$ : el cuerpo flota.
- La fuerza de empuje,  $E$  es menor que el peso del sólido,  $W$ : el cuerpo se hunde. El peso del sólido,  $W$  es igual a la fuerza de empuje,  $E$ : el cuerpo mantiene en reposo.

(Reyes et al., n.d.)

Esto quiere decir que el kayak debe de tener un peso sólido menor que la fuerza de empuje (en la que se está teniendo en cuenta la superficie en contacto con el agua). Puesto que las dos principales fuerzas que le van a afectar son el peso del kayakista sumado al propio peso de la embarcación, que empujaran hacia el centro de gravedad. Y una fuerza opuesta, conocida como la flotabilidad del agua empujando hacia arriba. Teniendo como referencia la Figura 4, será la interacción de estas dos fuerzas la que involucrará la estabilidad del kayak.

A la hora de diseñar un kayak, desde el punto de vista de la estabilidad, se deberá tener en cuenta que el equilibrio se consigue cuando todo el sumatorio de fuerzas es igual a cero. A pesar de que esto se trata de una situación hipotética, el diseñador tendrá que agrupar todas las fuerzas generadas por el kayak en el “centro de gravedad (c.d.g.)” y las referidas a la flotabilidad en el “centro de flotabilidad (c.d.f.)”, buscando que ambas fuerzas sean iguales y opuestas. La meta para ello sería que tanto el c.d.g como el c.d.f. encontrarán en la misma vertical, pero en la realidad, cuando el cuerpo del usuario se mueva hacia la proa, la popa o alguno de los costales de la embarcación, el c.d.f se inclinará hacia ese lado.

Para entender mejor cómo funciona la estabilidad, se va a mostrar a través de la Figura 5, como se movería la fuerza de flotabilidad. La línea inclinada de color azul representaría lo que sería la línea de flotación de la embarcación. Como se puede observar, está se encuentra inclinada hacia la derecha por lo tanto esto

hace que toda la embarcación se incline hacia ese lado. La sección de color verde,  $b$ , representa la sección del kayak que se saldría del agua y la morada,  $c$ , aquella que se hundiría. Provocando que el c.d.f. original  $B_{a+b}$  se mueva hacia  $B_a$ , haciendo que se compense el volumen sustraído de la sección  $b$  y sea añadido a la sección  $c$  para conseguir estabilidad.

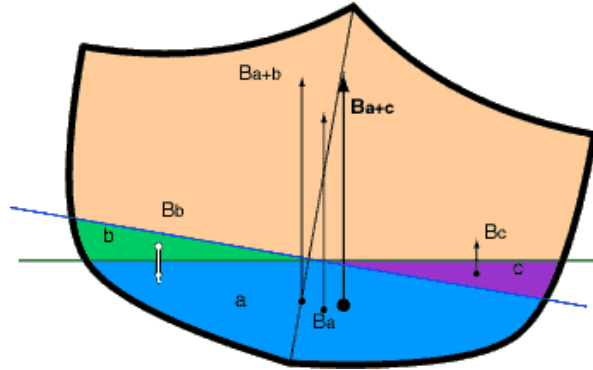


Figura 5. Análisis de la flotabilidad de un kayak

Fuente: (VectorStability.Gif (346×217), n.d.)

Como se puede observar en lo anteriormente comentado, las alteraciones del c.d.f. ocurren debido a cambios de volumen cerca de la línea de flotación. Esto quiere decir que se deberá estudiar también la relación entre la forma de la embarcación y su estabilidad. Esto se hará a través de la curva de la estabilidad.

La curva de la estabilidad, Figura 6, da la siguiente información teniendo en cuenta que el Eje X representa el ángulo de eslora y el Eje Y el momento adrizante.

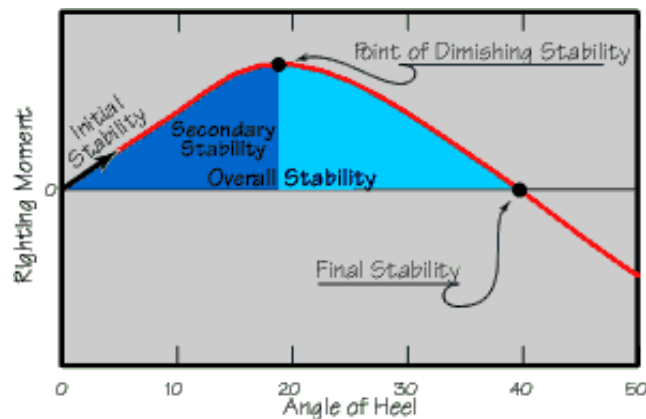


Figura 6. Ejemplificación de la curva de estabilidad

Fuente: (SampleStabilityCurve.Gif (296×193), n.d.)

La curva de la estabilidad de la Figura 6 se encuentra representada de color rojo, el ángulo de inclinación que tiene esta curva al inicio da información sobre la fuerza que deberá generar el kayak para volver a su posición vertical, lo que quiere decir que será más estable. El pico de la curva representa donde la estabilidad comienza a disminuir. Las áreas azules representan la energía de inclinación que es capaz de absorber la embarcación. El punto final de

estabilidad es aquel en el cual que la embarcación vuelque será inevitable, representado al final de la curva.

A continuación, en la Figura 7 se presentarán algunos ejemplos de curva de estabilidad de diferentes tipos de embarcaciones con diferentes formas de casco.

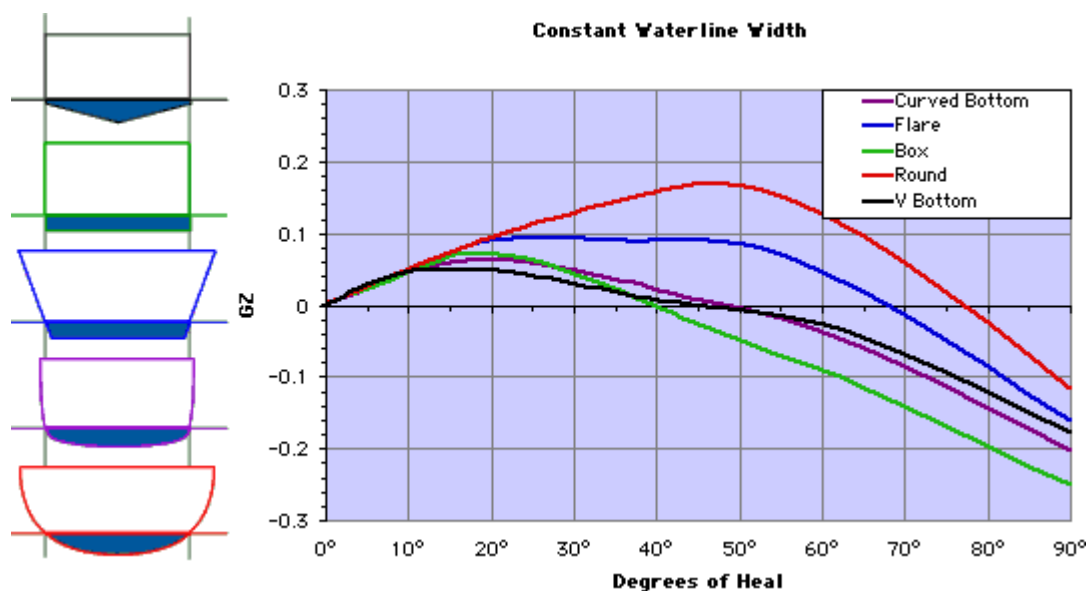


Figura 7. Curva de estabilidad de 5 embarcaciones diferentes

Fuente: (Kayak Stability | Guillemot Kayaks, n.d.; López Garrido & Fernández de la Puente Sarriá, 2022b, pp. 20–22)

Se puede observar, según los datos proporcionados en la Figura 7, que la embarcación más estable es aquella representada de color rojo. Además, aquellas que presentan mayor estabilidad son las que tienen una mayor superficie de la que se puede apoyar la línea de flotabilidad. (Kayak Stability | Guillemot Kayaks, n.d.; López Garrido & Fernández de la Puente Sarriá, 2022b, pp. 20–22)

En cuanto a la velocidad de un kayak los principales factores que afectan son el estado del agua, la fuerza y la dirección del viento, además se debe tener en cuenta la experiencia del usuario y la resistencia que ofrezca el casco de la embarcación. Sin embargo, la velocidad límite que tendrá cada kayak está directamente relacionada con su resistencia a la fricción, es decir que un kayak con menor eslora presentará menor resistencia al avance que uno con mayor eslora. (Moreno, n.d., p. 39)

Con lo cual se puede concluir que el kayak *Sit on Top* al tener un casco ancho presentará mayor estabilidad que otras modalidades, pero por consiguiente la velocidad máxima que podrá alcanzar será menor.



### 3.1.4. Estudio ergonómico

El estudio ergonómico de un producto es un aspecto clave a la hora de diseñar porque permite evitar lesiones y daños irreparables a los usuarios.

La posición base correcta, en la práctica del kayakismo, para evitar lesiones ocasionadas por malas posturas o sobrecargas, es con la espalda recta pero el tronco levemente inclinado hacia delante. Las rodillas juntas y flexionadas, aunque durante el paleo una de ellas estará por encima de la otra debido a la flexión de cada pierna durante el movimiento, y los tobillos juntos. Como se puede apreciar en la Figura 8.

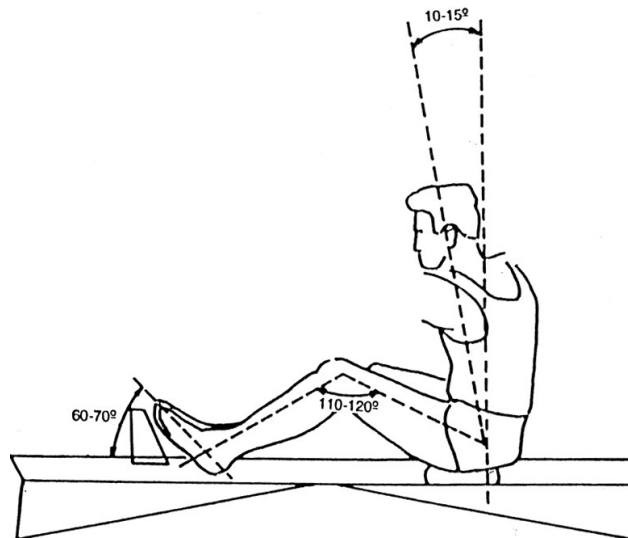


Figura 8. Posición base en el kayakismo

Fuente: (Posición+base.Png (801×674), n.d.)

### Datos antropométricos

Para los datos antropométricos se buscará información sobre la población española de entre los 16 a los 65 años. Los datos han sido recopilados del artículo de fondo “Datos antropométricos de la población laboral española” realizados por Antonio Carmona Benjumea (CNMO Sevilla. INSHT).

En el presente artículo al que se va a hacer referencia la población objeto del estudio es toda la población ocupada de España de ambos géneros tanto hombres como mujeres.

En cuanto a las dimensiones antropométricas consideradas para el estudio del kayak *Sit on Top* se tendrá en cuenta las siguientes dimensiones las cuales se han dejado con la enumeración que se puede encontrar en el artículo al que se hace referencia para una mayor facilidad en la búsqueda:

16. Altura del codo (sentado).

Distancia vertical desde una superficie de asiento horizontal hasta el punto óseo más bajo del codo flexionado en ángulo recto, con el antebrazo horizontal.

18. Anchura de hombros (biacromial)

Distancia en línea recta, entre los extremos externos de ambos acromios.



## 20. Anchura de caderas (sentado).

Distancia horizontal máxima entre caderas, medida sobre un plano paralelo al de asiento y sobre la parte más ancha de ambos muslos.

## 21. Longitud de la pierna (altura del poplíteo).

Distancia vertical desde la superficie de apoyo de los pies hasta la superficie inferior del muslo inmediata a la rodilla, con esta doblada en ángulo recto.

## 26. Anchura de la palma de la mano.

Distancia entre los metacarpios radial y cubital, medida entre las cabezas del segundo y quinto metacarpios.

## 30. Longitud del pie.

Distancia máxima desde la punta del dedo más largo del pie hasta la parte posterior del talón, medida paralelamente al eje longitudinal del pie.

## 31. Anchura del pie.

Distancia máxima entre las superficies medial y lateral del pie, medida perpendicularmente al eje longitudinal del pie.

## 43. Profundidad de asiento.

Distancia horizontal medida desde, el borde posterior de la cabeza del peroné, hasta el punto posterior del trasero.

## 44. Longitud rodilla-trasero.

Distancia mínima horizontal desde el vértice rotuliano inferior al punto posterior del trasero. (Carmona et al., n.d., pp. 9–11)

Las medidas del presente artículo están referenciadas por la UNE-EN ISO 7250:1998 “Definiciones de las medidas básicas del cuerpo humano para el diseño tecnológico. (ISO 7250:1996)”. Y todas las medidas se encuentran en mm.

N° (Refer. ISO 7250:1996)	Designación	Trama. muestra	Media	Desv. típica	Error típico	Percentiles				
						P1	P5	P50	P95	P99
16 (4.2.5)	Altura del codo, sentado	1711	224,98	26,44	0,63 9	169	182	224	269	294
18 (4.2.8)	Anchura de hombros, biacromial	1721	369,58	39,46	0,95 1	281	304	372	432	453
20 (4.2.11)	Anchura de las caderas, sentado	1718	365,14	30,44	0,73 4	294	316	364	417	445
21 (4.2.12)	Longitud de la pierna (altura del poplíteo)	1721	418,17	29,17	0,70 3	350	368	419	464	487
26 (4.3.3)	Anchura de la palma de la mano (en metacarpios)	1719	85,29	7,86	0,19 0	68	72	86	97	102
30 (4.3.7)	Longitud del pie	1721	251,55	17,80	0,42 9	210	221	253	279	290
31 (4.3.8)	Anchura del pie	1715	97,10	8,61	0,20 8	71	84	98	110	115
43 (4.4.6)	Profundidad de asiento	1721	493,52	28,05	0,67 6	426	450	492	540	568
44 (4.4.9)	Longitud rodilla-trasero	1719	590,75	31,52	0,76 0	523	541	590	644	667

Tabla 1. Datos antropométricos de la población laboral española. Población: Conjunta

Fuente:(Carmona et al., n.d., pp. 13–15)

Estos datos antropométricos dan información importante a la hora de realizar el modelado 3D en Siemens NX y se tendrán en cuenta a la hora de realizar el diseño del kayak *Sit on Top*.

### 3.1.5. Análisis del entorno

El entorno a estudiar será la costa española, centrando el estudio en la costa bañada por el mar Mediterráneo y zonas de aguas tranquilas como embalses y pantanos, para ello se tomará como referencia la dársena del Guadalquivir.

Para la navegación por la costa se tendrá en cuenta todo el litoral este y sureste de España, el cual es bañado por el mar Mediterráneo. Desde regiones como las Islas Baleares, Cataluña, la Comunidad Valencia, Murcia y Andalucía. Se tendrá en cuenta la presencia de corrientes dominantes haciendo hincapié en la costa valenciana.

Dentro de los diferentes tipos de corrientes el estudio se centrará en dos tipos:

- Corrientes de marea.

Este tipo de corrientes se forman debido a la atracción producida entre el sol y la luna. Esto origina corrientes intensas como las mareas vivas, es decir, cuando el sol y la luna se encuentran alineados y se ejerce una atracción hacia el océano. Y, por el contrario, las mareas muertas que producen corrientes más débiles y por lo tanto tienen una menor atracción.

- Corrientes de arrastre

Este tipo de corrientes son producidas por vientos continuos en una misma dirección que actúan en la superficie del agua. Estas corrientes superficiales se mueven en el sentido de las agujas del reloj en el hemisferio norte (septentrional) y al contrario en el hemisferio sur (meridional). Como consecuencia, de los vientos alisios, los ponientes, la masa de la Tierra y el efecto Coriolis.

Tener en cuenta que las corrientes con mayor intensidad se producen próximas a las costas y sus contracorrientes actúan en sentido contrario.

En la zona del Mar de Alborán las corrientes de arrastre son producidas por los vientos de Poniente que disminuyen con los vientos de Levante. Teniendo un componente principal en el Este. Sin embargo, la contracorriente que se genera en esta zona tira hacia el Oeste. Toda esta costa estaría comprendida entre la Puerta Europa en Gibraltar hasta el Sabinal en Almería.

En la costa Sudeste comprendida entre el Cabo de Gata y Cabo de Palos la corriente no suele alcanzar el nudo de intensidad puesto que esta se ve reforzada por vientos del Noreste, pero anulada por los vientos del Suroeste.

En la costa valenciana la corriente existente es suroeste y se ve recurvada hacia el sureste a la altura del Cabo de la Nao, esta corriente pasa por el sur de las Islas Baleares para unirse a una corriente general del Este que fluye del estrecho

de Gibraltar al exterior del Mediterráneo. (*Josebelloseakayaking: Corrientes En La Península Ibérica*, n.d.)



Figura 9. Las diferentes costas de la península ibérica

Fuente: (C-Map-Es.Gif (550×303), n.d.)

Para la navegación por embalses y pantanos, se tomará de referencia la dársena del Guadalquivir. Su recorrido presenta lo que sería el antiguo cauce del río Guadalquivir, el cual se tuvo que desviar debido a diversas inundaciones ocurridas en las zonas cercanas a la orilla. Actualmente, la dársena tiene una longitud de 13,5km, y conecta con el puerto de Sevilla a través de una esclusa. Lo que hace que el comportamiento de esta zona del río sea más similar a la de un lago. (Rivero Martínez, n.d.)

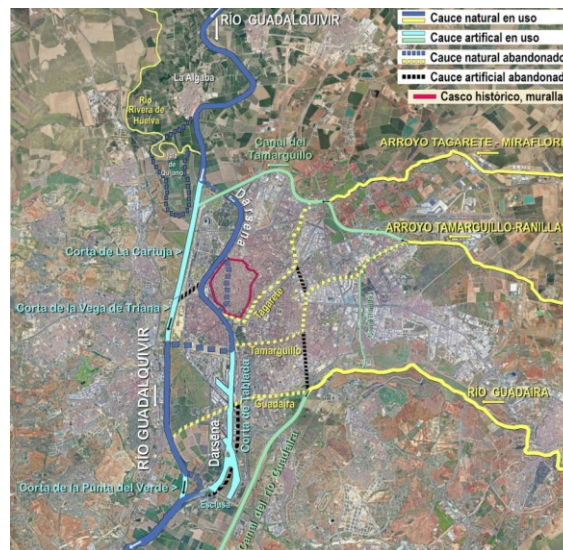


Figura 10. Dársena del Guadalquivir

Fuente: (Cache\_2485928421.Jpg (920×887), n.d.)

Por lo tanto, dentro de la graduación de los ríos de aguas bravas, la dársena del Guadalquivir se encuentra en Grado I, donde el agua carece de pendiente y no presenta prácticamente obstáculos. Comúnmente denominado como zona de aguas tranquilas para actividades recreativas. (*Graduación de Los Ríos de Aguas Bravas*, n.d.)

### 3.1.6. Procesos de fabricación de un kayak

El proceso de fabricación de un kayak comercial puede ser tanto por rotomoldeo como termo conformado.

#### - Rotomoldeo.

Se trata de un proceso de fabricación económico que utiliza resinas en polvo o líquidas para producir artículos de gran tamaño, huecos y sin costuras.

El proceso consta de cuatro etapas, como se pueden ver ilustradas en la Figura 11. Primero se introduce el plástico en polvo, en el molde. Este está formado por paredes delgadas que permiten una buena transmisión del calor. Durante el calentamiento, el material plástico en polvo rota simultáneamente en dos ejes perpendiculares permitiendo que el material cubra toda la superficie del molde por igual. Después tendría lugar la etapa de enfriamiento donde comienza el proceso de curación de la pieza. Una vez curadas todas las piezas se procede a su desmoldeo. (Rodríguez Montes et al., 2006)

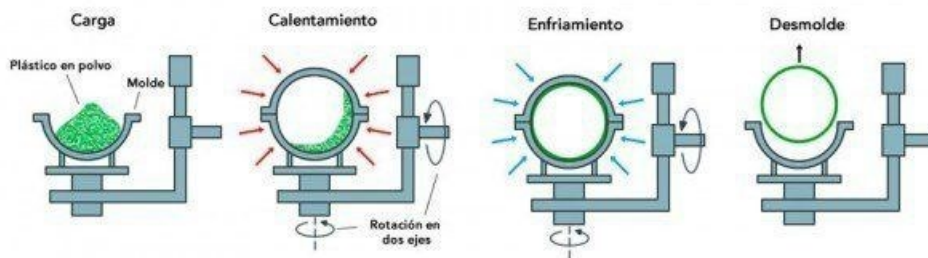


Figura 11. Esquema fases del funcionamiento del rotomoldeo

Fuente: (Proceso-600x169.Jpg (600×169), n.d.)

#### - Termo conformado

El termo conformado se trata de un proceso de fabricación que consiste en calentar una lámina de un termoplástico para permitir que esta sea fácil de moldear y más elástica. Después se procede a poner esta lámina sobre un molde para que esta sea moldeada, para finalmente pasar a ser troquelada la parte sobrante. (*Termoconformado: ¿Qué Es? + Tipos de Envases y Ventajas*, n.d.)

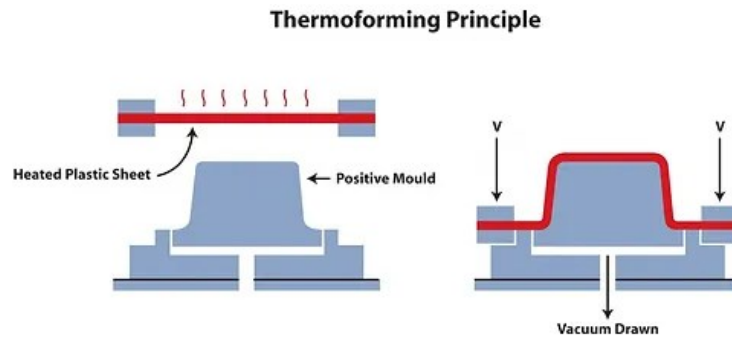


Figura 12. Esquema fases del funcionamiento del termo conformado

Fuente: (Thermoform-Diagram-1024x473.Jpg (480x220), n.d.)

### 3.1.7. Estudio de materiales y sostenibilidad

Existen diversos materiales que se utilizan para la fabricación de los distintos tipos de kayaks. Los materiales más populares en este sector de la industria son: la fibra de vidrio, el kevlar, la fibra de carbono y el polietileno.

Los kayaks fabricados por rotomoldeo suelen estar hechos en su mayoría por gránulos o polvo de polietileno, puesto que es un plástico que se calienta y funde recubriendo las paredes internas del molde del kayak. A pesar de que este material no permite que las embarcaciones sean las más ligeras sí que proporciona una excelente resistencia. Puesto que el grosor del polietileno protege al kayak de arañazos y rasguños además de mantener su estanqueidad.

Lo mismo ocurre con los kayaks fabricados por termoformado, se suele utilizar polietileno en láminas con varias capas porque proporciona rigidez, una gran resistencia y durabilidad. De esta forma se consiguen embarcaciones algo más ligeras que por rotomoldeo, aunque a un mayor precio.

Sin embargo, para las embarcaciones fabricadas de fibra de vidrio, fibra de carbono y kevlar, se aplica el método de aplicación manual. Es decir, se tomaría un molde del kayak y se irían aplicando de forma manual y sucesiva capas de resina y refuerzo como se puede observar en la Figura 13. La mayor ventaja que presentan estos tipos de materiales compuestos son su ligereza sumada a la gran resistencia a la tracción, así como a la corrosión e impermeabilidad. (*Tipos de Kayaks o Piraguas Según Los Materiales Con Los Que Se Fabrican. ¿Cómo Saber El Que Más Me Conviene Comprar?* – Blog de Portear Kayaks, n.d.)

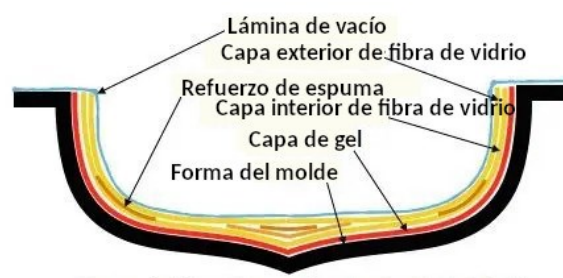


Figura 13. Esquema fabricación manual de un kayak

Fuente: (Fibra-Vidrio-Produccion.Jpg (461x214), n.d.)

En cuanto a sostenibilidad el polietileno se trata de un polímero termoplástico que se puede reciclar. En el centro de reciclado este será aislado, almacenado, triturado, lavado, secado y transformado en copos e incorporado a nuevos productos. (*La Utilización y El Reciclaje Del Polietileno - Ripack, n.d.*)

Los materiales compuestos como la fibra de vidrio y matriz termoestable pueden ser reciclados a través de cuatro técnicas: el amolado, la degradación química selectiva y la incineración en recuperación de energía. Sin embargo, para el reciclado de los materiales compuestos con fibra de carbono para que estos puedan ser reprocesados de deben de realizar dos operaciones: la extracción de la resina y el corte de las fibras. (*Reciclaje de Los Materiales Compuestos | Naval Composites, n.d.*)



### 3.2. Aplicación: Diseño y Fabricación de un kayak *Sit on Top*

Para el diseño y fabricación del kayak *Sit on Top* se usará el programa Siemens NX. Tanto para el modelado CAD, para el análisis de elementos finitos, como para la generación del molde del kayak. En este apartado se incidirá en los requisitos necesarios para todo el proceso de desarrollo que incide en las fases mencionadas.

#### 3.2.1. Requisitos

Los requisitos serán definidos teniendo en cuenta que el principal objetivo de este trabajo de Fin de Máster es que el producto sea sostenible, barato y estético. Acercándolo, en la medida de lo posible, a la mayoría de la población española.

##### 3.2.1.1. Requisitos de diseño

Para la definición de los requisitos de diseño se hará un pequeño estudio de mercado de diferentes tipos de kayak *Sit on Top*.

##### *Estudio de mercado*

##### *Kayak Rígido Mambo Soleil Rotomod 1 Plaza*

Este kayak es ideal para aquellos usuarios que quieren iniciarse en la práctica del kayak, para pequeño oleaje y aguas tranquilas. Se trata de un kayak rígido, con un asiento ergonómico además puede ser apilable y presenta buena estabilidad.

En cuanto a sus características técnicas: tiene una longitud de 267 cm, una anchura de 77 cm, un peso de 20 kg y una carga máxima de 130 kg. Está fabricado en polietileno rotomoldeado. (*Kayak Rígido Mambo Soleil Rotomod 1 Plaza | Decathlon, n.d.*)



Figura 14. *Kayak Rígido Mambo Soleil Rotomod 1 Plaza*

Fuente: (*Kayak-Rigido-Mambo-Soleil-Rotomod-1-Plaza.Jpg (1200×1200), n.d.-a*)

### *Kayak Rígido de Recreo Big Bali*

El kayak de recreo *Big Bali* es ideal para largas travesías tanto para recreo por ríos o lagos. Según las prestaciones ofrece una gran estabilidad por ende también seguridad y facilidad a la hora de maniobrar.

En cuanto a sus características técnicas: tiene una longitud de 285 cm, una anchura de 78 cm, un peso de 25 kg y una carga máxima de 140 kg (a pesar de que el peso máximo del palista recomendado es de 95 kg). Está fabricado de polietileno lineal de baja densidad (LLDPE). (*Kayak Rígido de Recreo Big Bali - Amiaire Items*, n.d.)



Figura 15. Kayak Rígido de Recreo Big Bali

Fuente: (*Kayak-Rigido-Mambo-Soleil-Rotomod-1-Plaza.Jpg (1200×1200)*, n.d.-b)

### *Kayak RTM Makao Confort*

El kayak *RTM Makao Confort* se trata de un kayak monoplaza concebido tanto para remadores principiantes como expertos. Es ideal tanto para travesías tranquilas como para olas irregulares en el océano y el río.

En cuanto a sus características técnicas: tiene una longitud de 273 cm, una anchura de 79 cm, un peso de 22 kg y una carga máxima de 140 kg. Está fabricado en polietileno rotomoldeado. (*Kayak RTM Makao Confort - Nootica.Es - Todo Para Tus Actividades Náuticas*, n.d.)



Figura 16. Kayak RTM Makao Confort

Fuente: (*Makao-Confort-B\_3.Jpg (1000×1000)*, n.d.)



### Tabla comparativa estudio de mercado

Como conclusión se puede observar en la tabla comparativa, Tabla 2, que en cuanto a anchura, peso y carga máxima no varía mucho de unos kayaks a otros. Por lo que se tomará de referencia el kayak *Makao Comfort* para el modelado 3D en NX puesto que se trata del más pequeño con respecto a longitud y que permite que su uso pueda ser polivalente en cuanto a la experiencia del usuario.

<b>Características técnicas</b>	<b>Kayak Rígido Mambo Soleil Rotomod 1 Plaza</b>	<b>Kayak Rígido de Recreo Big Bali</b>	<b>Kayak RTM Makao Comfort</b>
<i>Longitud</i>	297 cm	285 cm	273 cm
<i>Anchura</i>	77 cm	78 cm	79 cm
<i>Peso</i>	20kg	25 kg	22 kg
<i>Carga máxima</i>	130 kg	140 kg	140 kg
<i>Composición</i>	Polietileno rotomoldeado	Polietileno lineal de baja densidad (LLDPE)	Polietileno rotomoldeado

Tabla 2. Tabla comparativa estudio de mercado kayaks Sit on Top

#### 3.2.1.2. Requisitos de simulación

Para el estudio de Ingeniería Asistida por Ordenador (CAE), del kayak *Sit On Top* se realizará un análisis estático estructural de elementos 1D.

Con el análisis del diseño estructural del kayak se pretende determinar si la estructura es segura y funcional bajo cualquier estado de cargas que pueda experimentar. Para ello se determinará la estabilidad, la resistencia y la rigidez de la estructura. El objetivo principal del diseño y análisis estructural es determinar si la estructura creada será capaz de soportar las cargas aplicadas durante la vida útil prevista para el producto.

Los requisitos para la simulación de un análisis estático estructural satisfactorio consistirán en:

- Generar un trazo general de la estructura.
- Hacer un estudio de las formas posibles que puedan aplicársele.
- Considerar las condiciones de carga, el análisis de esfuerzo, deflexiones, etc.
- Dimensionamiento de las partes de la estructura.

Hay que tener en cuenta que el material en el que se va a basar la construcción de la estructura del producto es el polietileno. Con este análisis se pretende incidir en cómo se debe distribuir y proporcionar las partes de la estructura para que tengan la resistencia suficiente y su aplicación tenga un coste razonable.

Con este análisis se quiere conocer la seguridad, el costo y la factibilidad del kayak.

### 1. La seguridad

Se debe tener en cuenta que cuando se construye un producto, o un sistema, se tiene que hacer más resistente de lo necesario para que este siempre del lado de la seguridad. Teniendo en cuenta, situaciones de emergencia, cargas no previstas, mal uso, deterioro, etc. Es por ello por lo que los factores de diseño se basan en la precisión de las solicitaciones, la estimación del desgaste y las condiciones de contorno.

### 2. Costo

En la medida de lo posible el ingeniero proyectista debe encontrar la forma más económica de fabricación sin sacrificar en la seguridad y resistencia del producto. A lo largo de la simulación se analizarán los aspectos de la fabricación, que influyen a el uso de elementos estructurales de tamaño estándar, conexiones y detalles de diseño.

### 3. Factibilidad

Uno de los principales objetivos de este análisis es conocer si el producto que se desea fabricar es factible a nivel estructural. Además, esto permite conocer los métodos de fabricación necesarios a aplicar para adaptar el diseño a su fabricación. (Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales & Universitat Politècnica de València, 2024)

El objetivo del análisis MEF o análisis de elementos finitos del kayak *Sit on Top* será hacer una simulación estática estructural y un análisis modal.

1. El análisis estático, permite comprobar el estado de tensiones que sufrirá la estructura bajo las condiciones de contorno y fuerzas que se le apliquen. Además, este análisis permite estimar cual será la tensión admisible que soportará en este caso la estructura del kayak. Permitiendo que se pueda evaluar si el producto entra dentro de los parámetros de seguridad y si será necesario realizar un rediseño.

Los principales resultados a tener en cuenta en el cálculo estático serán:

- El número de elementos empleado
- El error en norma energética
- El factor de seguridad con respecto a la tensión máxima de Von Mises, que dará información de si la estructura es segura o no. El desplazamiento máximo de las deformaciones de la estructura. (Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales & Universidad Politécnica de Valencia, 2024) (Análisis Estático, n.d.)

2. El análisis modal, se aplica para conocer cómo será el comportamiento de vibraciones libres de la estructura. Las características modales se corresponden con las frecuencias naturales, los coeficientes de amortiguamiento y los modos de vibración. El principal objetivo de este tipo de análisis es encontrar donde se encuentran las frecuencias de resonancia de la estructura con la intención de evitarlas o en caso de no

ser posible atravesar esas frecuencias problemáticas en el menos tiempo posible.

Cuando se realiza un análisis modal, su objetivo es verificar que el modelo se comporta como un sólido libre para ello los primeros seis modos deben de ser igual a cero, puesto que estos modos corresponderían a los de un sólido rígido, es decir, la frecuencia es nula. Y de ahí en adelante, donde aparecen los modos elásticos, es donde la frecuencia no es nula y existe deformación elástica. Es decir, donde  $f$ , la frecuencia, se comporta de la siguiente forma:

$$f_1, f_2, \dots, f_6 \approx 0 \text{ Hz (modos de sólido rígido)}$$

$$f_7, f_8, \dots, f_n > 0 \text{ Hz (frecuencias fundamentales (naturales))}$$

Es importante tener en cuenta que este análisis depende del tiempo y señala la forma en la que se deformará la estructura, así como las frecuencias son peligrosas (Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales & Universitat Politècnica de València, 2024)

### 3.2.1.3. *Requisitos de fabricación*

Tras la revisión general de los procesos de fabricación de un kayak, punto 3.1.6. *Procesos de fabricación de un kayak*, el método escogido será el de termo conformado. Ambos procesos de fabricación ofrecen buenos resultados.

- Los kayaks rotomoldeados, se fabrican como su nombre indica mediante rotomoldeo. Es decir, consiste como se ha visto anteriormente en hacer calentar los gránulos de polietileno y hacerlos girar en un molde cerrado: Obteniendo como resultado un kayak de una sola pieza, lo cual ofrece gran durabilidad y versatilidad. Esto es debido a que al hacer girar el material en un mismo molde el producto tiene un grosor uniforme, lo que lo hace resistente a impactos y condiciones adversas.
- Los kayaks termo conformados, se fabrican en dos partes ya que se necesitan dos moldes diferentes como se verá en más profundidad en el punto 3.2.3. *Fabricación del kayak en Siemens NX*. Estos tipos de kayak se fabrican siguiendo el proceso de termo conformado lo que quiere decir que se fabrican a través de una lámina caliente de plástico. En este caso de estudio el plástico elegido será el polietileno, normalmente en este tipo de proceso de fabricación el plástico suele tener una capa superior de acrílico. Como resultado se obtiene un kayak duradero y ligero con gran rigidez.

La principal diferencia entre ambos productos sería que el kayak rotomoldeado al encontrarse fabricado en una sola pieza pueden resistir con mayor facilidad condiciones adversa e impactos a alta presión. También son algo más pesados lo que le proporciona una mayor estabilidad al usuario. Sin embargo, los kayaks termo conformados son más ligeros, lo que quiere decir que permiten una mayor maniobrabilidad. Presentan una buena rigidez y resistencia, aunque no son capaces de soportar impactos de alta presión ya que podría provocar que se agrietasen. Aun así, la capa de acrílico que presentan en su fabricación les da un aspecto brillante y elegante el cual

ofrece una protección contra los arañazos y los rayos uvas. Este tipo de kayak son ideales para aquellos kayakistas que suelen practicar este deporte en zonas soleadas y aguas saladas. (*Kayak Rotomoldeado vs Termoformado: Una Guía Completa de Comparación - Custom Kayak, n.d.*)

Finalmente, el proceso de fabricación escogido para la resolución de este Trabajo de Fin de Máster es el termo conformado porque para realizar el molde se va a aplicar el módulo de moldes que se encuentra en el software de Siemens NX llamado *Mold Wizard*. Esta herramienta está especializada para la generación de moldes en inyección de plástico, sin embargo, los moldes que se utilizan para termo conformado son plenamente compatibles con los que se pueden generar con el *Mold Wizard*, sin la utilización de correderas y conociendo las limitaciones geométricas inherentes al termo conformado. El molde, para este caso de estudio, deberá ser de aluminio, para poder aplicarle el termo conformado posteriormente.

Además, el termo conformado permite que el diseñador pueda trabajar generando líneas más finas y complejas que en el rotomoldeo. Al fabricar a través de un molde aplicando láminas calientes permite que el desperdicio de material sea menor y que el resultado sea de mayor calidad. Obteniendo como resultado un producto ligero, duradero y asequible.

### 3.2.1. Modelado en Siemens NX

El modelado del kayak se realizará en el programa Siemens NX, en el módulo de *Model* en la plantilla *Model*, como se puede observar en la Figura 17.

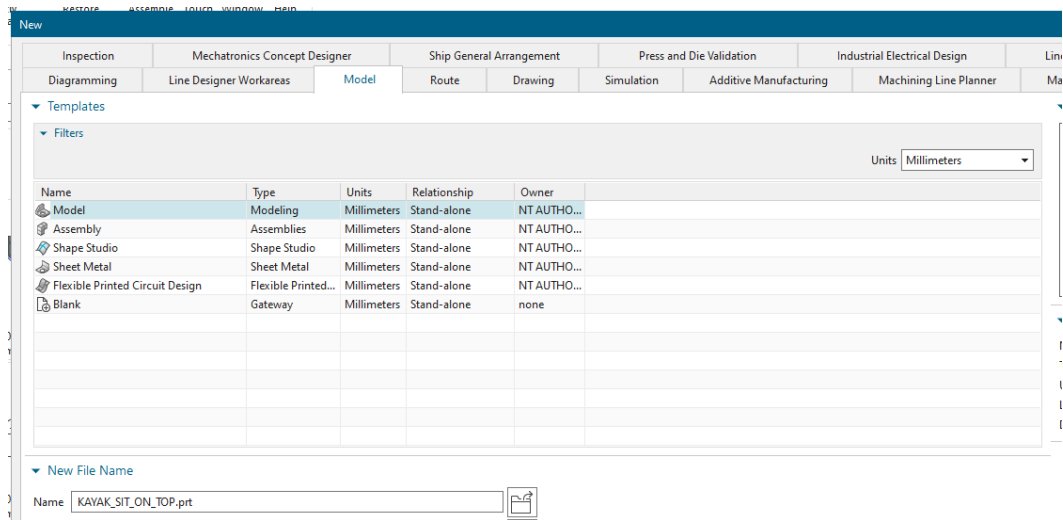
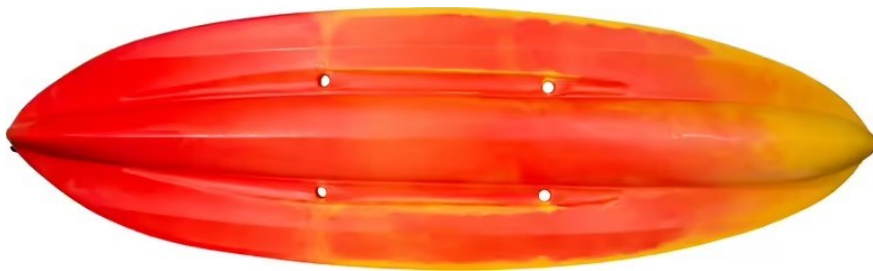


Figura 17. Interfaz de trabajo Modulo – Model

Al tratarse el producto a diseñar de un kayak, su estructura se realizará mediante curvas y superficies. Para ello, como se ha comentado en el apartado 3.2.1.1. *Requisitos de diseño*, se tomará como referencia el *Kayak RTM Makao Confort*. Y se hará uso de la Ingeniería Inversa para sacar el modelo.

El proceso de Ingeniería Inversa consiste en identificar las propiedades de un objeto real. En el caso de estudio servirá para tomar como referencia las medidas geométricas y el desarrollo de las superficies. Este método es muy útil, ya que ayuda al diseñador a entender cómo se realizó una pieza, o producto, con el objetivo de replicarlo y por ende mejorarlo. Las imágenes que se han tomado como modelo de referencia son las del *Kayak RTM Makao Confort*, Figura 18.



Detalle de la planta inferior del *Kayak RTM Makao Confort*



Detalle del perfil del *Kayak RTM Makao Confort*



Detalle de la planta del *Kayak RTM Makao Confort*

Figura 18. Imágenes de referencia del *Kayak RTM Makao Confort*

Fuente: (*Makao-Confort-B\_3.Jpg* (1000×1000), n.d.)

Lo primero que se hará para poder aplicar de forma correcta el método de Ingeniería Inversa, será insertar las imágenes que se van a tomar de referencia con el comando *Raster Imagine* en el menú de *Tools*. Obteniendo el resultado que se presenta en la Figura 19.

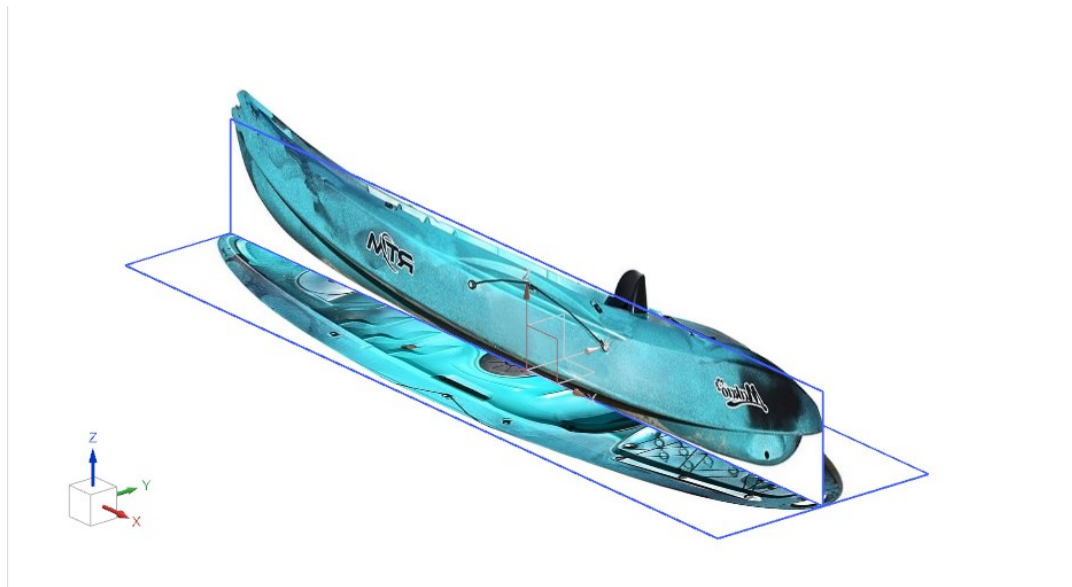


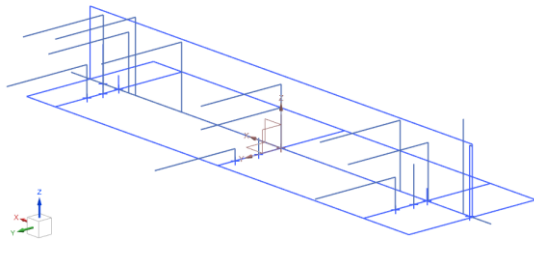
Figura 19. Referencia para la realización de kayak *Sit on Top* a través de Ingeniería Inversa

Antes de proceder al modelado de lo que sería la estructura del kayak se generarán unas series de líneas y sketches que servirán de guía para la generación tanto del calado como de la superficie abierta superior,

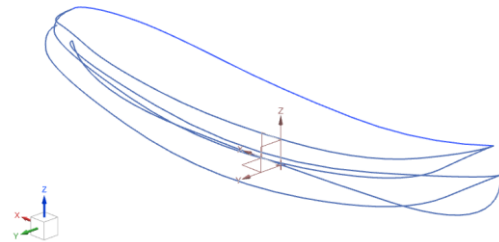
Teniendo de referencia las imágenes del *Kayak RTM Makao Confort* al tamaño requerido como se observa en la Figura 19. Se realiza un esquema del esqueleto



del kayak. En la Figura 20 puede verse una explicación más detallada del proceso de modelado de la estructura del casco del kayak Sit on Top.



Líneas de referencia y soporte, para la creación de los splines del esquema de la estructura del kayak



Splines que representan la estructura del kayak

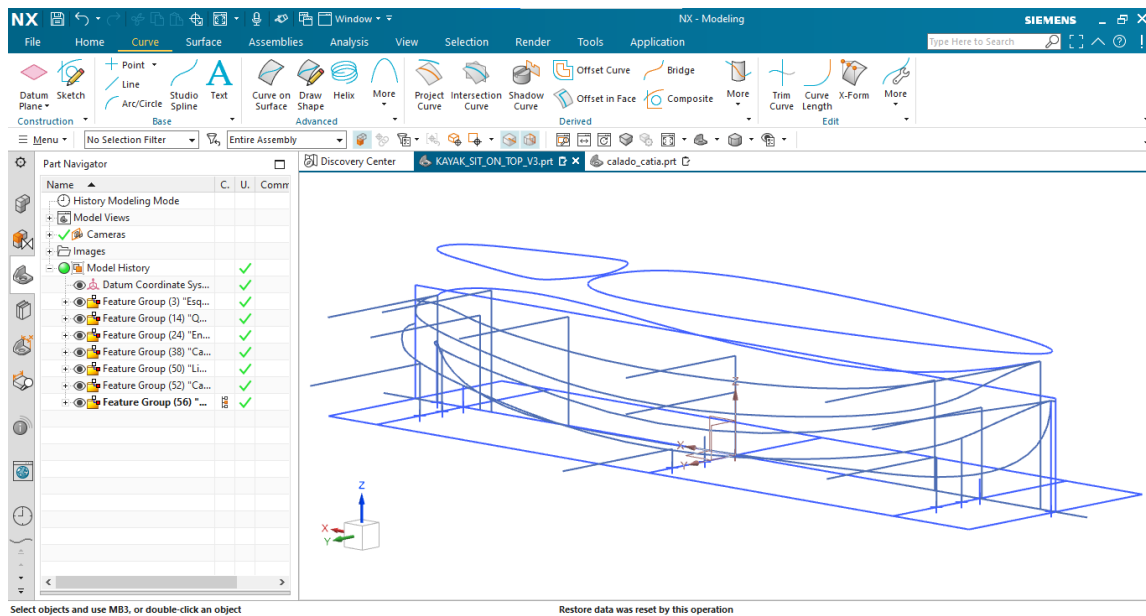
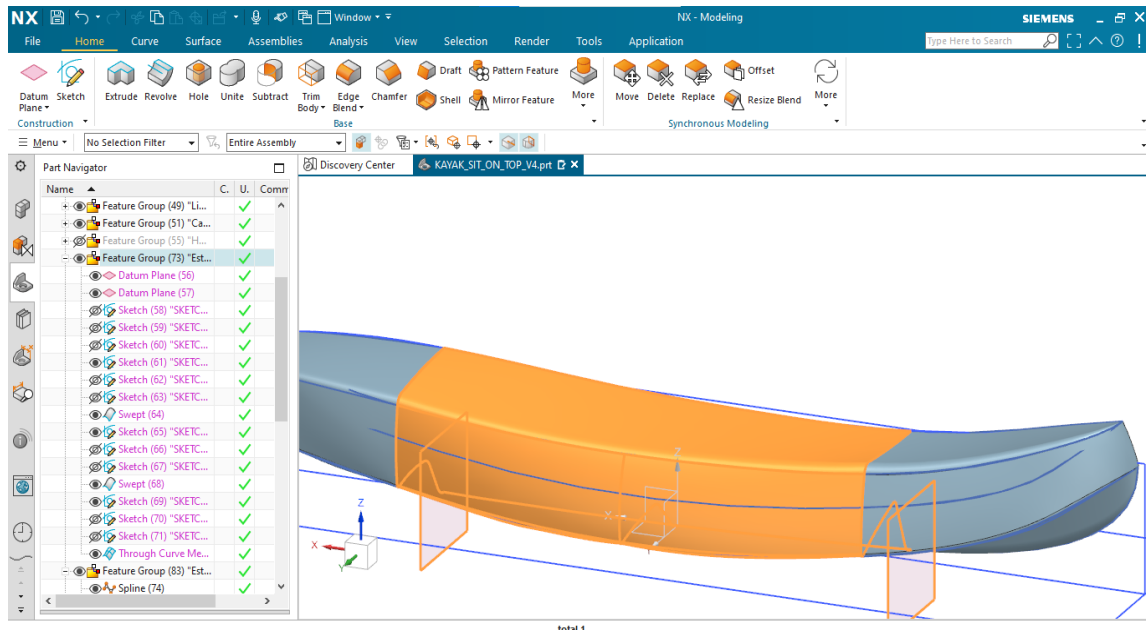
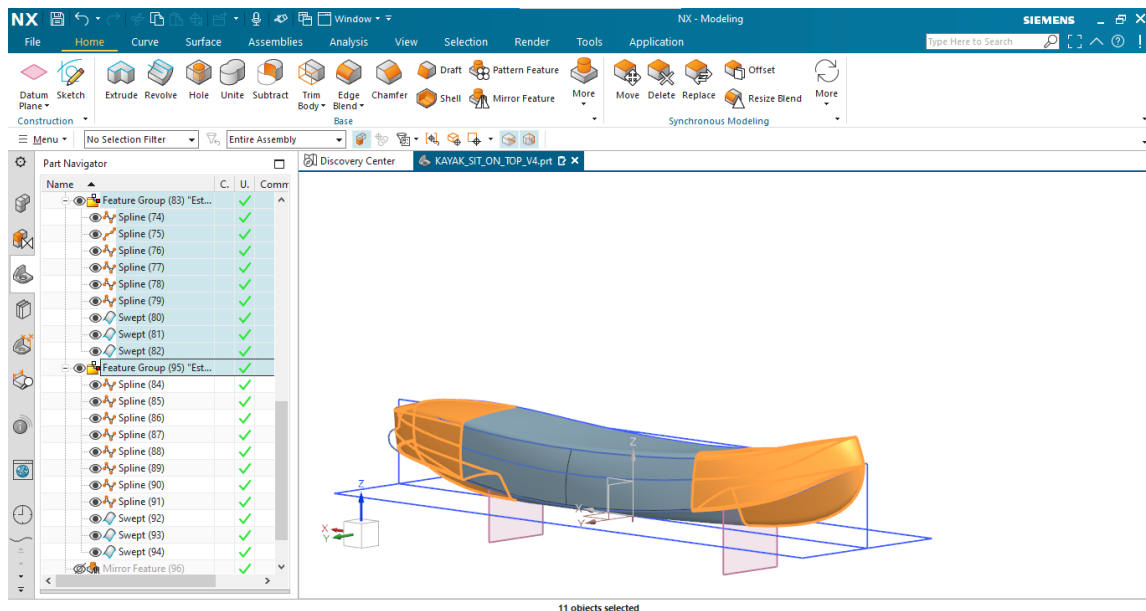


Figura 20. Esquema de la estructura del casco del kayak Sit on Top

A través del uso de la herramienta *Swept (Barrido)* del módulo de trabajo *Surfaces*. Se modela la estructura del kayak en tres partes, primero la parte central, luego la proa y por último la popa. Como se puede observar en la Figura 21, en el detalle A, se ve el resultado de la operación de *Swept (Barrido)* en lo que correspondería a la parte central del kayak, y en el detalle B, como queda la resolución de la proa y la popa.



Detalle A



Detalle B

Figura 21. Esquema del modelado de la superficie del casco del kayak Sit on Top

Se obtiene como resultado el siguiente conjunto, Figura 22, donde se puede observar en el Detalle B que la quilla central es más estrecha y pronunciada, para permitir que el kayak pueda atravesar y romper el agua. Las dos alas que salen, tanto a la izquierda como a la derecha, se corresponden con las quillas laterales, las cuales le dan estabilidad al kayak. Se pueden apreciar tanto en el Detalle A su resultado superior, como en el Detalle B su resultado inferior. Además de una vista de perfil que se puede apreciar en el detalle C.



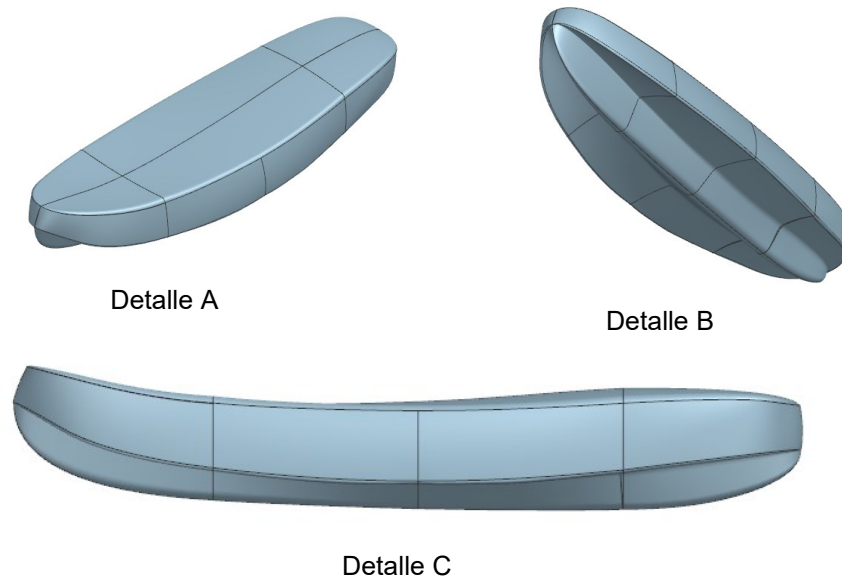


Figura 22. Modelado de las superficies del kayak Sit on Top

Sin embargo, a pesar de que los *Splines* y las superficies cumplan con una tangencia G1 a la hora de coser las superficies para generar un cuerpo sólido, se encuentra el siguiente problema, Figura 23. En este caso el software CAD indica que las caras cosidas se superponen y por ello no se puede realizar la operación.

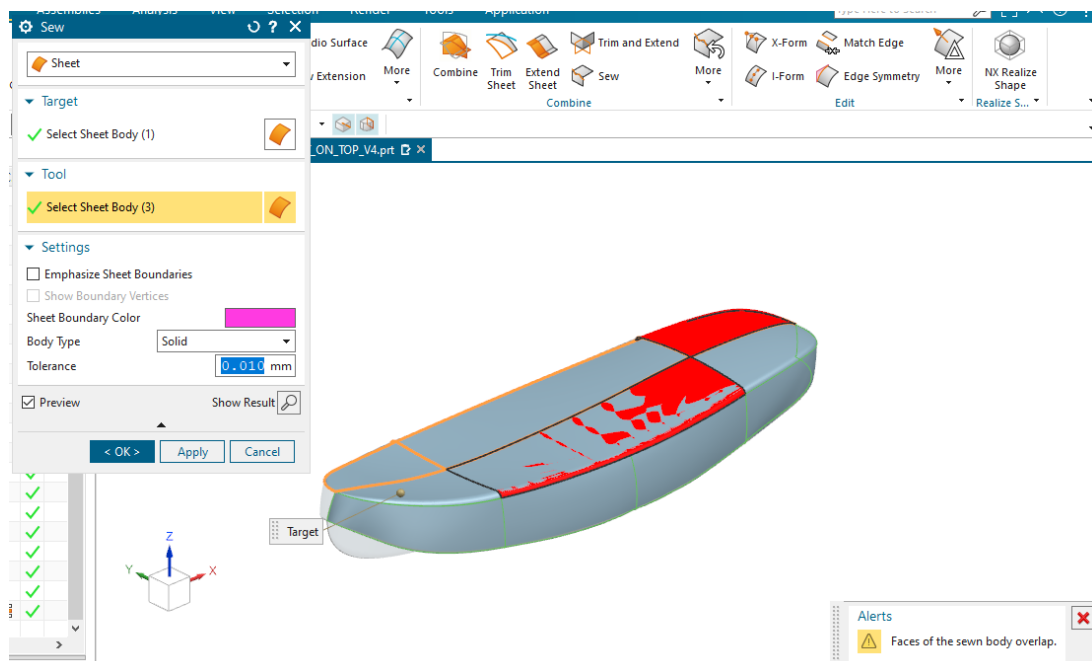


Figura 23. Problema para generar un cuerpo sólido

Por lo que se decide buscar una solución modelando lo que sería las diferentes secciones del kayak que recorrerían la estructura formada por los diferentes *Splines*, como se ha visto en la Figura 20.

A continuación, se crea una sección central la cual se dibuja como *Sketch* y es unión de los puntos de intersección de los diferentes *Splines* con los planos principales del modelo que se está creando. En la Figura 24, en el detalle A se puede ver la sección central, y en el detalle B, cuáles son los puntos de intersección de los *Splines* con el plano utilizados.

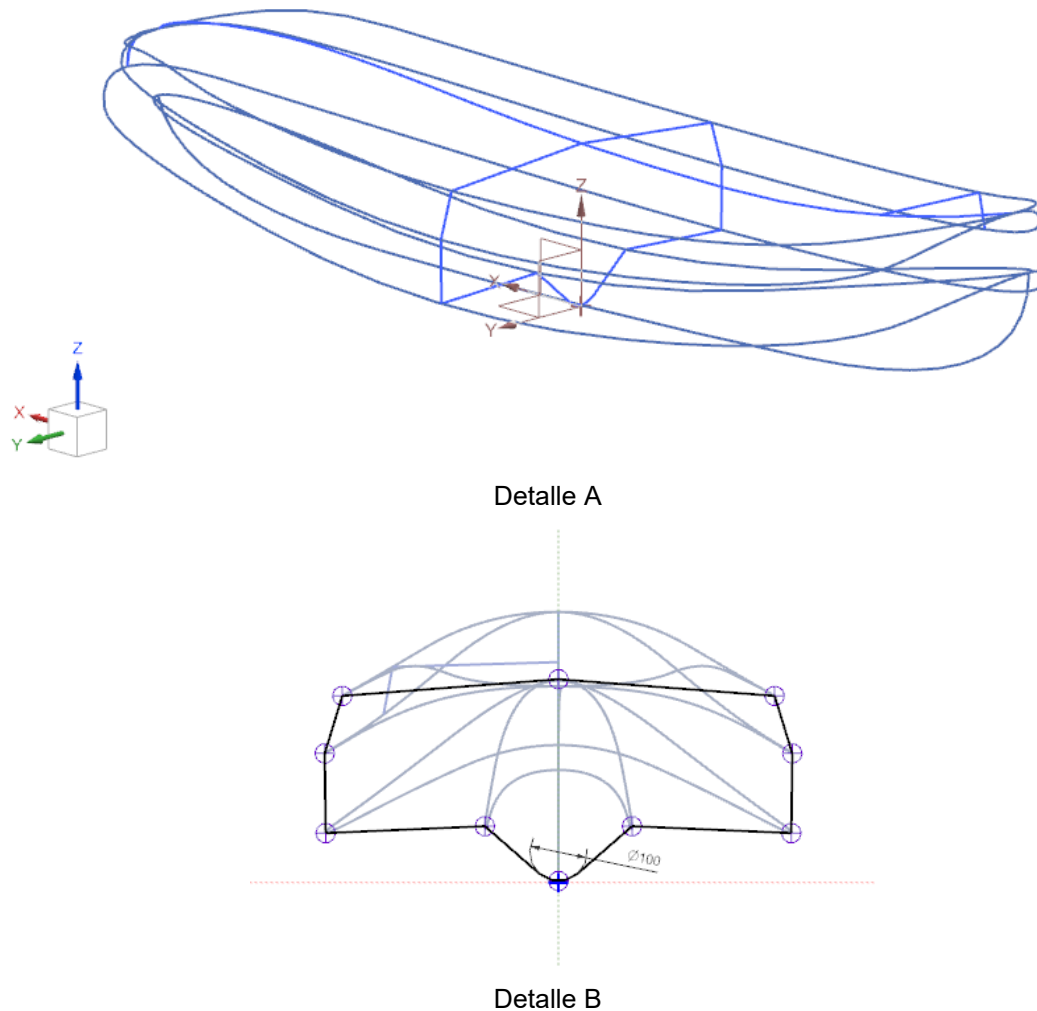
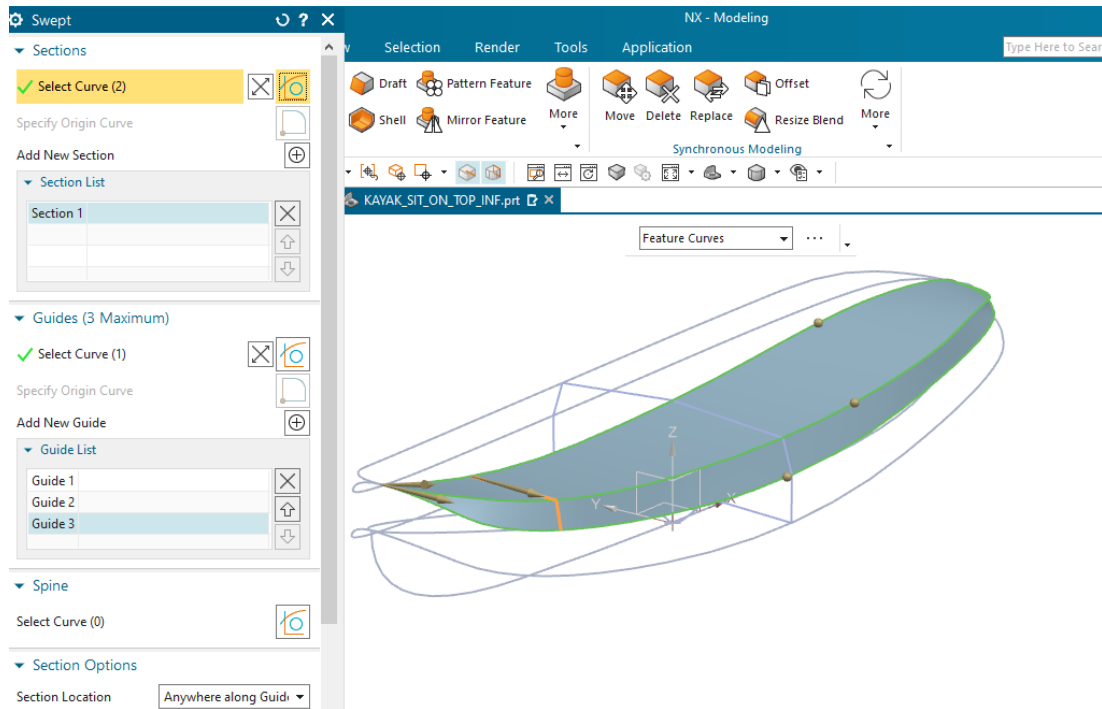
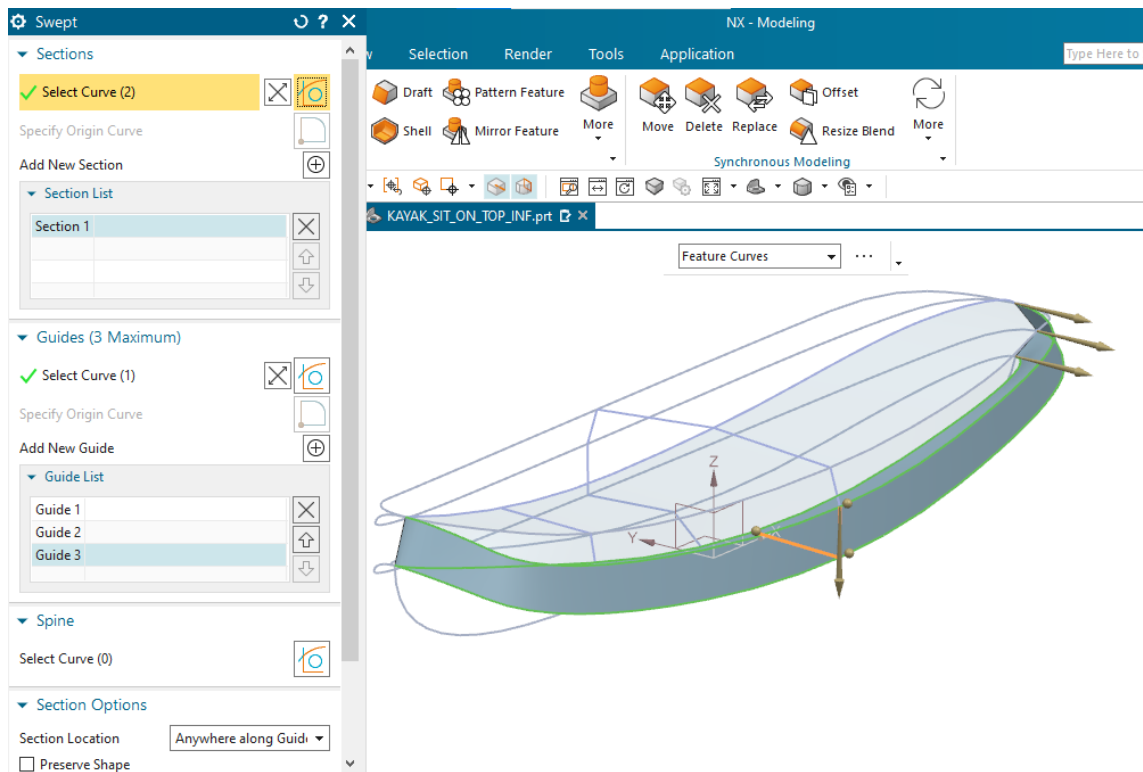


Figura 24. Esquema de las secciones del kayak

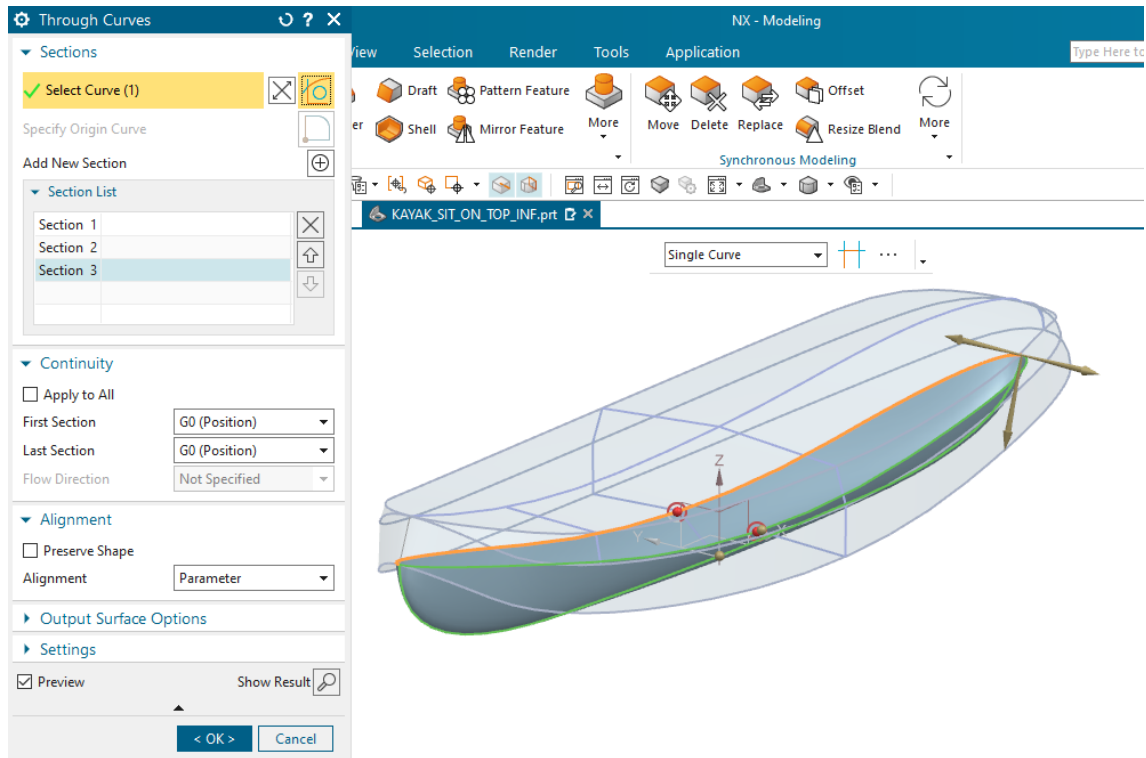
Para conseguir el resultado óptimo que se desea, tal como se muestra en la Figura 25, primero se hace un barrido de las líneas superiores de la sección central, detalle A, y se procede sucesivamente de la misma forma con las diferentes líneas del *Sketch*. En el detalle B se ve el resultado del barrido de la zona central. A todo esto, se le aplica una operación de simetría, y por último, en el detalle C, se observa cómo se ha conseguido modelar la superficie de la quilla usando la operación: *Thouh Curves*



Detalle A



Detalle B



Detalle C

Figura 25. Operaciones de superficies

Obteniendo como resultado final la siguiente superficie mostrada en la Figura 26.

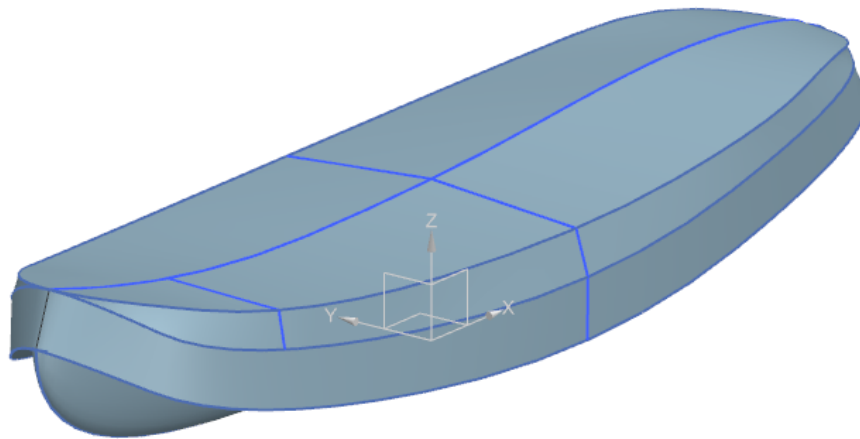


Figura 26. Resultado superficie Kayak Sit on Top

Una vez obtenida la superficie exterior del kayak se pasa a generar los detalles de la bañera y el tambucho, para ello se realiza un *Sketch* tomando como referencia la imagen del kayak *RTM Makao Confort* de la Figura 19. Y a este *Sketch* se le aplica una extrusión utilizando una operación booleana de sustracción para obtener las oquedades del tambucho y la bañera, como se puede ver en la Figura 27.

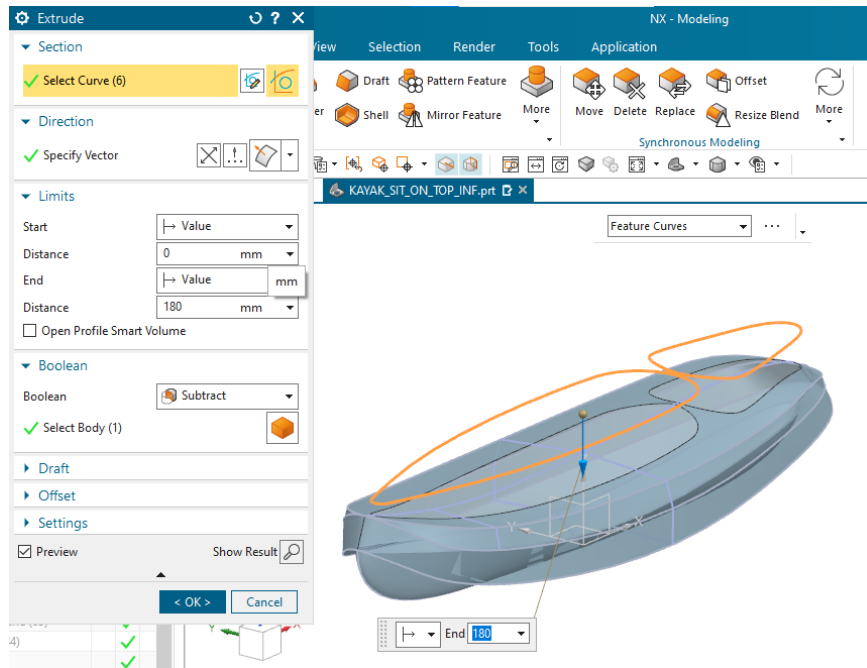
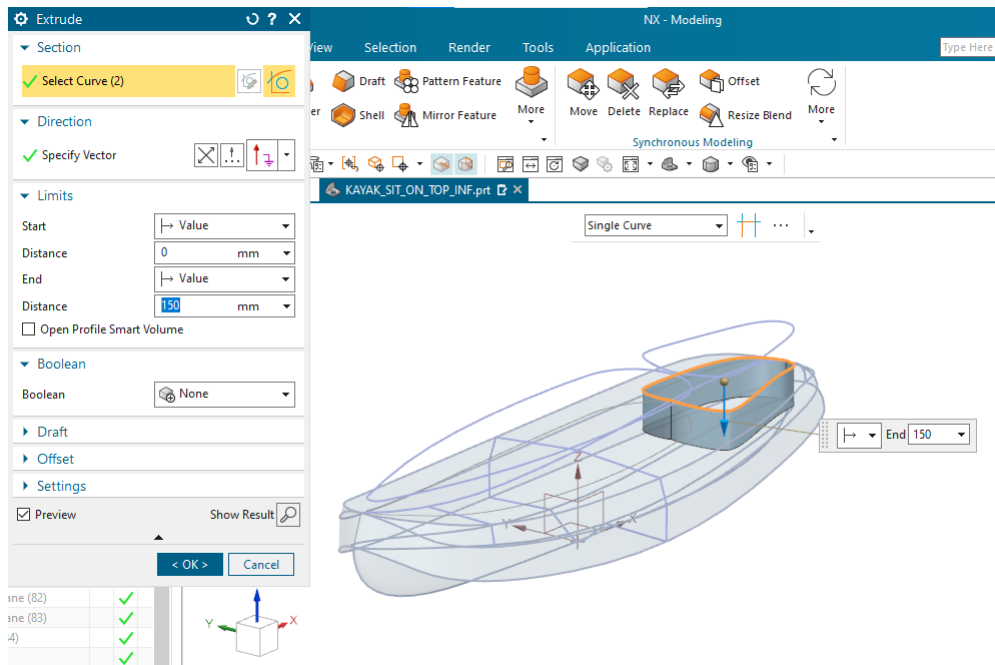
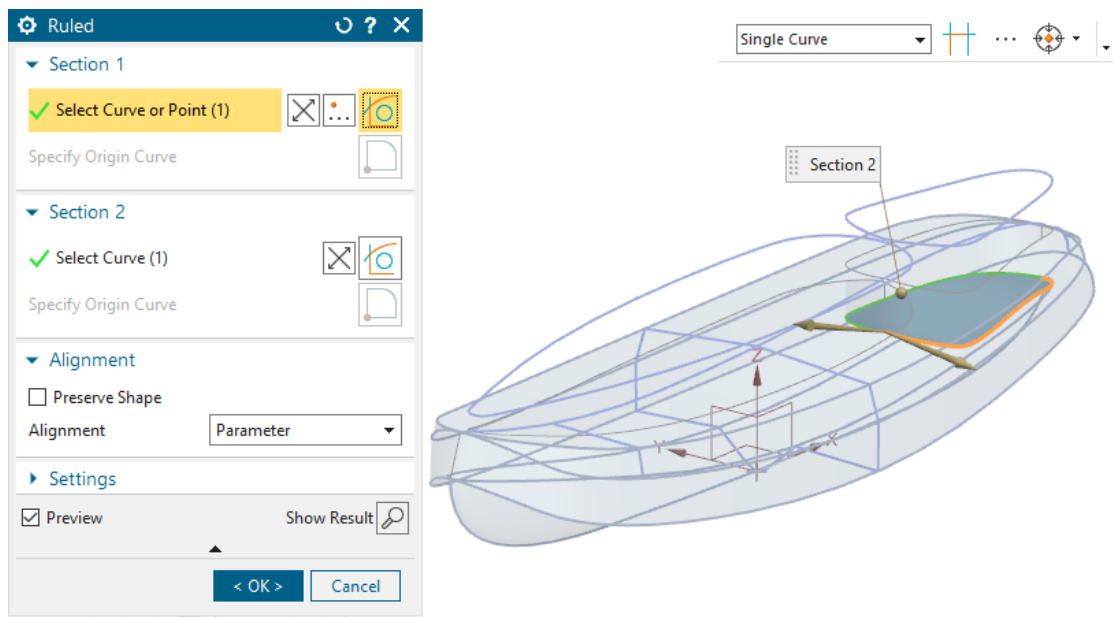


Figura 27. Oquedad del tambucho y la bañera

Una vez obtenidas ambas oquedades, se procede a cerrar la perteneciente al tambucho, Figura 28, para ello se extruyen las paredes del agujero como se puede ver en el detalle A y se cierra el agujero aplicando la operación *Ruled*, la cual consiste en crear un filete a partir de dos secciones, como se puede comprobar en el detalle B.



Detalle A



Detalle B

Figura 28. Creación del tambucho en el Kayak Sit on Top

Finalmente, se puede observar en la Figura 29 el resultado final de la generación de las superficies comentadas.

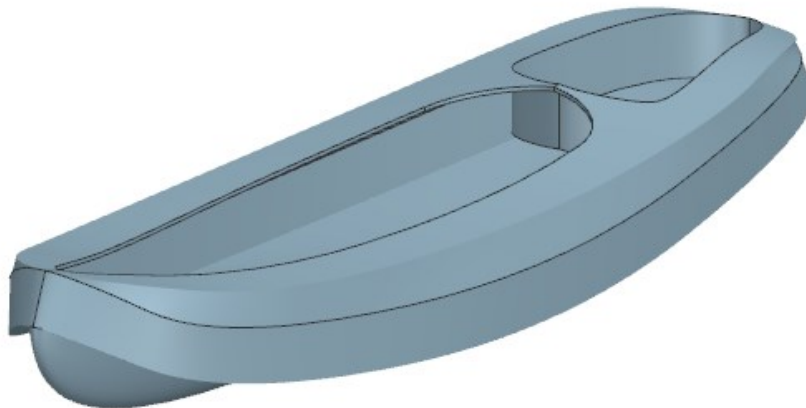


Figura 29. Resultado superficie del kayak Sit on Top

A continuación, para la realización de lo que sería el respaldo del asiento y los reposapiés se decide crear un nuevo archivo .prt, (nuevo modelo 3D), que luego se unirá como ensamblaje a la superficie principal del kayak Sit on Top, Figura 29.

Para ello se parte del esquema que ya se ha visto anteriormente en base a los *Splines* y la sección del kayak. Como se puede observar en la Figura 30, a través de un *Spline* y los esquemas de la parte inferior del kayak se modela la superficie del suelo, en la cual se apoyará el usuario.

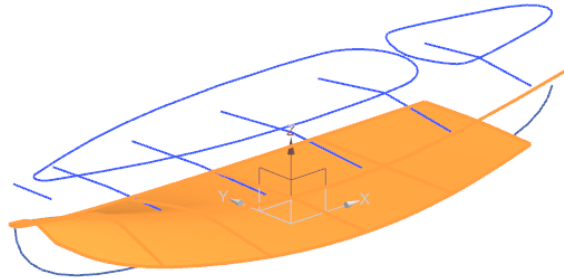
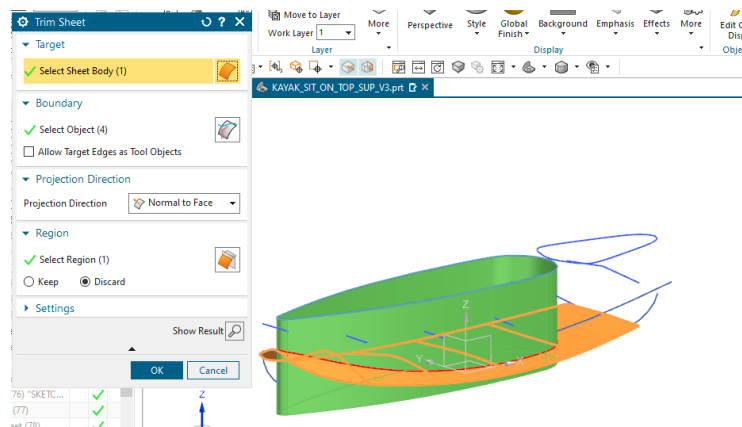
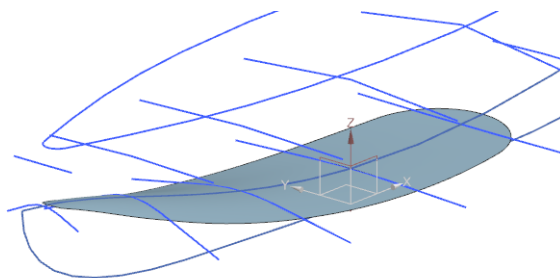


Figura 30. Superficie suelo del kayak Sit on Top

Tras esto se procede a cortar la lámina obtenida en la Figura 30, para que se ajuste al hueco del asiento del usuario. Se hace una extrusión del esquema del hueco y, a través de la operación *Trim Sheet*, como se ve en el detalle A de la Figura 31, se obtiene el resultado de la superficie del Detalle B.



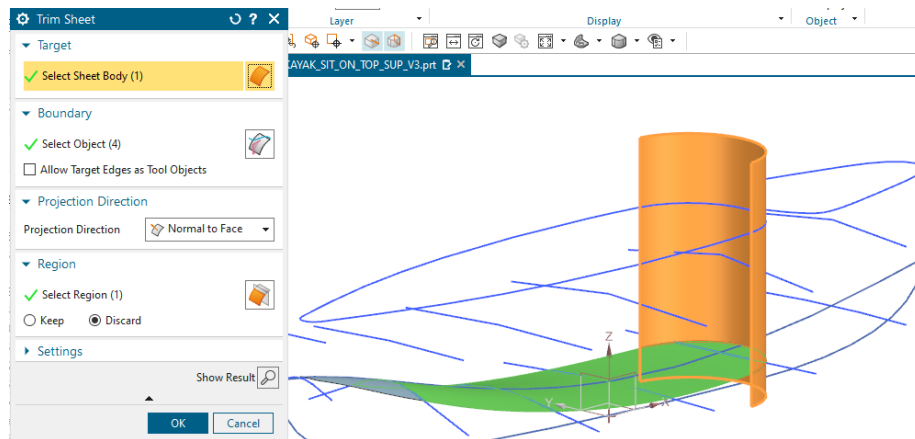
Detalle A



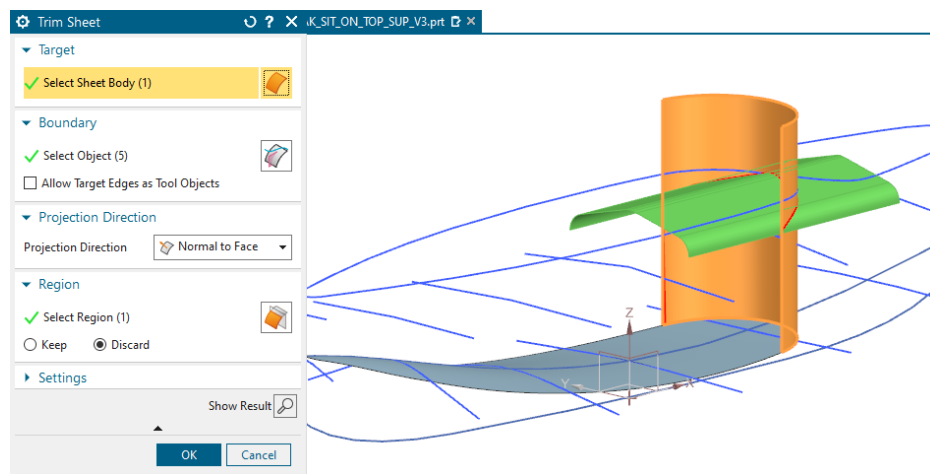
Detalle B

Figura 31. Corte lámina suelo kayak Sit on Top

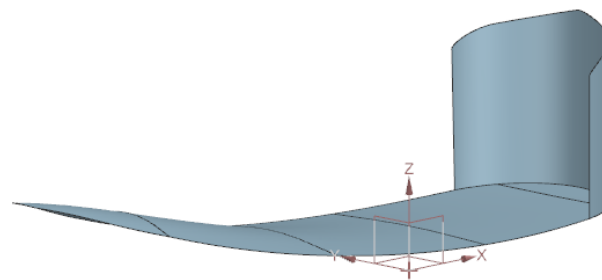
Para hacer la superficie del respaldo del asiento, se procede de la misma forma, se extruye la curva que interesa, Detalle A en la Figura 32, se crea una lámina con la forma que se desea que tenga el respaldo, Detalle B. Y gracias a la operación *Trim Sheet* se obtiene el resultado deseado, Detalle C.



Detalle A



Detalle B



Detalle C

Figura 32. Generación de la superficie del respaldo del Kayak Sit on Top

Por último, gracias a los datos recogidos en la *Tabla 1. Datos antropométricos de la población laboral española. Población: Conjunta*. Se sabe que el usuario, al ir sentado en el kayak, apoyará el pie en una posición de  $60^\circ$  con respecto al eje horizontal, como se puede ver ejemplificado en la Figura 33.



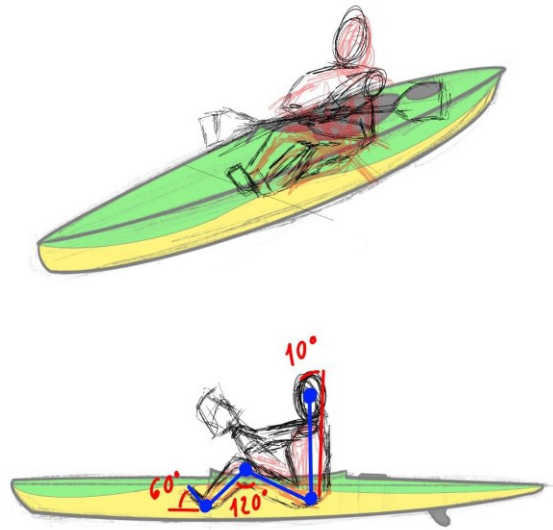


Figura 33. Medidas antropométricas para el diseño del asiento del kayak

Es por esto por lo que se añaden unos planos a  $30^\circ$ , Figura 34, para crear los Sketch que servirán de apoyo para la generación de la superficie del reposapiés.

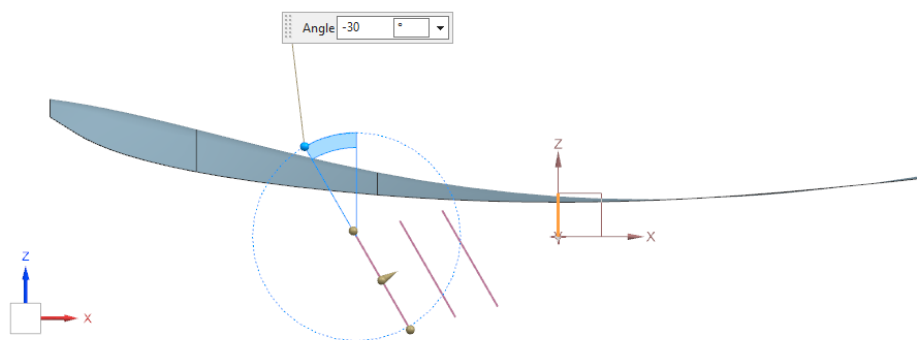
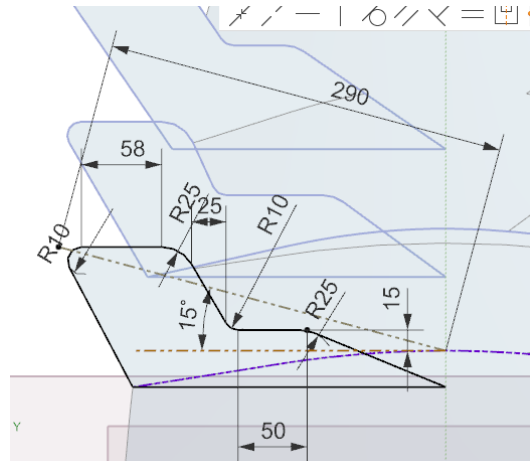
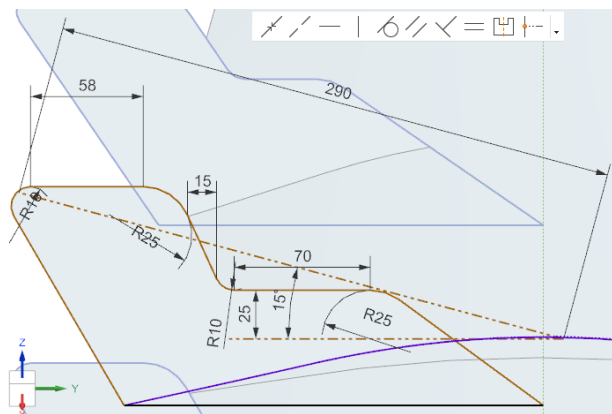


Figura 34. Planos a  $30^\circ$  para los reposapiés

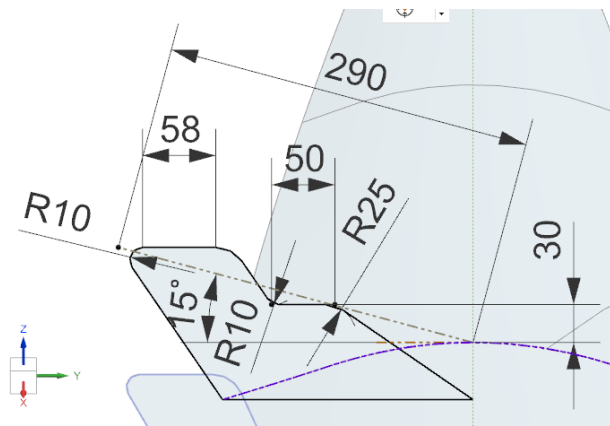
A cada reposapiés se le dará un tamaño para que el usuario, dependiendo de su altura, pueda utilizarlos de forma cómoda. Cumpliendo siempre con los datos antropométricos que se encuentran en la *Tabla 1. Datos antropométricos de la población laboral española. Población: Conjunta*. En la Figura 35 se muestra, en mayor detalle, las dimensiones de cada uno de los reposapiés, siendo el Sketch (79) el más cercano al respaldo, el Sketch (80) el que se encuentra en una situación intermedia y el Sketch (81) el más alejado al respaldo.



Sketch (79)



Sketch (80)



Sketch (81)

Figura 35. Sketches de los reposapiés

El resultado final de la superficie del hueco del usuario, donde se encuentran los reposapiés y el respaldo, es el siguiente, Figura 36.

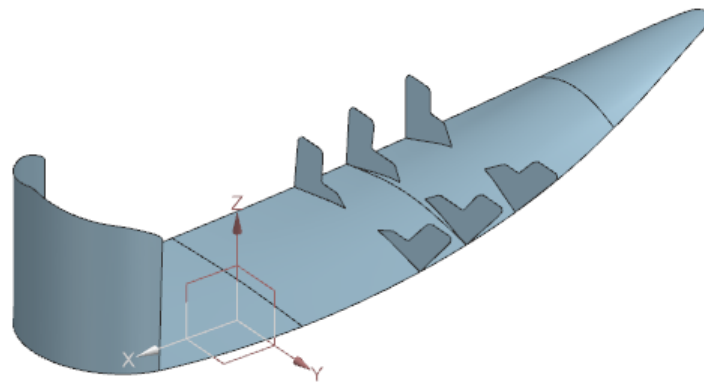


Figura 36. Resultado superficie del hueco del usuario, respaldo y reposapiés

Ambos archivos *prt* unidos conforman el ensamblaje del kayak *Sit on Top*, donde se obtiene como resultado el diseño CAD final del kayak. Además, se han añadido puntos de drenaje, que permiten que el agua que entra en la embarcación salga evitando el hundimiento, Figura 37.

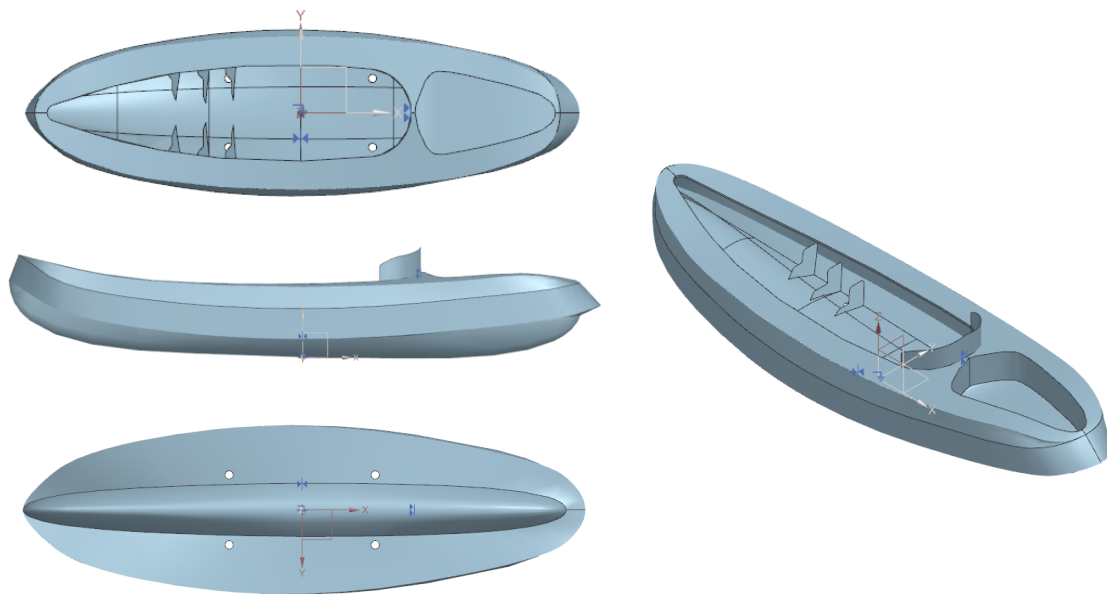


Figura 37. Resultado final del diseño CAD del kayak *Sit on Top*

### 3.2.2. Estudio de simulación en Siemens NX

En el siguiente estudio de análisis por elementos finitos del kayak *Sit on Top*, como ya se ha comentado en el punto 3.2.1.2. *Requisitos de simulación*, se realizará un análisis estático estructural de elementos 1D. Para este estudio se ha tomado de referencia el caso de estudio aplicado a una plataforma industrial para comprobar si está era segura y funcional. El objetivo del estudio era generar una estructura, general (sin entrar al detalle), capaz de resistir todas las cargas aplicadas sin fallar durante su vida útil prevista. De igual forma se realizará un análisis estructural de elementos 1D una las líneas unidad que configuran la estructura del kayak *Sit on Top*.

Para ello se partirá de la estructura modelada en el punto 3.2.1, cuyo resultado puede verse en la Figura 24.

#### Simplificaciones geométricas

Para el presente análisis se deberán hacer algunas simplificaciones geométricas, puesto que la estructura formada por *Splines* del kayak se modelará como barras unidimensionales. Se tomarán del catálogo de “*Vigas WF ASTM A 572/A992 GR 50*” (*Para Sistemas de Entrepisos Metálicos*, n.d.)

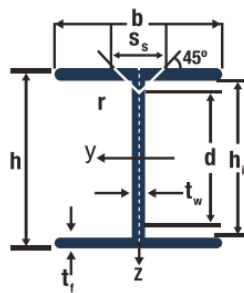


Figura 38. Sección del perfil: Tubo Estruct Rectangular de 150x50 mm

Fuente: (*Para Sistemas de Entrepisos Metálicos*, n.d.)

Características geométricas de la sección estructural para perfiles usados como elementos horizontales o vigas	Referencias comerciales	Tipo de perfil	Tubo Estruct Rectangular
		Sección (mm)	150 x 50
	Altura /Ancho	$h$ (mm)	150
		$b$ (mm)	50
	Espesor pared $e$ (mm)		2
	Peso $P$ (kg/m)		6,07
	Área $A$ (cm <sup>2</sup> )		7,74
EJE X - X	Momento de Inercia $I_x$ (cm <sup>4</sup> )		207,53
	Módulo de Sección $S_x$ (cm <sup>3</sup> )		27,67

Propiedades estáticas	Flexión		<b>Radio de Giro rx (cm)</b>	5,18
		EJE Y - Y	<b>Momento de inercia Iy (cm<sup>4</sup>)</b>	37,20
			<b>Módulo Elástico Sy (cm<sup>3</sup>)</b>	14,88
			<b>Radio de Giro ry (cm)</b>	2,19
		Módulo Plástico	<b>Zx (cm<sup>3</sup>)</b>	35,35
<b>Zy (cm<sup>3</sup>)</b>	16,26			

Tabla 3. Características del perfil: Tubo Estruc Rectangular de 150x50 mm

Fuente: (Para Sistemas de Entrepisos Metálicos, n.d.)

## Materiales

El kayak *Sit on Top* se fabricará de polietileno.

Dentro de la biblioteca de materiales del software Siemens NX se puede encontrar la siguiente información sobre el polietileno.

```

-----
MATERIAL INFORMATION
-----

Library Material : Polyethylene
Category          PLASTIC
Subcategory       Thermoplastic
Library Reference physicalmateriallibrary.xml
  Category        : PLASTIC
  Sub-Category    : Thermoplastic
  Mass Density (RHO) : 1.2e-06kg/mm³

  ===== Mechanical
  Young's Modulus (E) : 1000000kPa
  Poisson's Ratio (NU) : 0.4Unitless
  Type of Nonlinearity (TYPE) : Elastoplastic: stress-total strain (MATS1/PLASTIC)
  Yield Function Criterion (YF) : von Mises
  Hardening Rule (HR) : Isotropic

  ===== Strength
  Yield Strength : 11700kPa

  ===== Thermal
  Thermal Expansion Coefficient (A) : 0.0002°C-1
  Specific Heat (CP) : 2200000000μJ/(kg·K)

  ===== Miscellaneous
  Crosshatch Pattern : Rubber/Plastic

  ===== Thermal
  Thermal Expansion Coefficient Type : Undefined

```

Figura 39. Información de la biblioteca de materiales de NX sobre el polietileno

Fuente: Siemens NX2206

Por lo que se puede concluir con la siguiente información:

- Límite Elástico ( $S_y$ )

<b>Límite Elástico (<math>S_y</math>)</b>	<b>11700kPa</b>
---	-----------------

Tabla 4. Límite elástico del polietileno

Fuente: Siemens NX 2206

- Módulo de Elasticidad, Coeficiente de Poisson y la Densidad del material

<b>Módulo de Elasticidad E (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Módulo de Rigidez G (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Coeficiente de Poisson <math>\nu</math></b>	<b>Coeficiente de dilatación térmica <math>\alpha(^{\circ}\text{C})^{-1}</math></b>	<b>Densidad (kg/mm<sup>3</sup>)</b>
1000	358	0.4	0.0002	1.2e-06

Tabla 5. Módulo de Elasticidad, Coeficiente de Poisson y la Densidad del polietileno

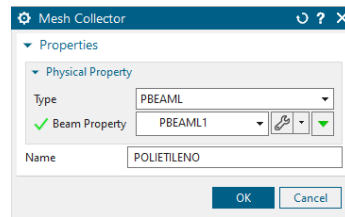
Fuente: Siemens NX 2206

### 3.2.2.1. Mallado del estudio FEM del kayak Sit on Top

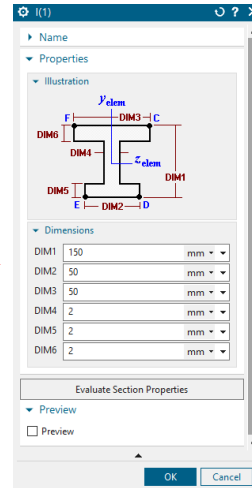
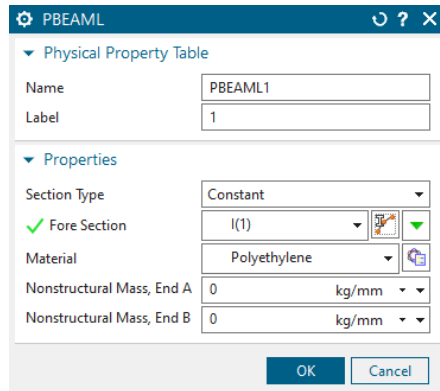
Para el mallado del kayak *Sit on Top*, como se ha comentado anteriormente, se analizará la estructura del kayak como si se tratará de un conjunto de vigas.

Desde el archivo *.femX.fem* se aplicará el mallado 1D a la estructura del kayak. Para ello, primero se creará un *Mesh Collector*, que es lo mismo que un mallado colector que definirá las propiedades físicas y los materiales asociadas a la malla que se le añadirán posteriormente. En este caso, como el kayak será fabricado íntegramente de polietileno, al *Mesh Collector* se le darán sus propiedades.

Además, al tratarse de un Mesh Collector 1D, se tienen que definir las secciones que tendrá el perfil, desde el detalle B de la Figura 40, seleccionándolo en la opción *Fore Section > Show Section Manager > Create Section*. Se definirá el perfil I, siguiendo las características descritas en la *Tabla 3. Características del perfil: Tubo Estruc Rectangular de 150x50 mm*. Para posteriormente añadirle como material el polietileno, como se observa en el detalle B desde la opción de *Material > Choose material*.



Detalle A



Detalle B

Figura 40. Mallado colector 1D

Se aplica una malla 1D, la cual permite crear un mallado de elementos unidimensionales como curvas líneas o *Splines*, como es el caso de estudio. Dentro de las propiedades de los elementos se elige un mallado tipo CBEAM (*Beam Element Connection*), en Siemens NX este tipo de elementos se utilizan para representar vigas complejas, ya que permite definir secciones variables. Los parámetros de densidad de la malla se establecen a través del número de elementos, para el caso de estudio, serán veinte, como se puede muestra en la Figura 41

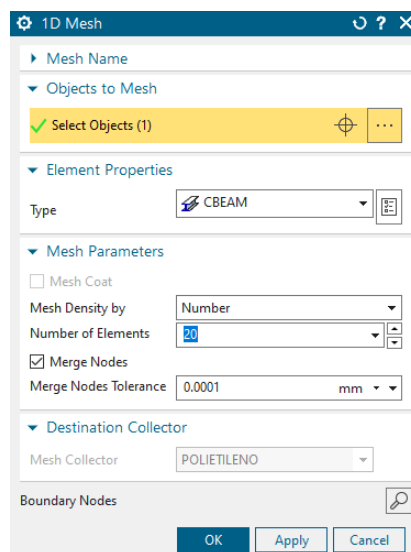


Figura 41. Definición del mallado 1D

Además, se debe tener en cuenta que las líneas o *Splines* a las que se les aplique la malla 1D deben tener la misma dirección, como se observa en la Figura 42, donde los mallados que tienen el mismo color, siguen la misma dirección.

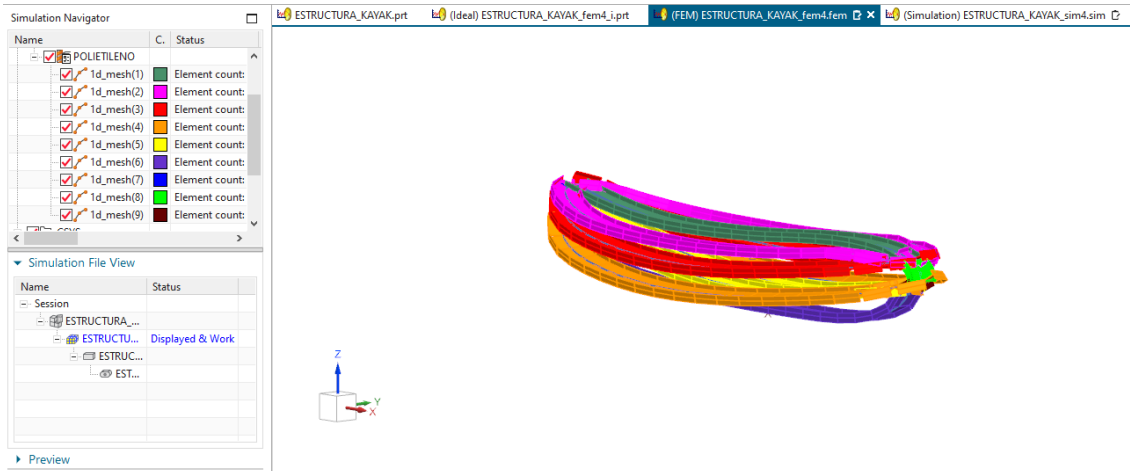


Figura 42. Mallado 1D de la estructura del kayak

### 3.2.2.2. Condiciones de contorno

Con las condiciones de contorno, lo que se pretende es describir una situación real de cómo se comportaría el kayak en el mar, el problema que se presenta es que esto depende mucho de las condiciones climatológicas. Puesto que las condiciones más adversas y de temporal suelen darse durante el otoño y el invierno y se quiere proponer una casuística lo más real posible, se tomarán de ejemplo las condiciones en las que se encuentra el mar Mediterráneo a la altura de la playa de la Malvarrosa el día 17 de agosto de 2024.

### Casos de carga (solicitaciones)

Según lo investigado en el punto 3.2.1.1. *Requisitos de diseño*, se sabe que la carga máxima que puede soportar un kayak como el *RTM Makao Confort* en el cual se ha basado el estudio de fabricación aplicando Ingeniería Inversa es una carga máxima de 140 kg. Además, se debe tener en cuenta la acción de la gravedad y por último se considerará también la acción de la aceleración que puede ocasionar la velocidad del viento.

Para calcular la aceleración se tomará como ejemplo los datos de la aplicación *Windy* a día 17 de agosto de 2024. Los datos recogidos se pueden ver en la Figura 43.





Figura 43. Pronóstico del tiempo y mapa de viento del 17 de agosto de 2024

Fuente: (Malvarrosa - Valencia - España Pronóstico Del Viento, Las Olas y El Tiempo — Windy.App, n.d.)

Para calcular la aceleración se aplicará la siguiente fórmula, tomando como valores la velocidad inicial del viento,  $V_i=4,8 \text{ m/s}$  a las 14 horas y la velocidad final del viento,  $V_f=7 \text{ m/s}$  a las 17 horas.

$$a = \frac{V_f - V_i}{t} = \frac{7 \text{ m/s} - 4,8 \text{ m/s}}{10800 \text{ s}} = 0,0002 \text{ m/s}^2$$

1. Aplicación de la carga máxima que soportará el kayak, en la Figura 44 se puede observar que se aplica como referencia la fuerza máxima que podría soportar el kayak *RTM Makao Confort*, que sería los 140 kg que representa la carga máxima por la fuerza de la gravedad, obteniendo una fuerza máxima de 1373,4 N.

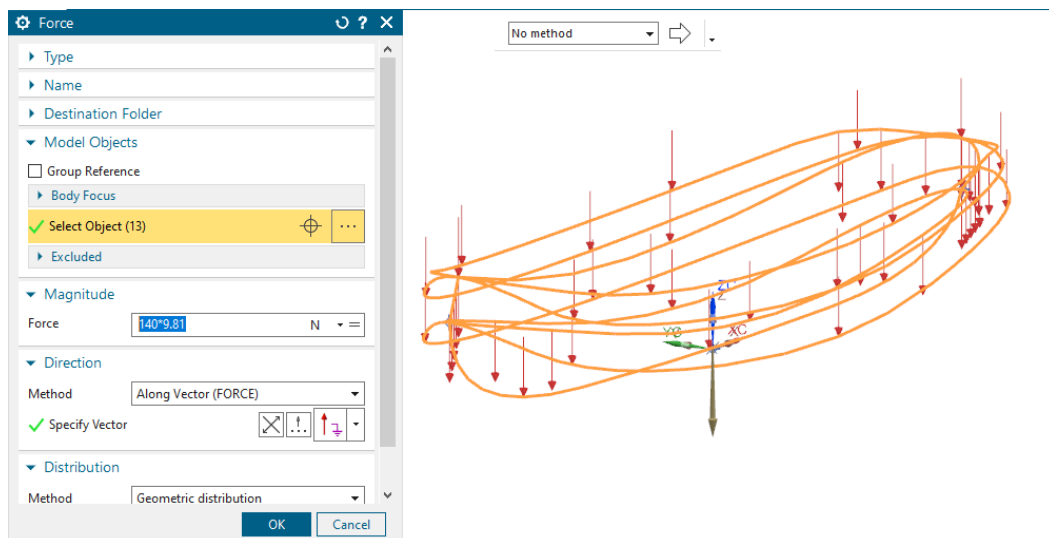


Figura 44. Aplicación de la carga máxima que soportará el kayak

## 2. Fuerza gravitatoria, aplicada en el eje – Z, Figura 45.

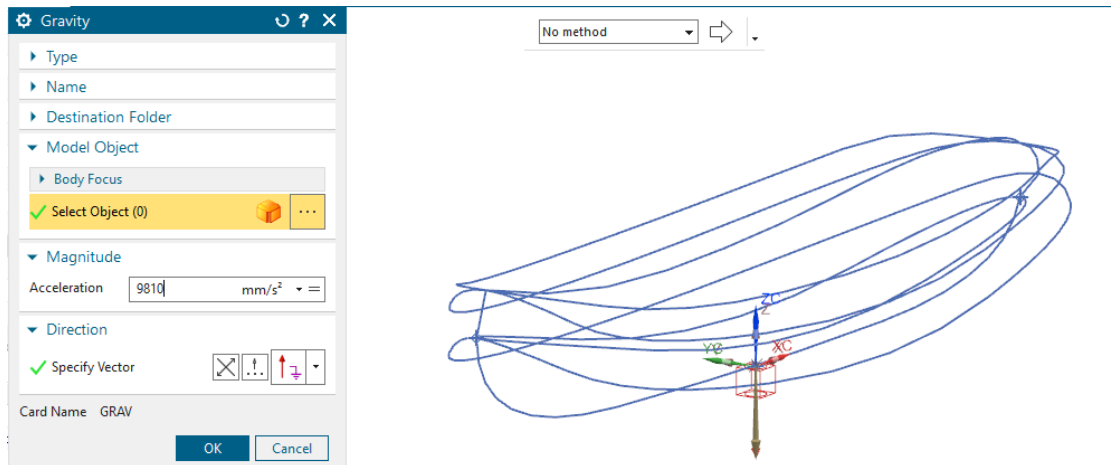


Figura 45. Aplicación de la fuerza gravitatoria

## 3. Estudio de la aceleración debida a la velocidad del viento, Figura 46, donde se puede observar que la aceleración se está aplicando en el eje +Y de la estructura del kayak.

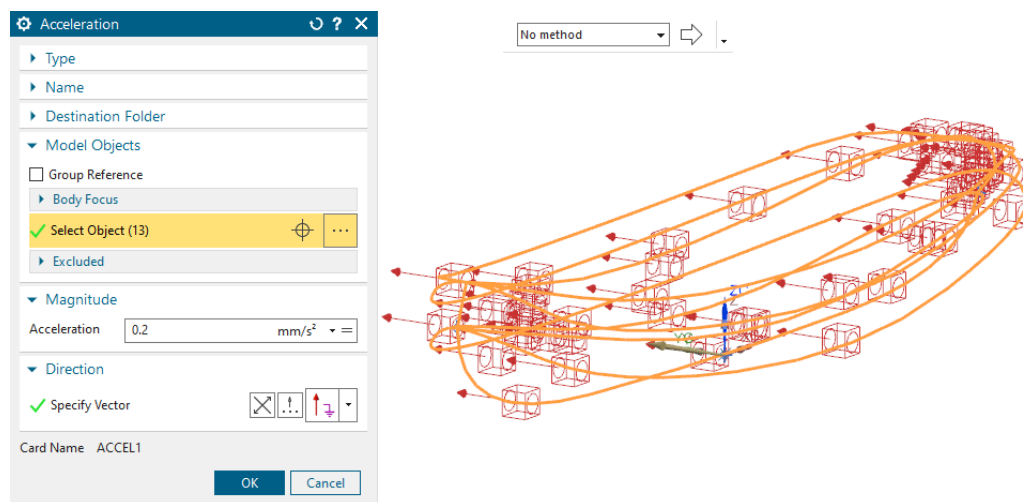


Figura 46. Aplicación de la aceleración

## Restricciones

En cuanto a las restricciones se ha fijado la estructura del kayak en un punto medio, como se puede observar en la Figura 47. Se ha restringido la estructura en el punto de intersección entre la *Spline* inferior del esquema, con los ejes de referencia XYZ. Con el objetivo de analizar cómo se comportará en un análisis estático lineal.

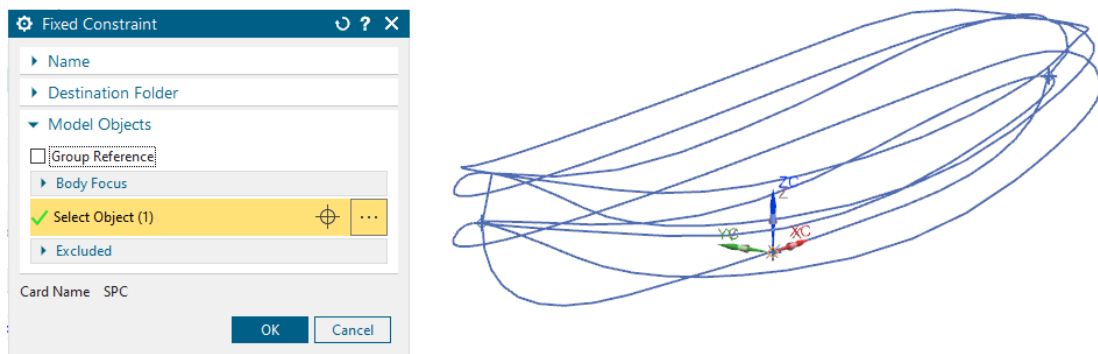


Figura 47. Restricción fija en el centro de la estructura

### 3.2.2.3. Verificación del modelo

#### Verificación de carga gravitatoria

Con la verificación de la carga gravitatoria en un análisis estático lo que se pretende es confirmar que las reacciones obtenidas en el análisis están controladas por la acción gravitatoria. Para ello el valor de la fuerza de reacción en la dirección de aplicación de la aceleración gravitatoria (fuerza de la gravedad) debe ser aproximadamente el peso de la estructura a analizar. Para ello se ha creado un modelo CAD del kayak que simula los perfiles empleados para el análisis FEM, como se puede observar en la Figura 48, el peso de la estructura es de 166,0418 N.

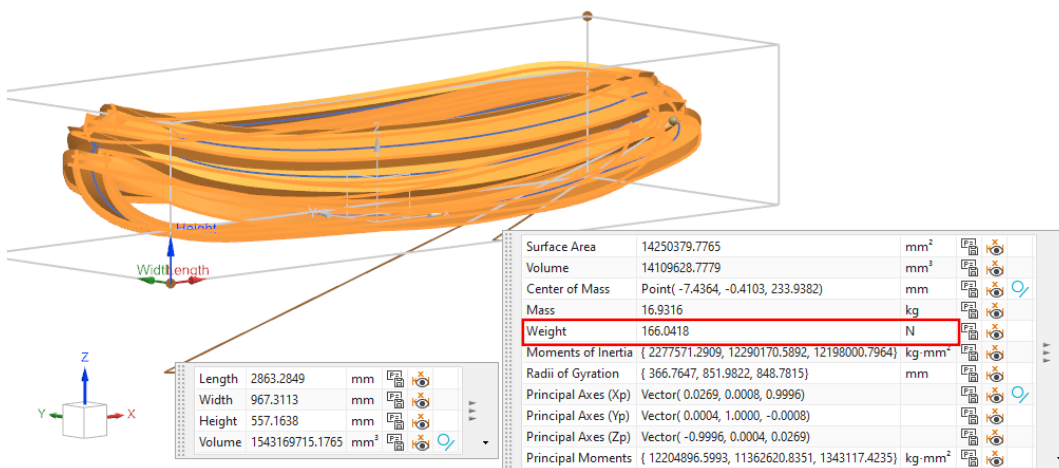


Figura 48. Peso de la estructura del kayak Sit on Top

Una vez definidas las condiciones de contorno y sabiendo que la densidad del material a aplicar está definida, se aplica la carga de la gravedad y se fija el kayak. Se resuelve la solución *SOL 101 Linear Statics* y se obtiene el siguiente resultado, Figura 49. Donde se puede observar en el apartado estructural (*Structural*) en la reacción de la fuerza nodal (*Reaction Force – Nodal*) en el resultado de la fuerza aplicada en el eje Z, que es la misma dirección en el que se aplica la gravedad. Se obtiene como resultado que la fuerza aplicada es de 166,14 N, es decir muy similar al peso de la estructura que es de 166,0418 N. Lo

que quiere decir que las condiciones de contorno explicadas en el punto 3.2.2.2. *Condiciones de contorno*, que son las que se van a emplear en los siguientes análisis y las reacciones que se acaban de obtener ante la acción gravitatoria están controladas por ésta. Por lo tanto, también se puede verificar gracias a este resultado que la pieza tiene aplicado correctamente el mallado y por ende correctamente asignado el material de la estructura del kayak

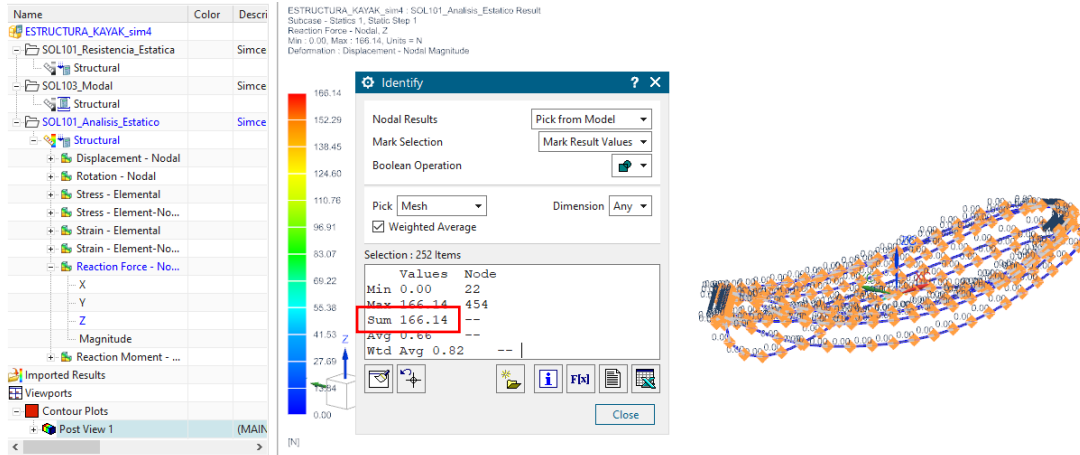


Figura 49. Resultado de la verificación de la carga gravitatoria (análisis estático)

### Verificación de modos propios (análisis modal libre – libre)

Con el análisis modal libre - libre, se busca comprobar si la estructura del kayak se comporta como un sólido libre, es decir, presenta seis modos de sólido libre y es a partir del séptimo modo donde se comporta de modo elástico. (CAE\_Apuntes\_teoría (1), n.d.)

Se resuelve la *SOL 103 Real Eigenvalues*, para calcular las frecuencias naturales y modos de vibración. Como se puede observar en la Figura 50, se cumple que del modo 1 al 6 la frecuencia es casi nula, es decir:  $f_1, f_2, \dots, f_6 \approx 0$  ( $< 1.0 \text{ e} - 4$ ). Y es a partir de del modo 7 donde,  $f_7, f_8, \dots$  ( $>0$ ) se empiezan a dar las frecuencias naturales.

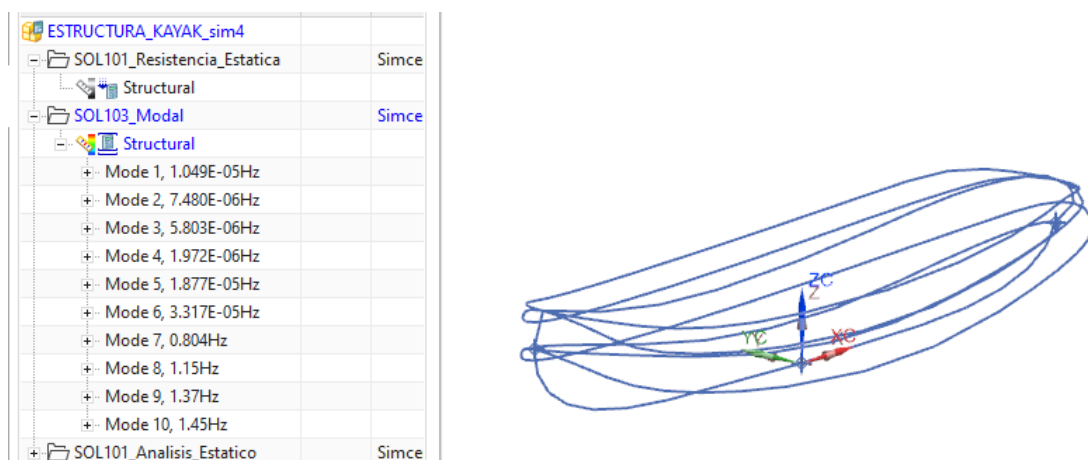


Figura 50. Resultado del análisis modal libre – libre

### Verificación del coeficiente de seguridad frente al fallo (resistencia estática)

Para calcular el coeficiente de seguridad, se resuelve la SOL 101 Linear Statics donde las condiciones de contorno son todas aquellas que simulan una situación real en la que se encontrará en kayak, se aplicará la carga máxima que soportará el kayak, la fuerza gravitatoria y la aceleración debida a la velocidad del viento.

Como se puede comprobar en la Figura 51 la tensión de Von Mises de la estructura es de 244,74 MPa.

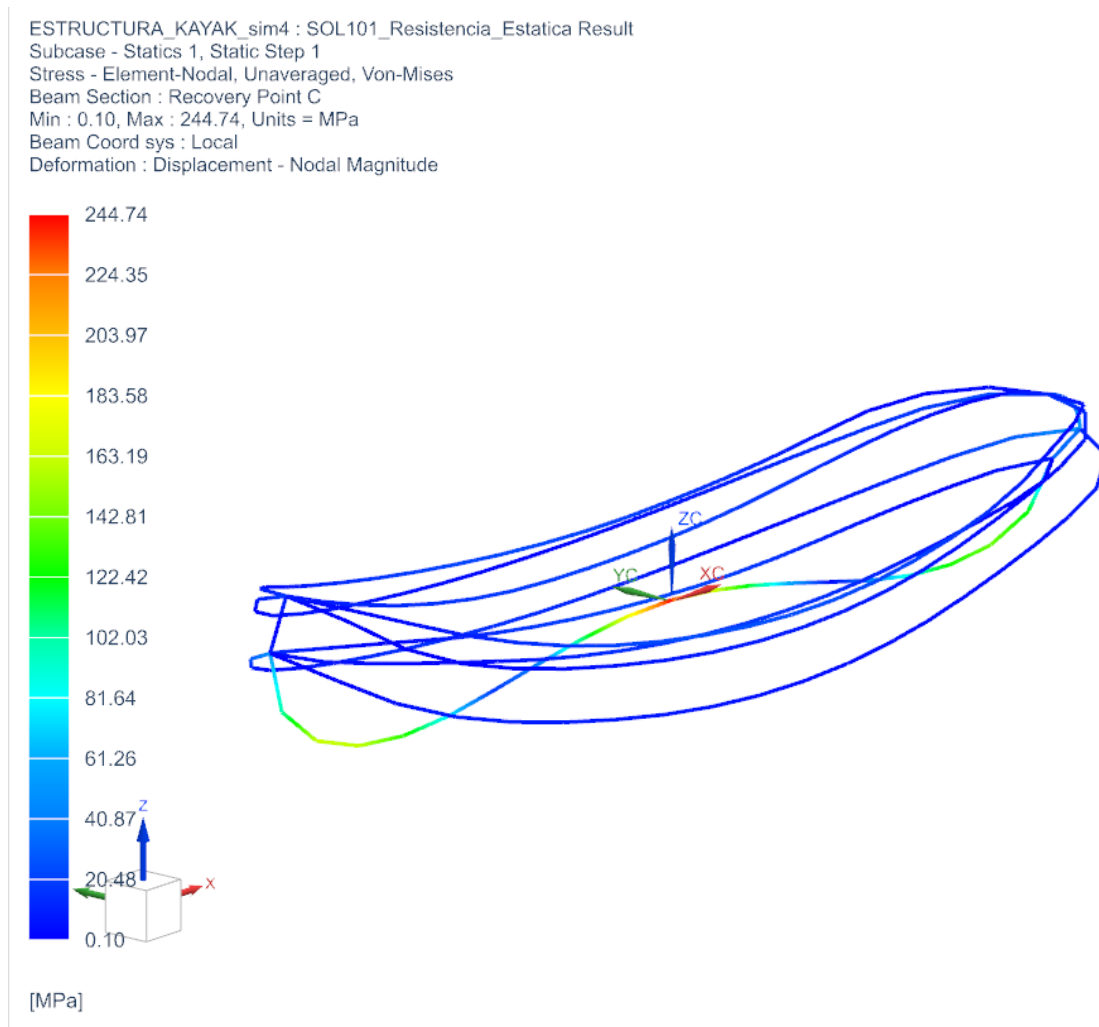


Figura 51. Resultado de la tensión de Von Mises en el análisis lineal estático

El factor de seguridad será el siguiente:

$$F_s = \frac{S_y}{\sigma} = \frac{11,7}{244,74} = 0,048$$

Por lo tanto, se puede concluir que la estructura del kayak supera el límite elástico de 244,74 MPa > 11,7 MPa, y el diseño de esta versión no es seguro. Lo que quiere decir que se tendrá que hacer un rediseño de la estructura, para que esta sea segura.

### 3.2.2.4. Rediseño del mallado del estudio FEM del kayak Sit on Top

Como se ha visto en el punto anterior, el coeficiente de seguridad es menor de lo esperado, lo que quiere decir que se tiene que hacer un rediseño. Por lo que se decide cambiar las dimensiones de los perfiles que constituyen el mallado actual. Esto estaría directamente relacionado en el modelo CAD del kayak *Sit on Top* con el espesor de este, porque la viga escogida en el análisis anterior se trataba de un tubo estructural rectangular de 150x50 mm de 2 mm de espesor. Es decir, de unas dimensiones geométricas menores a la nueva viga escogida de la Figura 52, siendo un tubo estructural rectangular de 350x170 mm de 9 mm de espesor

Se tomará para ello del catálogo de “*Vigas WF ASTM A 572/A992 GR 50*” (Para *Sistemas de Entrepisos Metálicos*, n.d.) Un perfil diferente al anterior:

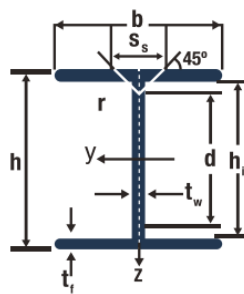


Figura 52. Sección del perfil: Tubo Estruct Rectangular de 350x170 mm

Fuente: (Para *Sistemas de Entrepisos Metálicos*, n.d.)

Características geométricas de la sección estructural para perfiles usados como elementos horizontales o vigas	Referencias comerciales	Tipo de perfil	Tubo Estruct Rectangular
		Sección (mm)	350 x 170
Altura /Ancho	$h$ (mm)	350	
	$b$ (mm)	170	
Espesor pared $e$ (mm)		9	
Peso $P$ (kg/m)		68,75	
Área $A$ (cm <sup>2</sup> )		88,27	
Propiedades Flexión estáticas	EJE X - X	Momento de Inercia $I_x$ (cm <sup>4</sup> )	13.760,34
		Módulo de Sección $S_x$ (cm <sup>3</sup> )	786,31
		Radio de Giro $r_x$ (cm)	12,49
		Momento de inercia $I_y$ (cm <sup>4</sup> )	4.468,96

EJE Y - Y	Módulo Elástico $S_y$ ( $cm^3$ )	525,76
	Radio de Giro $r_y$ (cm)	7,12
Módulo Plástico	$Z_x$ ( $cm^3$ )	981,59
	$Z_y$ ( $cm^3$ )	593,74

Tabla 6. Características del perfil: Tubo Estruct Rectangular de 350x170 mm

Fuente: (Para Sistemas de Entrepisos Metálicos, n.d.)

El resultado de este cambio en el archivo *.fem* es el siguiente, Figura 53.

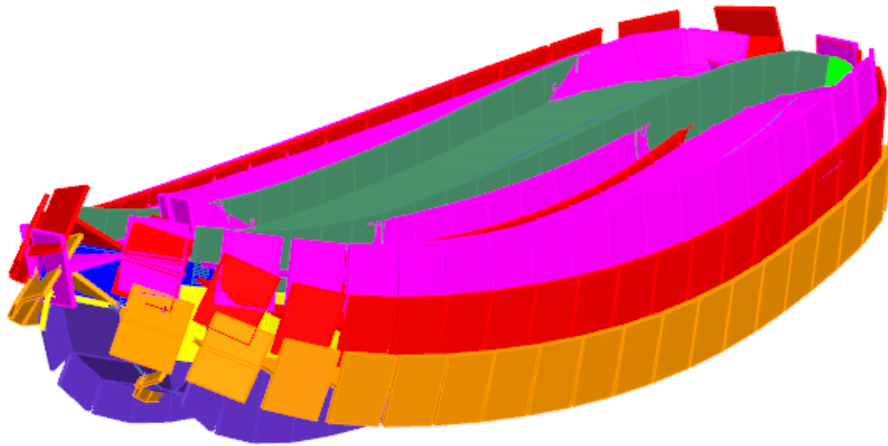


Figura 53. Rediseño del mallado del estudio FEM

### 3.2.2.5. Resultados del estudio FEM del kayak Sit on Top

Los siguientes resultados del estudio FEM del kayak se han realizado a partir del rediseño del nuevo mallado para un perfil rectangular de 350x170 mm.

#### Deformaciones

Al resolver la *SOL 101 Linear Statics* se hace un análisis de las deformaciones máximas que sufrirá la estructura del kayak en los diferentes ejes X, Y y Z.

#### Deformación máxima en X

La deformación máxima que se produce en el eje X es prácticamente mínima puesto que tiene un valor de 0,686 mm, como se observa en la Figura 54. Es decir, podría considerarse que el diseño es correcto desde el punto de vista del estado de las deformaciones.

ESTRUCTURA\_KAYAK\_sim4 : SOL101\_Resistencia\_Estatica Result  
Subcase - Statics 1, Static Step 1  
Displacement - Nodal, X  
Min : -1.940, Max : 0.686, Units = mm  
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude

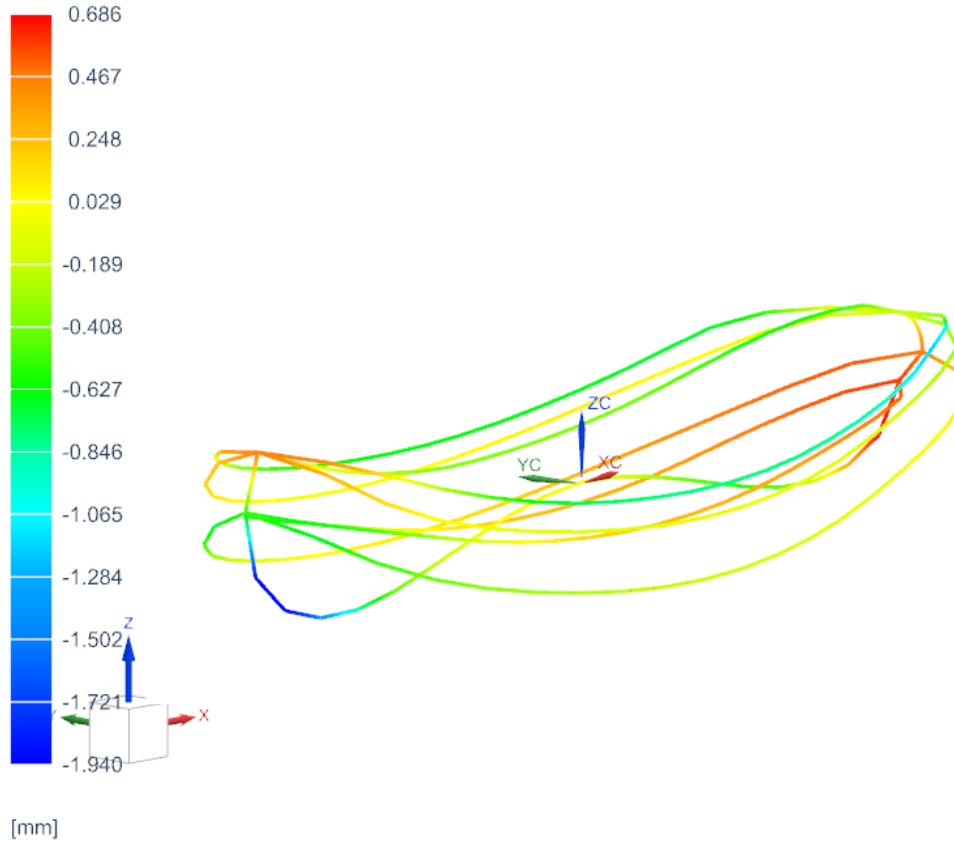


Figura 54. Resultado de la deformación máxima en X

### Deformación máxima en Y

La deformación máxima que se produce en el eje Y es mayor que la que se produce en el eje X, tiene un valor de 4,123 mm, como se observa en la Figura 55. Esta deformación será debida a la aplicación de la aceleración debida a la velocidad del viento.



ESTRUCTURA\_KAYAK\_sim4 : SOL101\_Resistencia\_Estatica Result  
Subcase - Statics 1, Static Step 1  
Displacement - Nodal, Y  
Min : -4.287, Max : 4.123, Units = mm  
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude

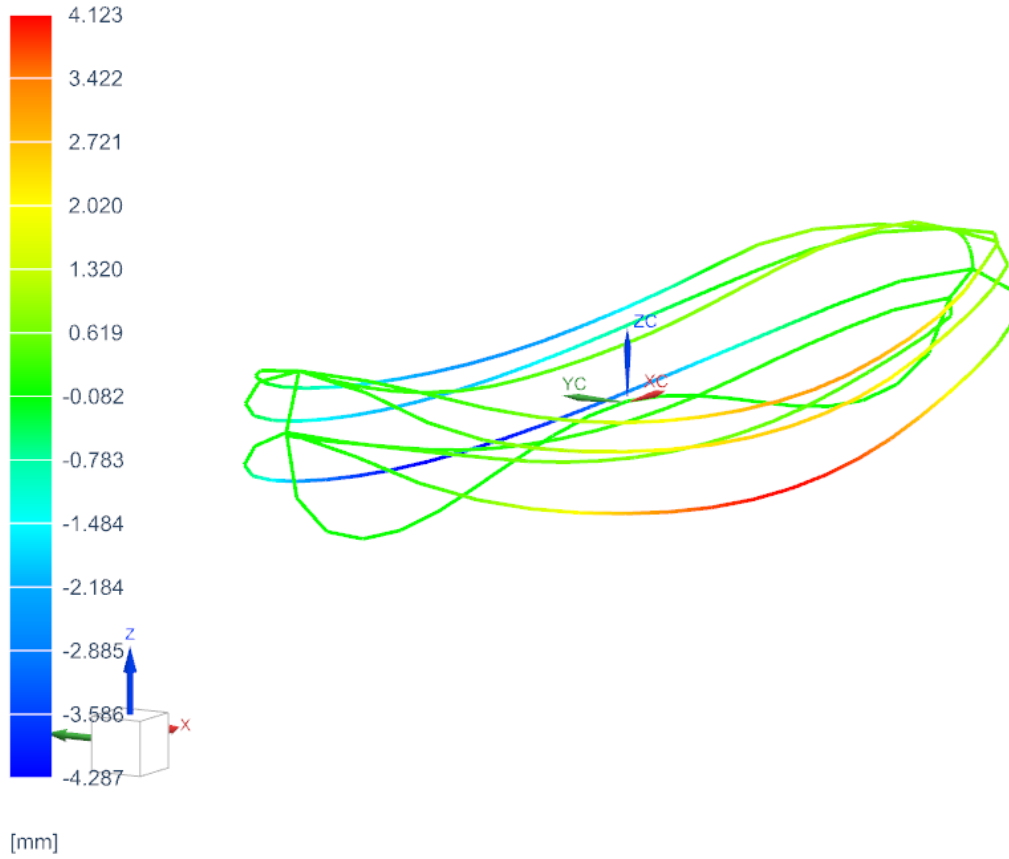


Figura 55. Resultado de la deformación máxima en Y

### Deformación máxima en Z

La deformación máxima que se produce en el eje Z es nula, ya que su valor es de 0 mm, como se observa en la Figura 56.

ESTRUCTURA\_KAYAK\_sim4 : SOL101\_Resistencia\_Estatica Result  
 Subcase - Statics 1, Static Step 1  
 Displacement - Nodal, Z  
 Min : -46.22, Max : 0.00, Units = mm  
 Deformation : Displacement - Nodal Magnitude

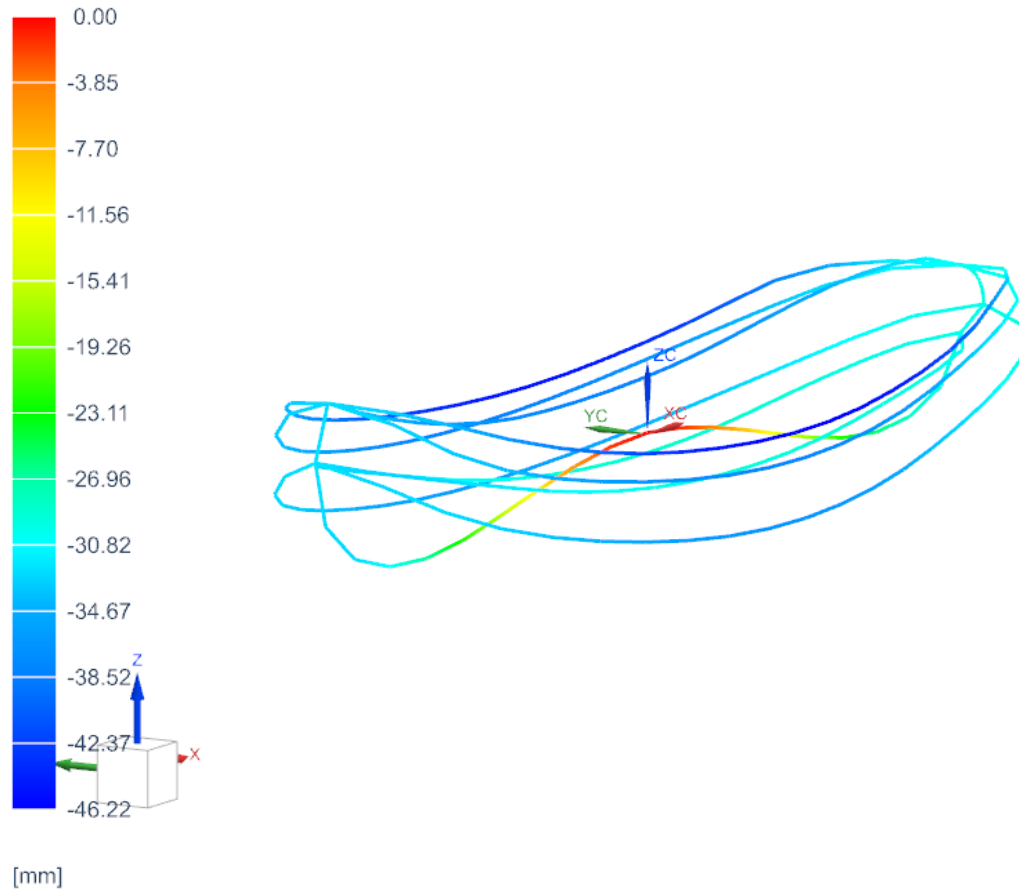


Figura 56. Resultado de la deformación máxima en Z

Como conclusión, se puede decir que el diseño es correcto desde el punto de vista del estado de las deformaciones. Porque en todos los casos excepto en el del eje Y son prácticamente nulas. Las deformaciones que se producen en Y tienen un sentido lógico, ya que la simulación de la aceleración debida a la velocidad del viento ha sido aplicada en el sentido del eje +Y.

### **Esfuerzo de Von – Mises**

El esfuerzo máximo de Von – Mises es de 10,386 MPa, Figura 57. Lo que quiere decir que el factor de seguridad es:

$$F_s = \frac{S_y}{\sigma} = \frac{11,7}{10,386} = 1,126$$

Por lo tanto, se puede concluir que aplicando vigas de mayor tamaño para aguantar la estructura del kayak no se supera el límite elástico de 11,7 MPa > 10,386 MPa, y el diseño es seguro. Esto está directamente relacionado con el espesor que debe de tener nuestra superficie en el modelo CAD.

ESTRUCTURA\_KAYAK\_sim4 : SOL101\_Resistencia\_Estatica Result  
 Subcase - Statics 1, Static Step 1  
 Stress - Element-Nodal, Unaveraged, Von-Mises  
 Beam Section : Recovery Point C  
 Min : 0.002, Max : 10.386, Units = MPa  
 Beam Coord sys : Local  
 Deformation : Displacement - Nodal Magnitude

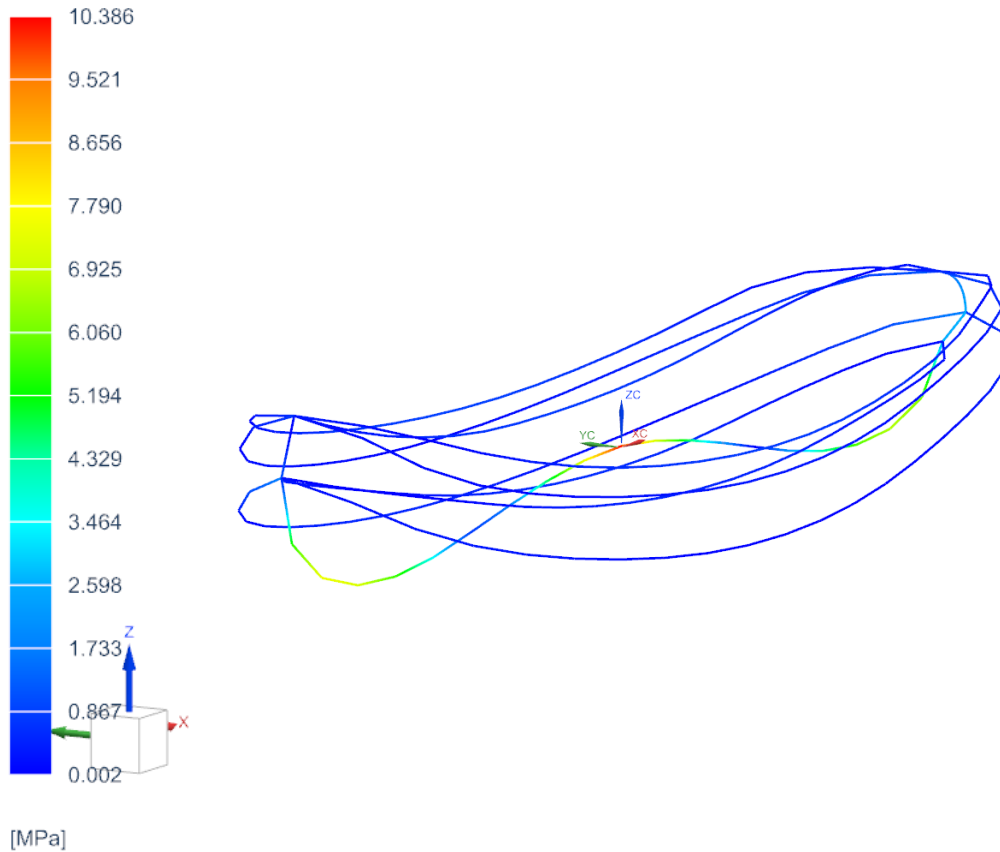
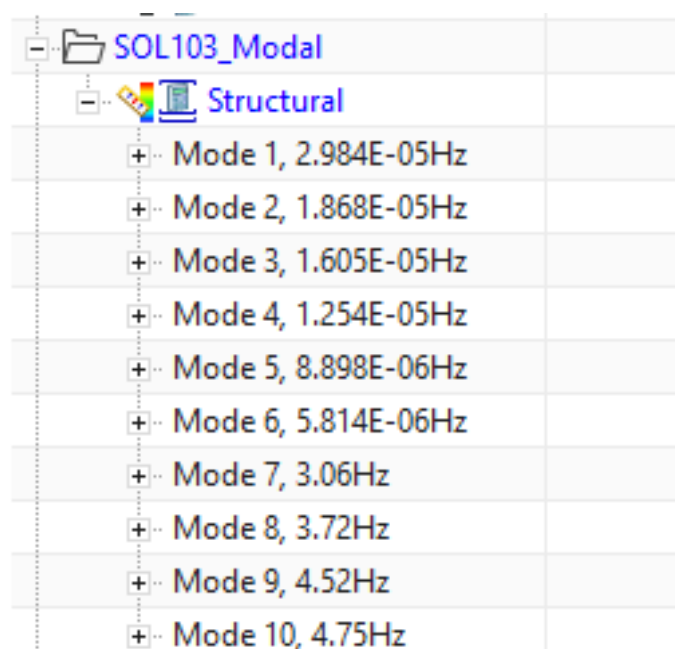


Figura 57. Resultado del esfuerzo de Von Mises

### Frecuencias fundamentales

Como se ha comentado anteriormente en el punto *Verificación de modos propios (análisis modal libre – libre)* con la solución *SOL 103 Real Eigenvalues*, se busca calcular las frecuencias naturales y modos de vibración.

Como se puede observar en la Figura 58, del Modo 1 al 6 se cumple que la frecuencia es casi nula, ya que toma valores por debajo de los 0 Hz. Es decir, tiene un comportamiento de sólido rígido. Es a partir del Modo 7 donde la frecuencia toma valores por encima de los 0 Hz y, por tanto, existe deformación elástica.



-	SOL103_Modal	
-	Structural	
+	Mode 1, 2.984E-05Hz	
+	Mode 2, 1.868E-05Hz	
+	Mode 3, 1.605E-05Hz	
+	Mode 4, 1.254E-05Hz	
+	Mode 5, 8.898E-06Hz	
+	Mode 6, 5.814E-06Hz	
+	Mode 7, 3.06Hz	
+	Mode 8, 3.72Hz	
+	Mode 9, 4.52Hz	
+	Mode 10, 4.75Hz	

Figura 58. Resultado de las frecuencias fundamentales

### 3.2.3. Fabricación del kayak en Siemens NX

Para la fabricación del kayak *Sit on Top* a través del software de Siemens NX se hará uso de su herramienta para generar moldes, *Mold Wizard*.

Tener en cuenta que para poder obtener un resultado satisfactorio del molde se han tenido que hacer algunas modificaciones al archivo *.prt* original, puesto que para el modelado del kayak en el apartado 3.2.1. *Modelado en Siemens NX* se han aplicado superficies, éstas al tener un espesor despreciable no permiten trabajar de forma satisfactoria en el módulo de moldes, es por ello por lo que se han tenido que convertir las superficies en un cuerpo sólido. Situación que no afecta al termo conformado, ya que el molde solo tiene que reproducir la superficie exterior de la pieza.

Para acotar la extensión del TFM, se han seleccionado la parte más compleja, superficie externa del kayak incluyendo el hueco del tambucho y la bañera, Figura 59, descartando, tanto el asiento como los reposapiés, que se realizarían de forma similar..

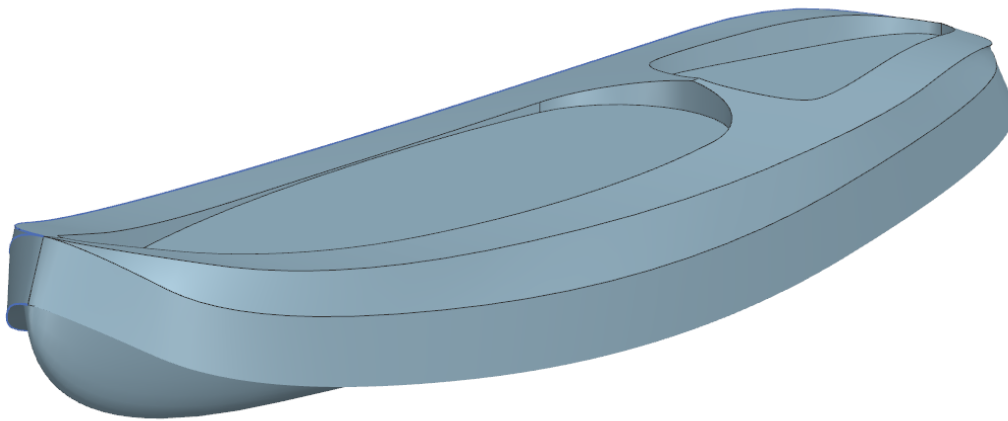


Figura 59. Cuerpo sólido del kayak *Sit on Top*

Tanto el asiento como los reposapiés requerirían de la generación de un molde aparte. Al final, todas las piezas resultado que conforman el kayak se unirían entre sí a través de la soldadura de plásticos.. También conocida como soldadura de gas caliente, se trata de una técnica que utiliza una pistola de calor para unir dos piezas de plástico con un acabado suave. Se aplica calor directamente a las piezas de plástico para ayudar a que éstas se unan.

Una vez dentro del módulo de moldes, lo primero que se hará será verificar las regiones que tiene el cuerpo sólido. Para ello se deberá entrar dentro de la herramienta *Check Regions*, y se deberá especificar la dirección de desmolde del producto, se elegirá la dirección *-Z*, Figura 60. A continuación, se calcularán las diferentes regiones del sólido para ello se pulsará *Calculate*, icono que se encuentra resaltado en rojo en la Figura 60.

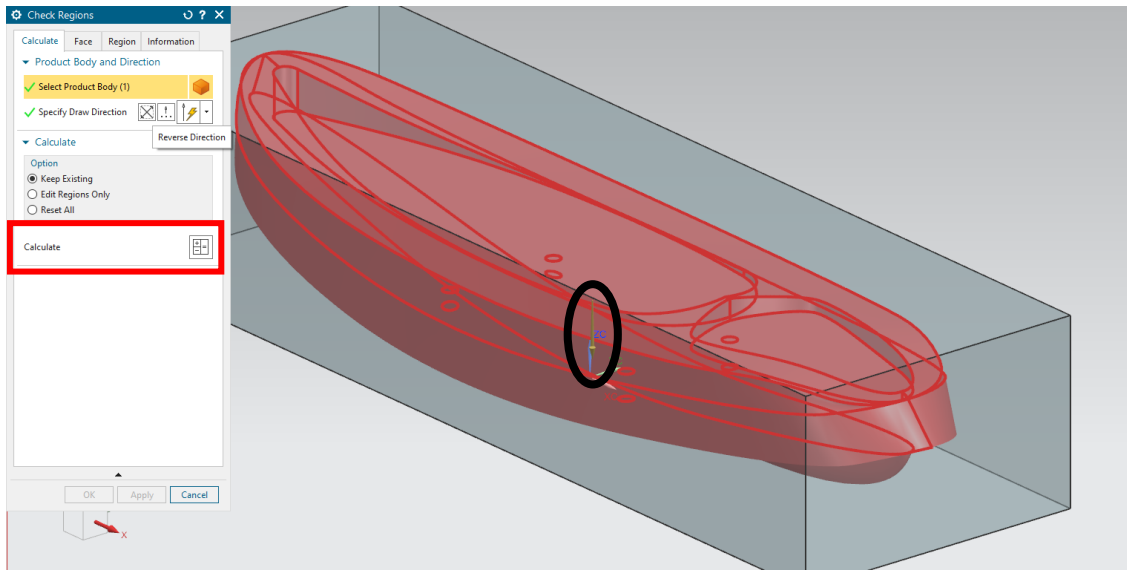


Figura 60. Dirección de desmolde del kayak Sit on Top

Tras el cálculo, el resultado que se obtiene es el siguiente, Figura 61. Como se observa está claro que la zona superior del kayak pertenecerá al núcleo y que la inferior y aquella perteneciente a la quilla será la cavidad. Sin embargo, la zona intermedia del kayak, el programa la deja sin definir.

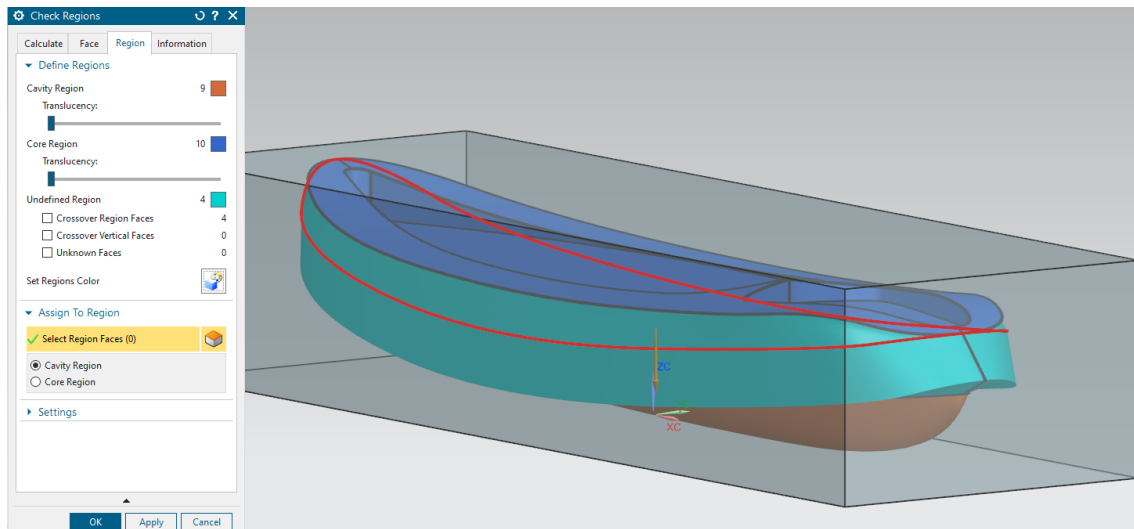


Figura 61. Cálculo de las regiones del molde del kayak Sit on Top

A continuación, se deben de definir las regiones del molde, haciendo uso de *Define Regions*, como se ha comentado anteriormente la parte superior del kayak pertenecerá al núcleo y la inferior a la cavidad. Aunque la parte intermedia el programa la deja sin definir pertenecerá a la cavidad porque esa superficie junto con la parte inferior pertenece a la que se encuentra en contacto con el agua y por lo tanto proporciona flotabilidad. Una vez definidas tanto el núcleo como la cavidad del molde tener en cuenta que las piezas que se pueden fabricar gracias a ambos moldes serán unidas a través de una soldadura por plástico. Obteniendo por tanto el siguiente resultado, Figura 62.

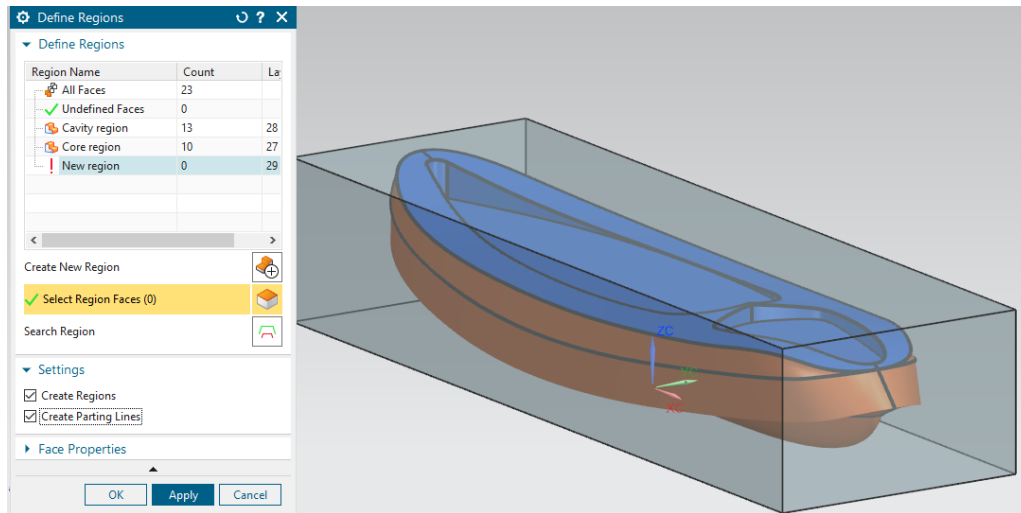


Figura 62. Definición de las regiones del molde del kayak Sit on Top

Ahora se deberá crear la superficie de separación para el diseño, utilizando la herramienta *Design Parting Surface*. Con esta herramienta se debe seleccionar el segmento a partir del cual se separan las superficies del molde, en este caso concreto el segmento de separación corresponde al *Spline* que separa la cavidad del núcleo. Para ello se aplicará el método de *Ribbon Surface*, que se encuentra destacado en rojo en la Figura 63.

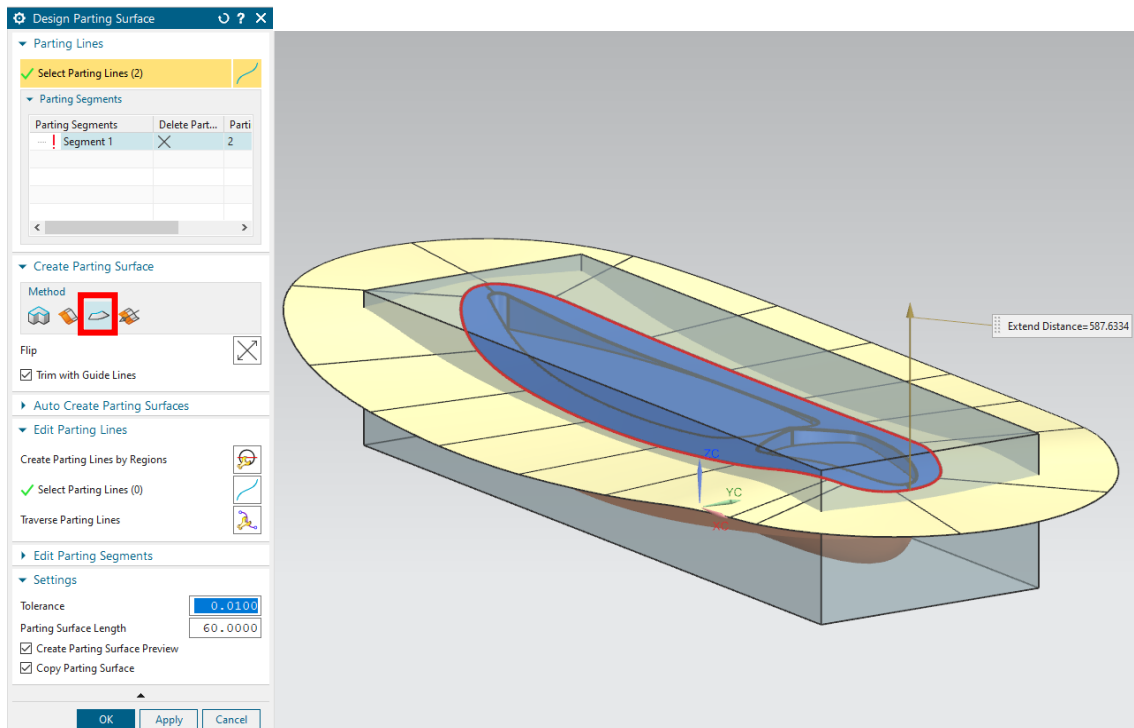


Figura 63. Superficie de separación del molde del kayak Sit on Top

Una vez realizado todo lo anterior, ya se podrá finalmente obtener el molde tras definir la cavidad y el núcleo empleando *Define Cavity and Core*, aquí se deberán seleccionar todas las regiones, Figura 64.

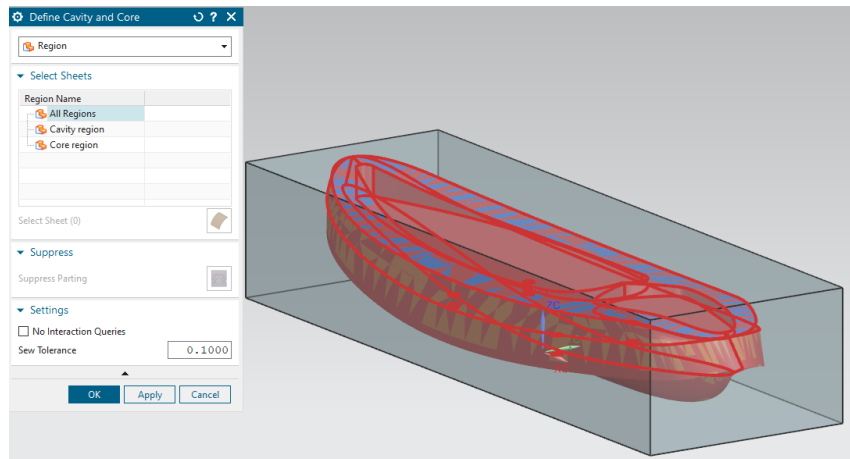
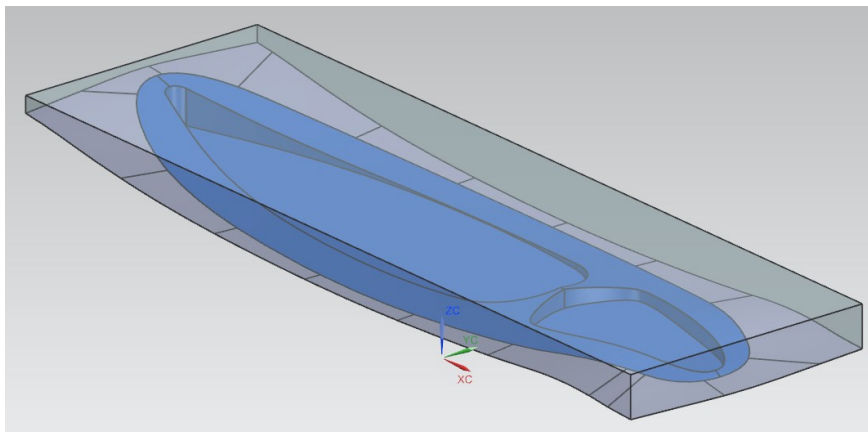
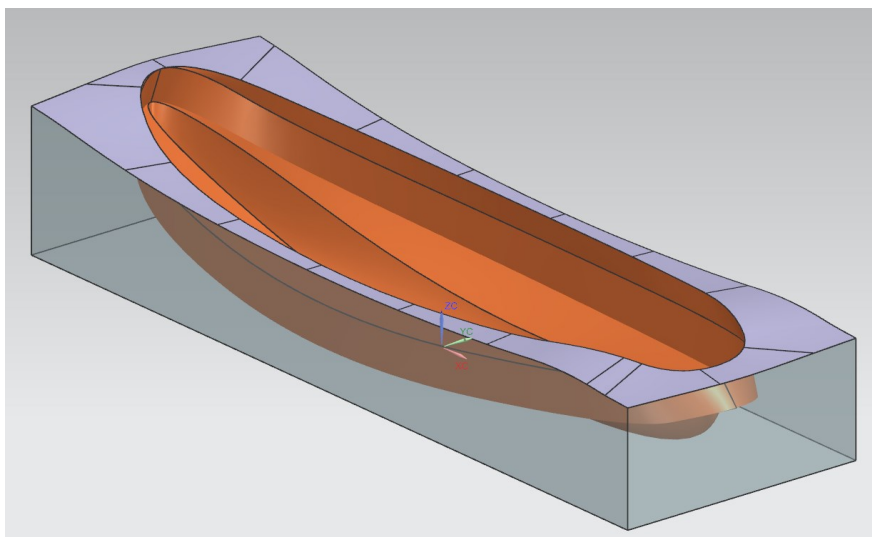


Figura 64. Definir cavidad y núcleo del molde del kayak Sit on Top

Finalmente se obtiene como resultado las siguientes representaciones del molde para termo conformado del kayak Sit on Top, Figura 65.



Detalle del núcleo del molde



Detalle la cavidad del molde

Figura 65. Resultado del molde para termo conformado del kayak Sit on Top



Los puntos de drenaje que debería de encontrarse en el molde de la cavidad del kayak se taladrarán posteriormente en la pieza termo conformada. A estos agujeros se le soldarán unos tubos de polietileno, del diámetro adecuado y con la longitud necesaria. El grosor será el de las láminas de polietileno. La unión se realiza de la misma forma que en las dos mitades del molde generado en la Figura 65 por soldadura de plástico.

## 4. CONCLUSIONES

A lo largo del desarrollo de este Trabajo de Fin de Máster se han encontrado ciertas dificultades como por ejemplo a lo largo del desarrollo del modelado 3D del kayak *Sit on Top* en el punto 3.2.1. *Modelado en Siemens NX*. El programa no permitía crear un cuerpo sólido a través de una serie de *Swept (Barrido)* que se estaban intentando coser, teniendo que crear el modelo completo del kayak a través de un cuerpo laminado. Además de tener que dividirlo en dos partes, por un lado, todo lo que pertenece al casco, la proa, la popa y la bañera, y, por otro lado, los asientos y los reposapiés.

Debido a que el modelo 3D del kayak *Sit on Top* se trataba de un cuerpo laminado, se decidió que lo mejor para acercarse lo máximo posible a la realidad era realizar un análisis de elementos finitos del esquema de la estructura que se había tenido que crear para su desarrollo CAD. En el punto 3.2.1.2. *Requisitos de simulación* se puede ver que se realiza un análisis estático estructural de elementos 1D, además de una serie de verificaciones. Teniendo que hacer un rediseño de la estructura para que esta cumpliera con el factor de seguridad y que por consiguiente el producto no superará su límite elástico.

Por último, para la fabricación del molde en NX se tuvieron que realizar algunos rediseños al modelo CAD, puesto que la herramienta de *Mold Wizard* no permitía generar el molde de un cuerpo laminado al tener un espesor despreciable. Es por ello por lo que se tuvo que sacrificar toda la parte del modelado que pertenecía a la bañera, los asientos y reposapiés para generar el molde. Obteniendo finalmente un resultado aceptable.

Con este Trabajo de Fin de Máster se ha pretendido profundizar en los conocimientos troncales y obligatorios que se presentaban en el plan de estudios. En lo referente al *Diseño Asistido por Ordenador (CAD)*, se ha diseñado un producto completo desde cero a través de superficies, además de los planos de fabricación del molde que se pueden encontrar en el *Anexo II: Planos*. No solo esto, sino que en lo referido a la *Ingeniería Asistida por Ordenador (CAE)*, se ha realizado un análisis completo de la estructura de un producto desde Verificación de carga gravitatoria, de modos propios (análisis modal libre – libre) y del coeficiente de seguridad frente al fallo (resistencia estática). Siguiendo con la *Fabricación Asistida por Ordenador (CNC-CAM)*, donde se ha generado un molde en 3D del kayak *Sit on Top* el cual se puede utilizar para su fabricación a través del proceso de termo conformado. Sin olvidar que, de la asignatura de *Fabricación Aditiva*, se ha aplicado todo lo aprendido sobre Ingeniería Inversa.

## 5. VALORACIÓN ECONÓMICA

Para la estimación de la valoración económica del Trabajo de Fin de Máster del Diseño y Fabricación de un kayak *Sit on Top*, se debe tener en cuenta los costes de ideación, computación y licencias de los softwares empleados para su desarrollo.

En el cálculo de gastos totales del Trabajo de Fin de Máster, se deberá tener en cuenta que, los costes totales ( $C_t$ ) son iguales a los costes directos ( $C_D$ ), los costes indirectos ( $C_I$ ) y los costes generales ( $C_G$ ). Estos último se van a despreciar porque están relacionados con costes de empresa como puede ser el alquiler de instalaciones o la subcontratación de algún servicio.

$$C_t = C_D + C_I$$

### 1. Costes directos.

Los costes directos son aquellos que están relacionados de forma directa con el desarrollo del Trabajo de Fin de Máster. Donde se pueden englobar:

- Horas de trabajo del autor del proyecto
- Licencias Software y herramientas empleadas
- Coste del material empleado para su correcto desarrollo

### 2. Costes indirectos.

Los costes indirectos son aquellos que, aunque no se relacionen de forma directa con el desarrollo del trabajo, son necesarios para su correcta realización. Como pueden ser:

- Costes generales de infraestructura, en este caso específico está relacionado directamente con las instalaciones universitarias, las aulas, los laboratorios, la biblioteca, etc.
- Costes administrativos, del propio Máster en este caso.

En este caso específico los costes de la matricula podrían ser percibidos como un coste indirecto del desarrollo de este Trabajo de Fin de Máster.

A continuación, se presentarán una serie de tablas con el desglose de la valoración económica de este proyecto.

### a. Coste de mano de obra

Dentro del coste de mano de obra se tendrá en cuenta toda actividad relacionada con el desarrollo directo de este proyecto, para ello se tendrá en cuenta tanto el desarrollo computacional CAD/CAM/CAE, como el proceso de investigación sobre el mundo del kayak, sus procesos de fabricación y tipologías, además de la redacción tanto de la memoria descriptiva como sus anexos y la presentación de esta. A continuación, en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se puede observar un resumen del tiempo invertido en cada actividad para el correcto desarrollo de este proyecto. En la Tabla 8, se encuentra el desglose económico en detalle del gráfico de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

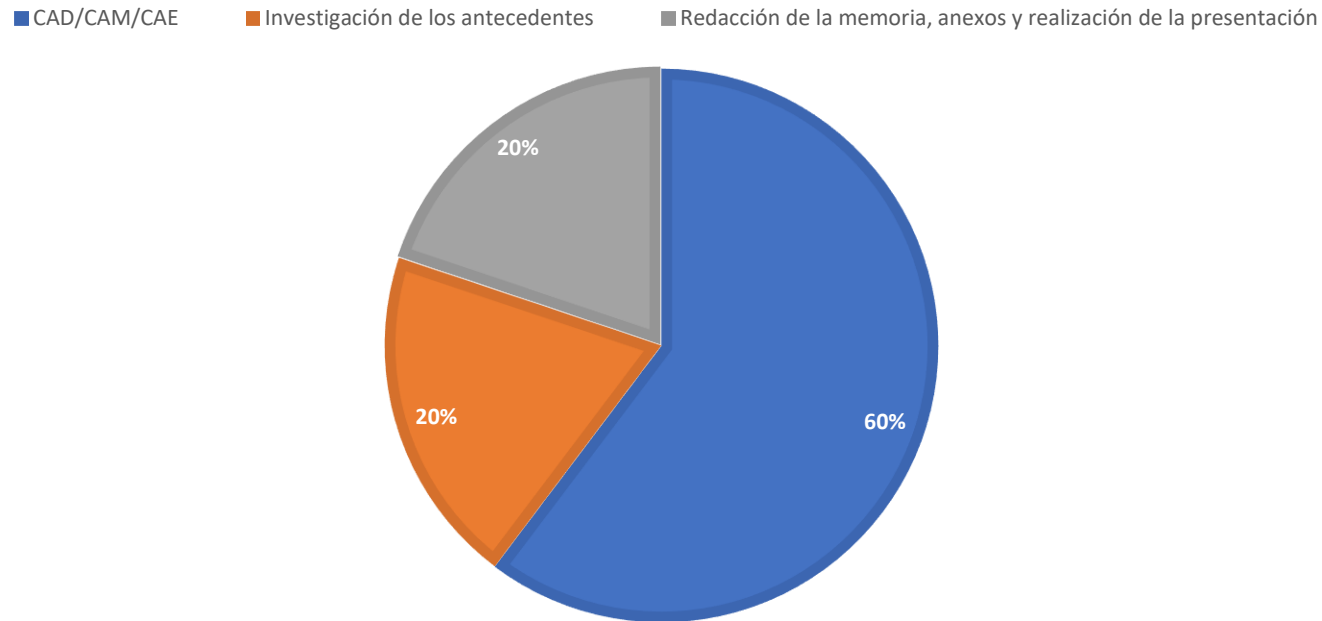


Figura 66. Porcentaje del tiempo empleado en cada tarea

<b>DISEÑO E INGENIERÍA</b>			
<b>CONCEPTO</b>	<b>CANTIDAD (HORAS)</b>	<b>PRECIO UNITARIO (€/HORA)</b>	<b>TOTAL (€)</b>
Investigación antecedentes	25	15,64 €	391,00 €
Modelado CAD en Siemens NX	75	15,64 €	1.173,00 €
Simulación CAE en Siemens NX	75	15,64 €	1.173,00 €
Fabricación molde en Siemens NX	75	15,64 €	1.173,00 €
Redacción del proyecto	50	15,64 €	782,00 €
			<b>3.519,00 €</b>

*Tabla 7. Coste mano de obra*

Fuente: (Ingeniero Cad Salario En España - Comprueba Ingeniero Cad Salario Promedio En Jooble, n.d.)

## b. Costes de las licencias

A continuación, se muestra una tabla con el costo de las licencias empleadas para el desarrollo de este proyecto. Tener en cuenta que en la Tabla 8, se muestra el costo de las licencias para su uso profesional o de empresa. Sin embargo, en el caso del autor de este proyecto al tratarse de un estudiante, se ha hecho uso de licencias académica por lo que el costo ha sido de cero euros.

COSTE LICENCIAS				
CONCEPTO	PERIODO AMORTIZACIÓN (MESES)	PERIODO AMORTIZADO (MESES)	PRECIO LICENCIA (€/AÑO)	TOTAL (€)
Siemens NX 2206	12	6	6.708 €	3.354 €
Office 365	12	6	69 €	35 €
CesEduPack	12	6	13.384 €	6.692 €
				10.080,50 €

Tabla 8. Coste de las licencias

Fuente:(Precios de Siemens NX 2022: Demostración, Reseñas y Características - 360Quadrants, n.d.)(Suministro de Una Licencia Del Software ANSYS GRANTA EduPack Introductory (1.716.311), n.d.)(Compara Todos Los Planes de Microsoft 365 (Anteriormente Office 365): Microsoft Store, n.d.)

### c. Coste del material empleado

En este apartado se incluirá el coste del material de trabajo necesario para la realización de este proyecto. Para ello se necesitaba de un equipo informático en este caso se ha utilizado un ordenador portátil Asus F556U, cuyo precio inicial fue de unos 650 € aproximadamente. Se va a considerar que su periodo de amortización es el mismo que el de la garantía 2 años, y se obtendrá el coste del material empleado en la Tabla 9.

COSTE DEL MATERIAL				
EQUIPO	PERIODO AMORTIZACIÓN (MESES)	PERIODO AMORTIZADO (MESES)	PRECIO EQUIPO (€)	TOTAL (€)
Asus F556U	48	6	650,00 €	81,25 €
				81,25 €

Tabla 9. Coste del material empleado

### d. Costes indirectos

Para el cálculo de los costes indirectos se ha considerado el precio por crédito de la matrícula del Trabajo de Fin de Máster. Se pueden encontrar más detalles en la Tabla 10.

COSTES INDIRECTOS			
CONCEPTO	Nº DE CREDITO	PERIODO POR CREDITO (€)	TOTAL (€)
Gastos de matrícula TFM	12	35,34 €	424,08 €
			424,08 €

Tabla 10. Costes indirectos

### e. Coste total de la valoración económica

La valoración económica total del Trabajo de Fin de Máster es de 4.024,33 €, la cual se encuentra desglosada en la Tabla 11.

COSTE TOTAL	
DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
DISEÑO E INGENIERÍA	3.519,00 €
COSTE LICENCIAS	0,00 €
COSTE DEL MATERIAL	81,25 €
COSTES INDIRECTOS	424,08 €
<b>TOTAL (SIN IVA)</b>	<b>4.024,33 €</b>

Tabla 11. Coste total de la valoración económica del TFM

Al coste total que se puede ver en la Tabla 11 de 4.024,33 € se le debe añadir el Presupuesto Base de Licitación, con I.V.A. incluido:

<b><u>PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN CON IVA</u></b>	
<b>TOTAL SOFTWARE</b>	<b>4.024,33 €</b>
Gastos generales (10%)	402,43 €
Beneficio Industrial (6%)	241,46 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN BASE MÁS IVA</b>	<b>4.668,22 €</b>
IVA (21%)	980,33 €
<b>PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN BASE CON IVA</b>	<b>5.648,55 €</b>

Tabla 12. Presupuesto Base de Licitación con incluido I.V.A

Por lo tanto, la valoración económica total de este Trabajo de Fin de Máster es de 5.648,55 €. Si se quisiera desarrollar la fabricación de este proyecto además se tendrían que considerar los costes de fabricación no solo de las piezas termo conformadas sino también del costo del molde, así como la materia prima de fabricación y la subcontratación de operarios y profesionales en el termo conformado para el montaje y ajuste del producto.



### 3. BIBLIOGRAFÍA

- 22071-14010939.webp (946×946). (n.d.). Retrieved May 9, 2024, from [https://img.nauticexpo.es/images\\_ne/photo-g/22071-14010939.webp](https://img.nauticexpo.es/images_ne/photo-g/22071-14010939.webp)
- cache\_2485928421.jpg (920×887). (n.d.). Retrieved May 17, 2024, from [https://www.elsitio.eu/s/cc\\_images/cache\\_2485928421.jpg?t=1569588526](https://www.elsitio.eu/s/cc_images/cache_2485928421.jpg?t=1569588526)
- CAE\_Apuntes\_teoría (1). (n.d.).
- Carmona, A., Cnmp, B., & Insht, S. (n.d.). *Artículo de fondo Datos antropométricos de la población laboral española Informe de resultados*.
- c-map-es.gif (550×303). (n.d.). Retrieved May 17, 2024, from <https://www.red2000.com/spain/images/c-map-es.gif>
- Compara todos los planes de Microsoft 365 (anteriormente Office 365): Microsoft Store. (n.d.). Retrieved September 7, 2024, from <https://www.microsoft.com/es-es/microsoft-365/buy/compare-all-microsoft-365-products>
- Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales & Universitat Politècnica de València. (2024). *Apuntes de teoría - CAE*.
- Different types of kayaks - American Kayaking Association. (n.d.). Retrieved May 9, 2024, from <https://americankayak.org/different-types-of-kayaks>
- Fibra-vidrio-produccion.jpg (461×214). (n.d.). Retrieved May 19, 2024, from <https://www.portear.com/blog/wp-content/uploads/2022/05/Fibra-vidrio-produccion.jpg>
- Graduación de los ríos de aguas bravas. (n.d.). Retrieved May 17, 2024, from <http://www.rafting10.com/graduacion-de-los-rios-de-aguas-bravas>
- Ingeniero cad salario en España - Comprueba ingeniero cad salario promedio en Jooble. (n.d.). Retrieved September 1, 2024, from <https://es.jooble.org/salary/ingeniero-cad/Espa%C3%B1a#hourly>
- JeYxFF48rpAikvxifiVLExZ9wFgyJOGi8-Y7rE0IQwLgNA2BSXlw5\_kFloneJ5dajuAlxTyd-\_Mef53OYQ01KVRFUdtgJRPWvQSSgiBU9RPx4ucyDyuwKFEfSrBIsaGZg (225×177). (n.d.). Retrieved May 13, 2024, from [https://lh4.googleusercontent.com/proxy/-JeYxFF48rpAikvxifiVLExZ9wFgyJOGi8-Y7rE0IQwLgNA2BSXlw5\\_kFloneJ5dajuAlxTyd-\\_Mef53OYQ01KVRFUdtgJRPWvQSSgiBU9RPx4ucyDyuwKFEfSrBIsaGZg](https://lh4.googleusercontent.com/proxy/-JeYxFF48rpAikvxifiVLExZ9wFgyJOGi8-Y7rE0IQwLgNA2BSXlw5_kFloneJ5dajuAlxTyd-_Mef53OYQ01KVRFUdtgJRPWvQSSgiBU9RPx4ucyDyuwKFEfSrBIsaGZg)
- josebelloseakayaking: Corrientes en la Península Ibérica. (n.d.). Retrieved May 15, 2024, from <https://josebelloseakayaking.blogspot.com/2014/01/corrientes-en-la-peninsula-iberica.html>

*Kayak Rígido de Recreo Big Bali - Amiaire Items.* (n.d.). Retrieved May 29, 2024, from [https://www.amiaireitems.com/producto/kayak-de-recreo-big-bali/?attribute\\_color=Yellow/orange&utm\\_source=Google%20Shopping&utm\\_campaign=Copy%20amiaireitems.com&utm\\_medium=cpc&utm\\_term=36707&gad\\_source=1&gclid=Cj0KCKQjwpNuyBhCuARIsANJqL9NsLYanHEOOL1cojpx3xTesEIBfFz1UGyyepXQaTDk13FqfP9tF0MlaApcpEALw\\_wcB](https://www.amiaireitems.com/producto/kayak-de-recreo-big-bali/?attribute_color=Yellow/orange&utm_source=Google%20Shopping&utm_campaign=Copy%20amiaireitems.com&utm_medium=cpc&utm_term=36707&gad_source=1&gclid=Cj0KCKQjwpNuyBhCuARIsANJqL9NsLYanHEOOL1cojpx3xTesEIBfFz1UGyyepXQaTDk13FqfP9tF0MlaApcpEALw_wcB)

*Kayak Rígido Mambo Soleil Rotomod 1 Plaza | Decathlon.* (n.d.). Retrieved May 29, 2024, from [https://www.decathlon.es/es/p/kayak-rigido-mambo-soleil-rotomod-1-plaza/\\_/R-p-X8249809?mc=8249809&LGWCODE=2&&utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=es\\_t-perf\\_ct-pmax\\_n-top\\_ts-pro\\_f-cv\\_o-roas\\_xx-otm-int&utm\\_id=20180861249&gad\\_source=1&gclid=Cj0KCKQjwpNuyBhCuARIsANJqL9N5C95c4alm8vJZVmCG6lF5xZUNXfSeF1T\\_vC7yCcLO9wbxLfZaXdoaAgeoEALw\\_wcB&gclsrc=aw.ds](https://www.decathlon.es/es/p/kayak-rigido-mambo-soleil-rotomod-1-plaza/_/R-p-X8249809?mc=8249809&LGWCODE=2&&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=es_t-perf_ct-pmax_n-top_ts-pro_f-cv_o-roas_xx-otm-int&utm_id=20180861249&gad_source=1&gclid=Cj0KCKQjwpNuyBhCuARIsANJqL9N5C95c4alm8vJZVmCG6lF5xZUNXfSeF1T_vC7yCcLO9wbxLfZaXdoaAgeoEALw_wcB&gclsrc=aw.ds)

*Kayak Rotomoldeado vs Termoformado: Una Guía Completa de Comparación - Custom Kayak.* (n.d.). Retrieved September 3, 2024, from <https://custom-kayak.com/es/rotomolded-kayak-vs-thermoformed-kayak/>

*Kayak RTM Makao Confort - Nootica.es - Todo para tus actividades náuticas.* (n.d.). Retrieved May 29, 2024, from [https://www.nootica.es/canoa-kayak/kayak-rigide-sit-on-top/kayak-rigide-et-packs/kayak-rigide-1-place/kayak-rtm-makao-confort-275554.html?utm\\_source=gshopping&referer=gshopping&utm\\_term=275554&currency=EUR&gad\\_source=1&gclid=Cj0KCKQjwpNuyBhCuARIsANJqL9OQrhQbln1ShlAXRki3kzEmORHbLDw3Dobqf3qxdMvU\\_84FRLHSRa8aAsxnEALw\\_wcB](https://www.nootica.es/canoa-kayak/kayak-rigide-sit-on-top/kayak-rigide-et-packs/kayak-rigide-1-place/kayak-rtm-makao-confort-275554.html?utm_source=gshopping&referer=gshopping&utm_term=275554&currency=EUR&gad_source=1&gclid=Cj0KCKQjwpNuyBhCuARIsANJqL9OQrhQbln1ShlAXRki3kzEmORHbLDw3Dobqf3qxdMvU_84FRLHSRa8aAsxnEALw_wcB)

*Kayak Stability | Guillemot Kayaks.* (n.d.). Retrieved May 9, 2024, from <https://guillemot-kayaks.com/kayak-stability>

*kayak-rigido-mambo-soleil-rotomod-1-plaza.jpg (1200×1200).* (n.d.-a). Retrieved May 29, 2024, from [https://contents.mediadecathlon.com/p1146836/k\\$06b717c0d144467c4b035f4b5b6cdef3/sq/kayak-rigido-mambo-soleil-rotomod-1-plaza.jpg?format=auto&f=1200x1200](https://contents.mediadecathlon.com/p1146836/k$06b717c0d144467c4b035f4b5b6cdef3/sq/kayak-rigido-mambo-soleil-rotomod-1-plaza.jpg?format=auto&f=1200x1200)

*kayak-rigido-mambo-soleil-rotomod-1-plaza.jpg (1200×1200).* (n.d.-b). Retrieved May 29, 2024, from [https://contents.mediadecathlon.com/p26198/k\\$8be1cb0d425589ed2b44e250bc059566/sq/kayak-rigido-mambo-soleil-rotomod-1-plaza.jpg?format=auto&f=1200x1200](https://contents.mediadecathlon.com/p26198/k$8be1cb0d425589ed2b44e250bc059566/sq/kayak-rigido-mambo-soleil-rotomod-1-plaza.jpg?format=auto&f=1200x1200)

*kayak-rob-roy.jpg (800×534).* (n.d.). Retrieved May 7, 2024, from <https://www.carockayaks.com/noticias/wp-content/uploads/2022/01/kayak-rob-roy.jpg>

- La utilización y el reciclaje del polietileno - ripack.* (n.d.). Retrieved May 19, 2024, from <https://ripack.com/es/evento/la-utilizacion-y-el-reciclaje-del-polietileno/>
- López Garrido, T., & Fernández de la Puente Sarriá, A. (2022a). *Diseño paramétrico de un Kayak.*
- López Garrido, T., & Fernández de la Puente Sarriá, A. (2022b). *Diseño paramétrico de un Kayak.*
- makao-confort-b\_3.jpg (1000×1000).* (n.d.). Retrieved May 29, 2024, from [https://www.nootica.es/media/catalog/product/cache/1b68d65af12a184508768ad0c7bdaadb/m/a/makao-confort-b\\_3.jpg](https://www.nootica.es/media/catalog/product/cache/1b68d65af12a184508768ad0c7bdaadb/m/a/makao-confort-b_3.jpg)
- MAKAO-UP-Sunburst.jpg (946×532).* (n.d.). Retrieved May 9, 2024, from <https://www.portedgarwatersports.com/wp-content/uploads/2023/02/MAKAO-UP-Sunburst.jpg>
- Malvarrosa - Valencia - España pronóstico del viento, las olas y el tiempo — Windy.app.* (n.d.). Retrieved August 17, 2024, from <https://windy.app/es/forecast2/spot/671094/Malvarrosa+-+Valencia+-+Espa%C3%B1a>
- Moreno, P. N. (n.d.). *Ingeniería Técnica Naval especialidad en propulsión y servicios del buque Trabajo Final de Carrera.*
- Para sistemas de entresijos metálicos.* (n.d.). Retrieved August 13, 2024, from [www.cyrigo.com.co](http://www.cyrigo.com.co)
- partes-kayak.jpg (803×421).* (n.d.). Retrieved May 7, 2024, from <https://www.todokayak.com/blog/wp-content/uploads/2019/10/partes-kayak.jpg>
- posición+base.png (801×674).* (n.d.). Retrieved May 7, 2024, from [https://3.bp.blogspot.com/-S1uh3\\_GRz6A/U671KkscjvI/AAAAAAAAACVI/Y5PI1rX5GkE/s1600/posici%C3%B3n+base.png](https://3.bp.blogspot.com/-S1uh3_GRz6A/U671KkscjvI/AAAAAAAAACVI/Y5PI1rX5GkE/s1600/posici%C3%B3n+base.png)
- Precios de Siemens NX 2022: demostración, reseñas y características - 360Quadrants.* (n.d.). Retrieved September 1, 2024, from <https://www.360quadrants.com/software/3d-rendering-software/siemens-ag>
- proceso-600x169.jpg (600×169).* (n.d.). Retrieved May 19, 2024, from <https://www.aristegui.info/wp-content/uploads/2016/03/proceso-600x169.jpg>
- Reciclaje de los Materiales Compuestos | Naval Composites.* (n.d.). Retrieved May 19, 2024, from <https://www.navalcomposites.com/materiales-compuestos/reciclaje>
- Reyes, C. P., Lic, P., & Jhony, R. A. (n.d.). *Principio de Arquímedes.* 14–17.
- Rivero Martínez, A. (n.d.). *Análisis físico-químico del agua de la Dársena del río Guadalquivir.*

- Rodríguez Montes, J., Castro Martínez, Lucas., & Real Romero, J. C. del. (2006). *Procesos industriales para materiales no metálicos*. [https://books.google.com/books/about/Procesos\\_industriales\\_para\\_materiales\\_no.html?hl=es&id=9KlcDwAAQBAJ](https://books.google.com/books/about/Procesos_industriales_para_materiales_no.html?hl=es&id=9KlcDwAAQBAJ)
- SampleStabilityCurve.gif* (296×193). (n.d.). Retrieved May 14, 2024, from <https://guillemot-kayaks.com/legacy/Design/SampleStabilityCurve.gif>
- Suministro de una licencia del software ANSYS GRANTA EduPack Introductory (1.716.311)*. (n.d.). Retrieved September 1, 2024, from <https://www.infoconcurso.com/2023/alicante/1716311-suministro-de-una-licencia-del-software-ansys-granta-edupack-introductory-para-25-usuarios-para-la-universidad-de-alicante>
- Terán, L. V., & Resumen, J. (n.d.). *PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES Principio de Arquímedes*.
- Termoconformado: ¿Qué es? + Tipos de envases y Ventajas*. (n.d.). Retrieved May 17, 2024, from <https://solucionesdeembalaje.com/que-es-el-termoconformado/>
- Thermoform-diagram-1024x473.jpg* (480×220). (n.d.). Retrieved May 19, 2024, from [https://static.wixstatic.com/media/d40552\\_0e77493a962546319ebcf91894c88f85~mv2.jpg/v1/fill/w\\_480,h\\_220,al\\_c,q\\_80,usm\\_0.66\\_1.00\\_0.01,enc\\_auto/Thermoform-diagram-1024x473.jpg](https://static.wixstatic.com/media/d40552_0e77493a962546319ebcf91894c88f85~mv2.jpg/v1/fill/w_480,h_220,al_c,q_80,usm_0.66_1.00_0.01,enc_auto/Thermoform-diagram-1024x473.jpg)
- Tipos de kayaks o piraguas según los materiales con los que se fabrican. ¿Cómo saber el que más me conviene comprar? – Blog de Portear Kayaks*. (n.d.). Retrieved May 19, 2024, from <https://www.portear.com/blog/tipos-de-kayaks-o-piraguas-segun-los-materiales-con-los-que-se-fabrican-como-saber-el-que-mas-me-conviene-comprar/>
- VectorStability.gif* (346×217). (n.d.). Retrieved May 14, 2024, from <https://guillemot-kayaks.com/legacy/Design/VectorStability.gif>
- 22071-14010939.webp* (946×946). (n.d.). Retrieved May 9, 2024, from [https://img.nauticexpo.es/images\\_ne/photo-g/22071-14010939.webp](https://img.nauticexpo.es/images_ne/photo-g/22071-14010939.webp)
- cache\_2485928421.jpg* (920×887). (n.d.). Retrieved May 17, 2024, from [https://www.elsitio.eu/s/cc\\_images/cache\\_2485928421.jpg?t=1569588526](https://www.elsitio.eu/s/cc_images/cache_2485928421.jpg?t=1569588526)
- CAE\_Apuntes\_teoría (1)*. (n.d.).
- Carmona, A., Cnmp, B., & Insht, S. (n.d.). *Artículo de fondo Datos antropométricos de la población laboral española Informe de resultados*.
- c-map-es.gif* (550×303). (n.d.). Retrieved May 17, 2024, from <https://www.red2000.com/spain/images/c-map-es.gif>

*Compara todos los planes de Microsoft 365 (anteriormente Office 365): Microsoft Store.* (n.d.). Retrieved September 7, 2024, from <https://www.microsoft.com/es-es/microsoft-365/buy/compare-all-microsoft-365-products>

Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales & Universitat Politècnica de València. (2024). *Apuntes de teoría - CAE.*

*Different types of kayaks - American Kayaking Association.* (n.d.). Retrieved May 9, 2024, from <https://americankayak.org/different-types-of-kayaks>

*Fibra-vidrio-produccion.jpg (461x214).* (n.d.). Retrieved May 19, 2024, from <https://www.portear.com/blog/wp-content/uploads/2022/05/Fibra-vidrio-produccion.jpg>

*Graduación de los ríos de aguas bravas.* (n.d.). Retrieved May 17, 2024, from <http://www.rafting10.com/graduacion-de-los-rios-de-aguas-bravas>

*Ingeniero cad salario en España - Comprueba ingeniero cad salario promedio en Jooble.* (n.d.). Retrieved September 1, 2024, from <https://es.jooble.org/salary/ingeniero-cad/Espa%C3%B1a#hourly>

*-JeYxFF48rpAikvxifiVLExZ9wFgyJOGi8-Y7rE0IQwLgNA2BSXlw5\_kFloneJ5dajuAlxTyd-\_Mef53OYQ01KVRFUdtgJRPWvQSSgiBU9RPx4ucyDyuwKFEfSrBlisaGZg (225x177).* (n.d.). Retrieved May 13, 2024, from [https://lh4.googleusercontent.com/proxy/-JeYxFF48rpAikvxifiVLExZ9wFgyJOGi8-Y7rE0IQwLgNA2BSXlw5\\_kFloneJ5dajuAlxTyd-\\_Mef53OYQ01KVRFUdtgJRPWvQSSgiBU9RPx4ucyDyuwKFEfSrBlisaGZg](https://lh4.googleusercontent.com/proxy/-JeYxFF48rpAikvxifiVLExZ9wFgyJOGi8-Y7rE0IQwLgNA2BSXlw5_kFloneJ5dajuAlxTyd-_Mef53OYQ01KVRFUdtgJRPWvQSSgiBU9RPx4ucyDyuwKFEfSrBlisaGZg)

*josebelloseakayaking: Corrientes en la Península Ibérica.* (n.d.). Retrieved May 15, 2024, from <https://josebelloseakayaking.blogspot.com/2014/01/corrientes-en-la-peninsula-iberica.html>

*Kayak Rígido de Recreo Big Bali - Amiaire Items.* (n.d.). Retrieved May 29, 2024, from [https://www.amiaireitems.com/producto/kayak-de-recreo-big-bali/?attribute\\_color=Yellow/orange&utm\\_source=Google%20Shopping&utm\\_campaign=Copy%20amiaireitems.com&utm\\_medium=cpc&utm\\_term=36707&gad\\_source=1&gclid=Cj0KCKjwpNuyBhCuARIsANJqL9NsLYanHEOOL1cojpx3xTesEIBfFz1UGyyepXQaTDk13FqfP9tF0MlaApcpEALw\\_wcB](https://www.amiaireitems.com/producto/kayak-de-recreo-big-bali/?attribute_color=Yellow/orange&utm_source=Google%20Shopping&utm_campaign=Copy%20amiaireitems.com&utm_medium=cpc&utm_term=36707&gad_source=1&gclid=Cj0KCKjwpNuyBhCuARIsANJqL9NsLYanHEOOL1cojpx3xTesEIBfFz1UGyyepXQaTDk13FqfP9tF0MlaApcpEALw_wcB)

*Kayak Rígido Mambo Soleil Rotomod 1 Plaza | Decathlon.* (n.d.). Retrieved May 29, 2024, from [https://www.decathlon.es/es/p/kayak-rigido-mambo-soleil-rotomod-1-plaza/\\_/R-p-X8249809?mc=8249809&LGWCODE=2&&utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=es\\_t-perf\\_ct-pmax\\_n-top\\_ts-pro\\_f-cv\\_o-roas\\_xx-otm-int&utm\\_id=20180861249&gad\\_source=1&gclid=Cj0KCKjwpNuyBhCuARIs](https://www.decathlon.es/es/p/kayak-rigido-mambo-soleil-rotomod-1-plaza/_/R-p-X8249809?mc=8249809&LGWCODE=2&&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=es_t-perf_ct-pmax_n-top_ts-pro_f-cv_o-roas_xx-otm-int&utm_id=20180861249&gad_source=1&gclid=Cj0KCKjwpNuyBhCuARIs)



ANJqL9N5C95c4alm8vJZVmCG6lF5xZUNXfSeF1T\_vC7yCcLO9wbxLfZaX  
doaAgeoEALw\_wcB&gclid=Cj0KCQjwpNuyBhCuARIsANJqL

*Kayak Rotomoldeado vs Termoformado: Una Guía Completa de Comparación - Custom Kayak.* (n.d.). Retrieved September 3, 2024, from <https://custom-kayak.com/es/rotomolded-kayak-vs-thermoformed-kayak/>

*Kayak RTM Makao Confort - Nootica.es - Todo para tus actividades náuticas.* (n.d.). Retrieved May 29, 2024, from [https://www.nootica.es/canoa-kayak/kayak-rigide-sit-on-top/kayak-rigide-et-packs/kayak-rigide-1-place/kayak-rtm-makao-confort-275554.html?utm\\_source=gshopping&referer=gshopping&utm\\_term=275554&currency=EUR&gad\\_source=1&gclid=Cj0KCQjwpNuyBhCuARIsANJqL9OQrhQbln1ShIAXRki3kzEmORHbLDw3Dobqf3qxdMvU\\_84FRLHSRa8aAsxnEALw\\_wcB](https://www.nootica.es/canoa-kayak/kayak-rigide-sit-on-top/kayak-rigide-et-packs/kayak-rigide-1-place/kayak-rtm-makao-confort-275554.html?utm_source=gshopping&referer=gshopping&utm_term=275554&currency=EUR&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwpNuyBhCuARIsANJqL9OQrhQbln1ShIAXRki3kzEmORHbLDw3Dobqf3qxdMvU_84FRLHSRa8aAsxnEALw_wcB)

*Kayak Stability | Guillemot Kayaks.* (n.d.). Retrieved May 9, 2024, from <https://guillemot-kayaks.com/kayak-stability>

*kayak-rigido-mambo-soleil-rotomod-1-plaza.jpg (1200×1200).* (n.d.-a). Retrieved May 29, 2024, from [https://contents.mediadecathlon.com/p1146836/k\\$06b717c0d144467c4b035f4b5b6cdef3/sq/kayak-rigido-mambo-soleil-rotomod-1-plaza.jpg?format=auto&f=1200x1200](https://contents.mediadecathlon.com/p1146836/k$06b717c0d144467c4b035f4b5b6cdef3/sq/kayak-rigido-mambo-soleil-rotomod-1-plaza.jpg?format=auto&f=1200x1200)

*kayak-rigido-mambo-soleil-rotomod-1-plaza.jpg (1200×1200).* (n.d.-b). Retrieved May 29, 2024, from [https://contents.mediadecathlon.com/p26198/k\\$8be1cb0d425589ed2b44e250bc059566/sq/kayak-rigido-mambo-soleil-rotomod-1-plaza.jpg?format=auto&f=1200x1200](https://contents.mediadecathlon.com/p26198/k$8be1cb0d425589ed2b44e250bc059566/sq/kayak-rigido-mambo-soleil-rotomod-1-plaza.jpg?format=auto&f=1200x1200)

*kayak-rob-roy.jpg (800×534).* (n.d.). Retrieved May 7, 2024, from <https://www.carockayaks.com/noticias/wp-content/uploads/2022/01/kayak-rob-roy.jpg>

*La utilización y el reciclaje del polietileno - ripack.* (n.d.). Retrieved May 19, 2024, from <https://ripack.com/es/evento/la-utilizacion-y-el-reciclaje-del-polietileno/>

López Garrido, T., & Fernández de la Puente Sarriá, A. (2022a). *Diseño paramétrico de un Kayak.*

López Garrido, T., & Fernández de la Puente Sarriá, A. (2022b). *Diseño paramétrico de un Kayak.*

*makao-confort-b\_3.jpg (1000×1000).* (n.d.). Retrieved May 29, 2024, from [https://www.nootica.es/media/catalog/product/cache/1b68d65af12a184508768ad0c7bdaadb/m/a/makao-confort-b\\_3.jpg](https://www.nootica.es/media/catalog/product/cache/1b68d65af12a184508768ad0c7bdaadb/m/a/makao-confort-b_3.jpg)

*MAKAO-UP-Sunburst.jpg (946×532).* (n.d.). Retrieved May 9, 2024, from <https://www.portedgarwatersports.com/wp-content/uploads/2023/02/MAKAO-UP-Sunburst.jpg>

- Malvarrosa - Valencia - España pronóstico del viento, las olas y el tiempo* — *Windy.app*. (n.d.). Retrieved August 17, 2024, from <https://windy.app/es/forecast2/spot/671094/Malvarrosa+-+Valencia+-+Espa%C3%B1a>
- Moreno, P. N. (n.d.). *Ingeniería Técnica Naval especialidad en propulsión y servicios del buque Trabajo Final de Carrera*.
- Para sistemas de entrepisos metálicos*. (n.d.). Retrieved August 13, 2024, from [www.cyrgo.com.co](http://www.cyrgo.com.co)
- partes-kayak.jpg (803×421)*. (n.d.). Retrieved May 7, 2024, from <https://www.todokayak.com/blog/wp-content/uploads/2019/10/partes-kayak.jpg>
- posición+base.png (801×674)*. (n.d.). Retrieved May 7, 2024, from [https://3.bp.blogspot.com/-S1uh3\\_GRz6A/U671KkscjvI/AAAAAAAAACVI/Y5PI1rX5GkE/s1600/posici%C3%B3n+base.png](https://3.bp.blogspot.com/-S1uh3_GRz6A/U671KkscjvI/AAAAAAAAACVI/Y5PI1rX5GkE/s1600/posici%C3%B3n+base.png)
- Precios de Siemens NX 2022: demostración, reseñas y características - 360Quadrants*. (n.d.). Retrieved September 1, 2024, from <https://www.360quadrants.com/software/3d-rendering-software/siemens-ag>
- proceso-600x169.jpg (600×169)*. (n.d.). Retrieved May 19, 2024, from <https://www.aristegui.info/wp-content/uploads/2016/03/proceso-600x169.jpg>
- Reciclaje de los Materiales Compuestos | Naval Composites*. (n.d.). Retrieved May 19, 2024, from <https://www.navalcomposites.com/materiales-compuestos/reciclaje>
- Reyes, C. P., Lic, P., & Jhony, R. A. (n.d.). *Principio de Arquímedes*. 14–17.
- Rivero Martínez, A. (n.d.). *Análisis físico-químico del agua de la Dársena del río Guadalquivir*.
- Rodríguez Montes, J., Castro Martínez, Lucas., & Real Romero, J. C. del. (2006). *Procesos industriales para materiales no metálicos*. [https://books.google.com/books/about/Procesos\\_industriales\\_para\\_materiales\\_no.html?hl=es&id=9KlcDwAAQBAJ](https://books.google.com/books/about/Procesos_industriales_para_materiales_no.html?hl=es&id=9KlcDwAAQBAJ)
- SampleStabilityCurve.gif (296×193)*. (n.d.). Retrieved May 14, 2024, from <https://guillemot-kayaks.com/legacy/Design/SampleStabilityCurve.gif>
- Suministro de una licencia del software ANSYS GRANTA EduPack Introductory (1.716.311)*. (n.d.). Retrieved September 1, 2024, from <https://www.infoconcurso.com/2023/alicante/1716311-suministro-de-una-licencia-del-software-ansys-granta-edupack-introductory-para-25-usuarios-para-la-universidad-de-alicante>
- Terán, L. V., & Resumen, J. (n.d.). *PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES Principio de Arquímedes*.

*Termoconformado: ¿Qué es? + Tipos de envases y Ventajas.* (n.d.). Retrieved May 17, 2024, from <https://solucionesdeembalaje.com/que-es-el-termoconformado/>

*Thermoform-diagram-1024x473.jpg (480×220).* (n.d.). Retrieved May 19, 2024, from [https://static.wixstatic.com/media/d40552\\_0e77493a962546319ebcf91894c88f85~mv2.jpg/v1/fill/w\\_480,h\\_220,al\\_c,q\\_80,usm\\_0.66\\_1.00\\_0.01,enc\\_auto/Thermoform-diagram-1024x473.jpg](https://static.wixstatic.com/media/d40552_0e77493a962546319ebcf91894c88f85~mv2.jpg/v1/fill/w_480,h_220,al_c,q_80,usm_0.66_1.00_0.01,enc_auto/Thermoform-diagram-1024x473.jpg)

*Tipos de kayaks o piraguas según los materiales con los que se fabrican. ¿Cómo saber el que más me conviene comprar? – Blog de Portear Kayaks.* (n.d.). Retrieved May 19, 2024, from <https://www.portear.com/blog/tipos-de-kayaks-o-piraguas-segun-los-materiales-con-los-que-se-fabrican-como-saber-el-que-mas-me-conviene-comprar/>

*VectorStability.gif (346×217).* (n.d.). Retrieved May 14, 2024, from <https://guillemot-kayaks.com/legacy/Design/VectorStability.gif>





UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

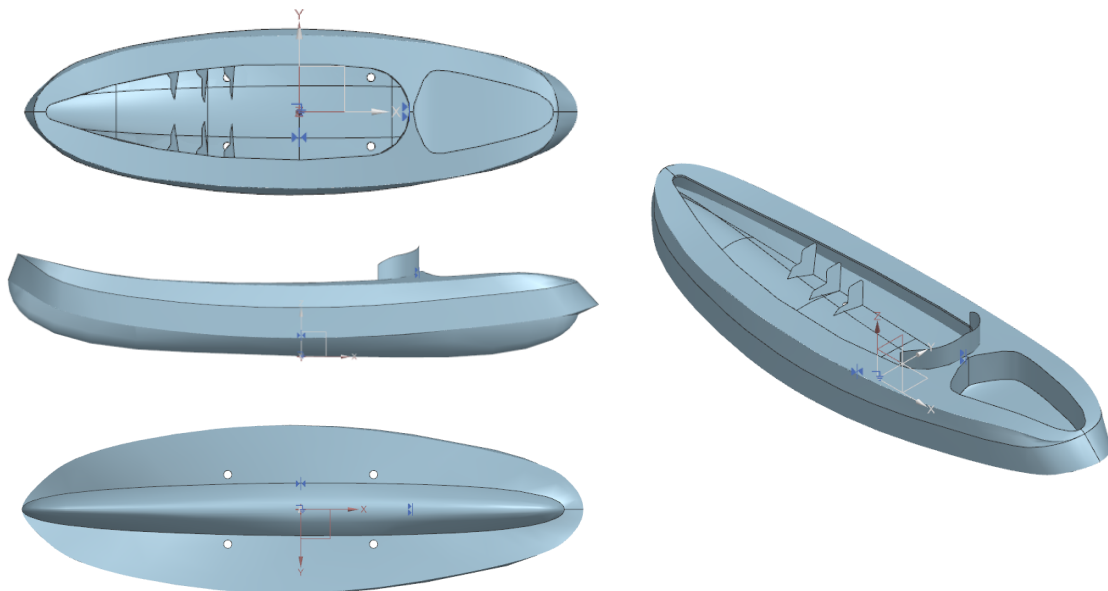


Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

# ANEXO I:

## PLIEGO DE CONDICIONES

### DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN KAYAK SIT ON TOP



**Máster Universitario en Diseño y  
Fabricación Integrada Asistidos por  
Computador**  
**CURSO 2023/24**

**AUTORA: Teresa López Garrido**

**TUTOR: Santiago Carlos Gutiérrez Rubert**

## INDICE

1. OBJETO DEL PIEGO DE CONDICIONES .....	3
2. DOCUMENTOS QUE DEFINEN EL PROYECTO .....	4
3. CONDICIONES GENERALES.....	5
3.1. EJECUCIÓN DEL PROYECTO .....	5
3.2. CONDICIONES FACULTATIVAS .....	5
3.2.1. Obligaciones y derechos de la empresa contratista .....	5
3.2.2. Obligaciones y derechos de la empresa contratante .....	6
3.2.3. Plazos de ejecución del proyecto .....	6
3.3. <i>CONDICIONES ECONÓMICAS</i> .....	6
3.3.1. Fianza.....	6
3.3.2. Precios contradictorios .....	6
3.3.3. Mejoras y modificaciones .....	6
3.3.4. Abono del coste del proyecto .....	7
3.4. CONDICIONES LEGALES .....	7
3.4.1. Tipo de contrato.....	7
3.4.2. Arbitraje y jurisdicción competente .....	7
3.4.3. Responsabilidad de la empresa contratista .....	7
3.4.4. Subcontrataciones .....	7
3.4.5. Rescisión del contrato .....	7
4. CONDICIONES TÉCNICAS .....	9
4.1. ESPECIFICACIONES INFORMÁTICAS .....	9
4.1.1. Especificaciones de hardware .....	9
4.1.2. Software informático.....	9
4.1.3. Licencias.....	9
4.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS COMPONENTES .....	9
4.2.1. Administración y uso de archivos CAD.....	9
4.2.2. Mecanizado y procesa de componentes .....	10
4.2.3. Materiales de los componentes .....	10
4.2.4. Componentes normalizados .....	10

## 1. OBJETO DEL PLIEGO DE CONDICIONES

El propósito de este documento es ilustrar las condiciones técnicas, económicas y administrativas que se deben de cumplir para poder desarrollar el diseño y fabricación de un kayak *Sit on Top*, aplicando Ingeniería Inversa y el software de Siemens de NX.

Este pliego recoge los derechos, obligaciones y responsabilidades mutuas entre su autora, la Universitat Politècnica de València y la posible empresa encargada del desarrollo de la fabricación del este kayak *Sit on Top*.

## 2. DOCUMENTOS QUE DEFINEN EL PROYECTO

El Trabajo de Fin de Máster del diseño y fabricación de un kayak *Sit on Top*, consta de los siguientes documentos:

- Memoria descriptiva
- Presupuesto
- Pliego de Condiciones
- Planos

Este conjunto de documentos constituirá las Especificaciones Técnicas del correcto desarrollo e implementación del diseño y fabricación de un kayak.

En caso de discrepancia entre los documentos prevalecerá lo que aparezca en el Pliego de Condiciones, siguiendo en segundo orden de importancia la Memoria Descriptiva y por último los Planos.

Cualquier aspecto ya sea técnico, económico o administrativo, que permita el correcto desarrollo del kayak solamente aparece en uno de los documentos deberá interpretarse como información que pertenece a todos ellos.

La falta de información o una descripción incorrecta en el Pliego de Condiciones o en los Planos de partes del trabajo que son indispensables para la correcta implementación del proyecto, no eximirá al fabricante de poder ejecutar el diseño y la fabricación del producto como si esta información no estuviese completa y correcta.

## 3. CONDICIONES GENERALES

### 3.1. EJECUCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se debe de llevar a cabo siguiendo las especificaciones e indicaciones técnicas descritas en la Memoria Descriptiva, además de información complementaria que se encontrará en los Anexos.

El desarrollo del kayak *Sit on Top*, desde su diseño y modelado CAD, a un análisis de elementos finitos de la estructura y finalmente al molde para su fabricación se encuentra descrito en la Memoria Descriptiva.

Tanto en la Memoria Descriptiva como en el Anexo de Planos aparecerá información relativa a la norma utilizada y los materiales para su fabricación.

Cualquier tipo de cuestión que pueda dar lugar a confusión deberá de comentarse con el autor o proyectista.

### 3.2. CONDICIONES FACULTATIVAS

Para el desarrollo y fabricación de este proyecto, en caso de querer llevarse a cabo. Se puede proceder de dos formas:

1. Un cliente o empresa contratante, que tendría la obligación de buscar una empresa contratista que tenga la solvencia económica suficiente para llevar a cabo el proyecto.
2. El proyectista o empresa contratista, que se dé la entidad, organización o particular, en este caso el autor, encargado de la obra o servicio del desarrollo y fabricación en este caso de un kayak.

#### 3.2.1. Obligaciones y derechos de la empresa contratista

A continuación, se numerarán las obligaciones y derechos de la empresa contratista, que en caso de su incumplimiento puede llevar a la anulación de este.

- La empresa contratista tiene la obligación de garantizar la calidad y ejecución del trabajo según los requerimientos descritos y la normativa aplicada.
- Debe de proveer las herramientas y materiales necesarios para la ejecución del proyecto.
- Debe de mantener una comunicación constante y mantener informado al cliente del progreso y los plazos de ejecución del proyecto.
- La empresa contratista tiene derecho a obtener la información necesaria por parte de la empresa contratante para la correcta ejecución del proyecto.
- Tiene derecho a solicitar ajustes de plazos, condiciones económicas o especificaciones en caso de una situación extraordinaria debidamente justificada.

### **3.2.2. Obligaciones y derechos de la empresa contratante**

La empresa contratante o cliente también debe de cumplir una serie de obligaciones y derechos:

- La empresa contratante debe cumplir con las condiciones económicas pactadas, además de asegurar que las condiciones del contrato cumplen las normativas legales y reglamentaria para la fabricación del kayak.
- Debe de proveer toda la información para el normal desarrollo del proyecto, como planos, especificaciones técnicas y permisos.
- La empresa contratante tiene derecho a inspeccionar, revisar y aprobar el desarrollo del proyecto.
- Tiene derecho a que la empresa contratista respete la confidencialidad de toda la información proporcionada a la misma para el desarrollo del servicio.

### **3.2.3. Plazos de ejecución del proyecto**

Los plazos de ejecución del proyecto son un aspecto importante que se deberá fijar en el momento de la firma del contrato.

Una vez establecida la fecha de inicio y finalización de este, se deberá tener en cuenta una planificación para el desarrollo del proyecto en pequeñas entregas además de un informe que deberá entregarse al cliente.

## **3.3. CONDICIONES ECONÓMICAS**

A continuación, se describen las relaciones económicas entre la empresa contratante y la empresa contratista.

### **3.3.1. Fianza**

En el momento de la firma del contrato el cliente o empresa contratante deberá de depositar una fianza que supondrá un veinte por ciento del total presupuestado.

Por supuesto una vez finalizado el trabajo este porcentaje se descontará del presupuesto total.

### **3.3.2. Precios contradictorios**

Todos aquello que no haya sido incluido en el presupuesto inicial debido a un error o imprevisto durante la ejecución del proyecto deberá ser aprobado por el cliente.

### **3.3.3. Mejoras y modificaciones**

En caso de proposición de mejoras o modificaciones del proyecto original una vez presupuestado por parte de la empresa contratante deberán correr a su cargo. Sin embargo, si está mejoras son propuestas por el proyectista no cambiarán el presupuesto inicial.

### **3.3.4. Abono del coste del proyecto**

El cliente o empresa contratante tendrá un plazo de treinta días para hacer el abono del presupuesto del servicio, teniendo en cuenta no solo el coste presupuestado sino también costes adicionales. Esto se hará a través del medio acordado entre ambas partes.

## **3.4. CONDICIONES LEGALES**

En este apartado se detallarán las condiciones legales que deben de cumplir los agentes involucrados además de la naturaleza del proyecto.

### **3.4.1. Tipo de contrato**

Para este proyecto se aplicará un contrato de obra a precio alzado o por ajuste, en este tipo de contratos se fija un precio por adelantado, no pudiendo variar las condiciones económicas del mismo, aunque durante el transcurso del trabajo se produzcan aumentos o disminuciones por mano de obra o material.

### **3.4.2. Arbitraje y jurisdicción competente**

En caso de producirse algún tipo de desacuerdo entre la empresa contratante y contratista. Es el agente responsable del contacto el que hará de mediador en la disputa.

En caso de que después de lo mencionado anteriormente no hubiese acuerdo cada empresa designará un responsable para resolver la discrepancia. Si aun así no se alcanzará una solución, conflicto deberá ser llevado a juicio.

### **3.4.3. Responsabilidad de la empresa contratista**

La empresa contratista tiene la responsabilidad de cumplir los siguientes requisitos:

- Tener una liquidez económica suficiente para abarcar el proyecto.
- Asegurar unas condiciones de trabajo dignas amparadas bajo lo dictado según el Estado Español.
- Comprometerse a que el trabajo realizado será de la mayor calidad posible y esperada.
- Cumplir con la planificación establecida con el cliente.

### **3.4.4. Subcontrataciones**

La empresa contratista podrá subcontratar aquellas partes del proyecto que considere oportunas. Teniendo siempre en cuenta que son los únicos responsables de su desarrollo y buen hacer.

### **3.4.5. Rescisión del contrato**

A continuación, se detallan algunos aspectos del contrato que serán motivo de su anulación:

- Retraso excesivo injustificado según la planificación acordada.
- Cesión injustificada del trabajo marcado.
- Causas administrativas.
- Fallecimiento del proyectista.



## 4. CONDICIONES TÉCNICAS

Este apartado especifica las características técnicas que serán requeridas para el desarrollo del proyecto. Desde la concepción del diseño a su fabricación.

### 4.1. ESPECIFICACIONES INFORMÁTICAS

A continuación, se detallarán las especificaciones informáticas que deben de cumplir los equipos para poder desarrollar este proyecto, además de los softwares a emplear.

#### 4.1.1. Especificaciones de hardware

El ordenador utilizado durante el desarrollo y concepción del proyecto cuanta con las siguientes especificaciones técnicas:

- Memoria RAM: 12Gb
- Procesador: Intel Core i7-6500U CPU
- Sistema operativo: Windows 10 Home
- Tarjeta gráfica: Nvidia GeForce 920M
- Disco duro: SDD 500 GB

#### 4.1.2. Software informático

El software informático empleado para el desarrollo del proyecto del diseño y la fabricación de un kayak desde el diseño asistido por ordenador (CAD), al análisis de elementos finitos y el molde del producto es programa NX2206, desarrollado por SIEMENS.

#### 4.1.3. Licencias

Para el uso de este programa se puede hacer desde una licencia académica o profesional. En el caso del proyectista ha dispuesto de la licencia académica desde la Universitat Politècnica de València.

## 4.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS COMPONENTES

En este apartado se especificarán las técnicas de desarrollo y mecanizado que se deben de seguir para la correcta fabricación del producto.

### 4.2.1. Administración y uso de archivos CAD

Durante el modelado y diseño del kayak a través del software de Siemens NX se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Los archivos CAD creados por NX en formato *.prt* serán de depositados al cliente, además este archivo se convertirá a *.iges*, *.step* ó *.parasolid*. Para que pueda ser manipulado desde un visor 3D.

- En caso de ser necesaria alguna medida durante el desarrollo del proyecto o posteriormente y está no se encuentre en los planos. Se podrá tomar la medida gracias a los archivos CAD desde un visor 3D

#### **4.2.2. Mecanizado y procesa de componentes**

- Para el mecanizado y fabricación del producto se deberá realizar a través de láminas de polietileno termo conformado en un molde que permita una buena transmisión del calor.
- La pieza moldeada deberá cumplir con las tolerancias y geometrías requeridas.

#### **4.2.3. Materiales de los componentes**

Los materiales utilizados para la fabricación del kayak deberán de ser los especificados tanto en la Memoria Descriptiva como en los Planos. Además, la empresa contratante deberá asegurarse de que los proveedores garantizan la calidad de las propiedades especificadas.

En caso de encontrar problemas para la disposición del material deberá comentarse con el proyectista si existe la posibilidad de su sustitución.

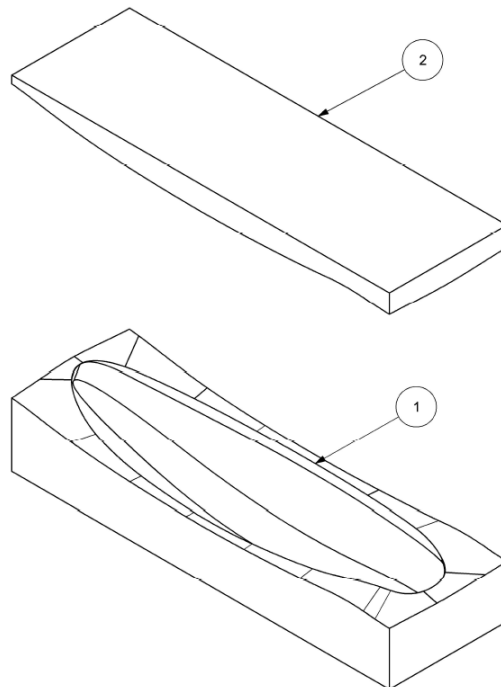
#### **4.2.4. Componentes normalizados**

Los componentes normalizados serán obtenidos directamente desde comercial, en caso de encontrar otro proveedor más económico o con características técnicas superiores se puede proceder a su sustitución consultando siempre antes con el proyectista.



# ANEXO II: PLANOS

## DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN KAYAK *SIT ON* *TOP*



**Máster Universitario en Diseño y  
Fabricación Integrada Asistidos por  
Computador**  
**CURSO 2023/24**

**AUTORA: Teresa López Garrido**

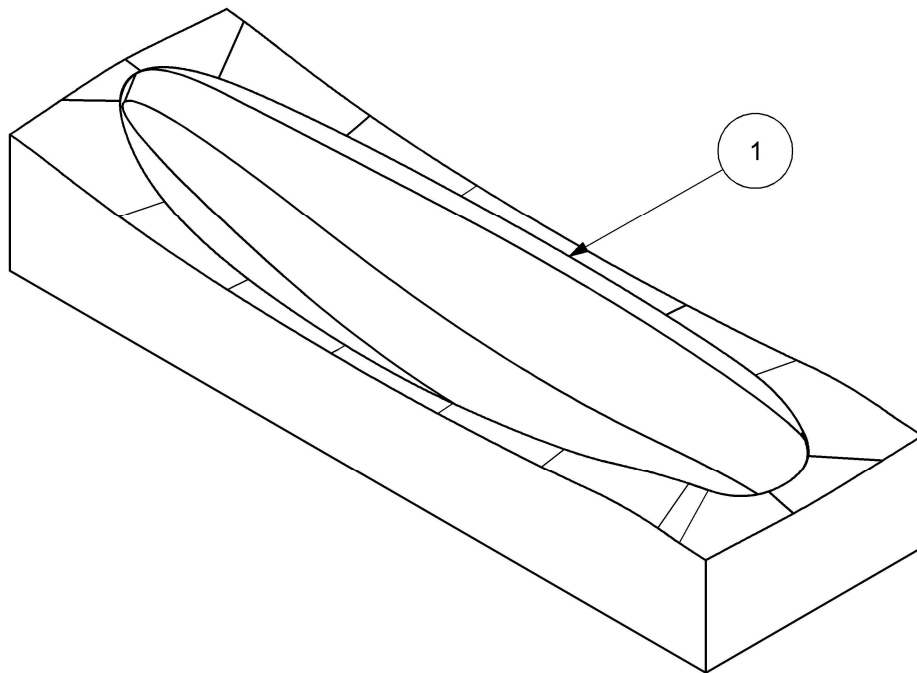
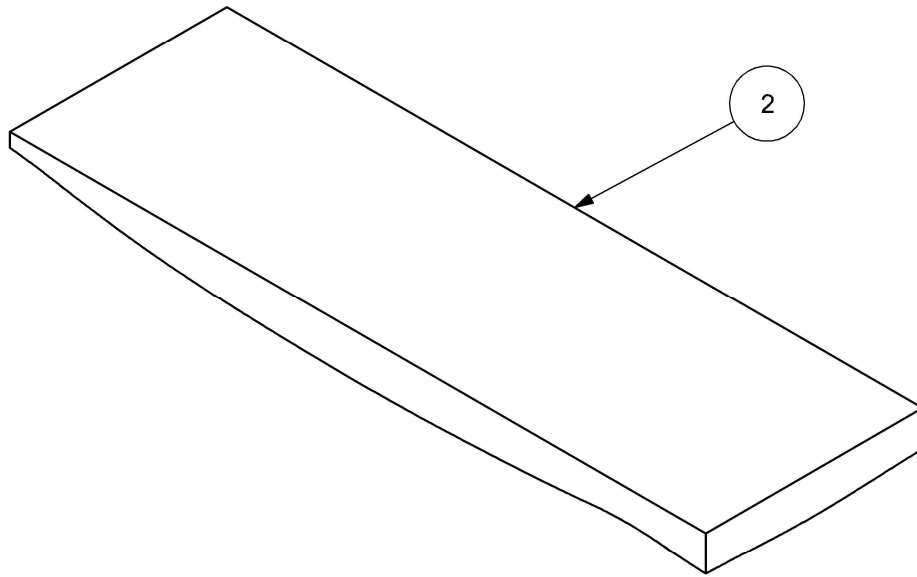
**TUTOR: Santiago Carlos Gutiérrez Rubert**

## LISTA DE PLANOS

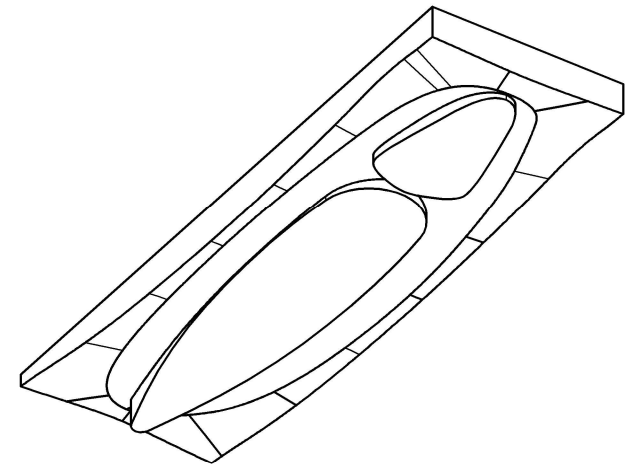
Plano 1/3 - Plano Técnico de Conjunto: MOLDE DEL KAYAK SIT ON TOP

Plano 2/3 - Plano de Vistas Generales: CAVIDAD DEL MOLDE DEL KAYAK SIT ON TOP

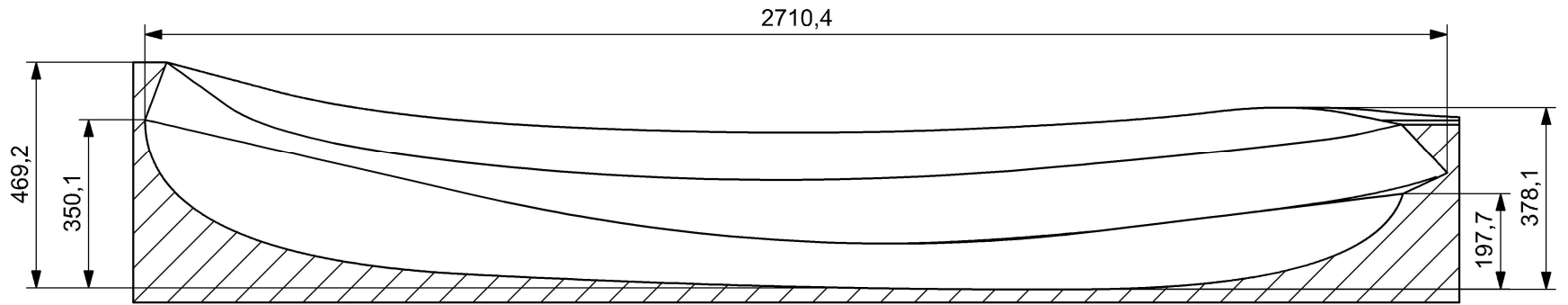
Plano 3/3 - Plano de Vistas Generales: NUCLEO DEL MOLDE DEL KAYAK  
NORMATIVA



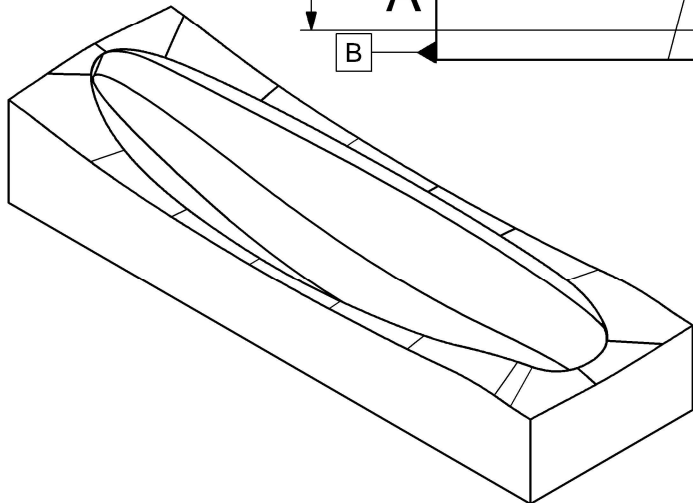
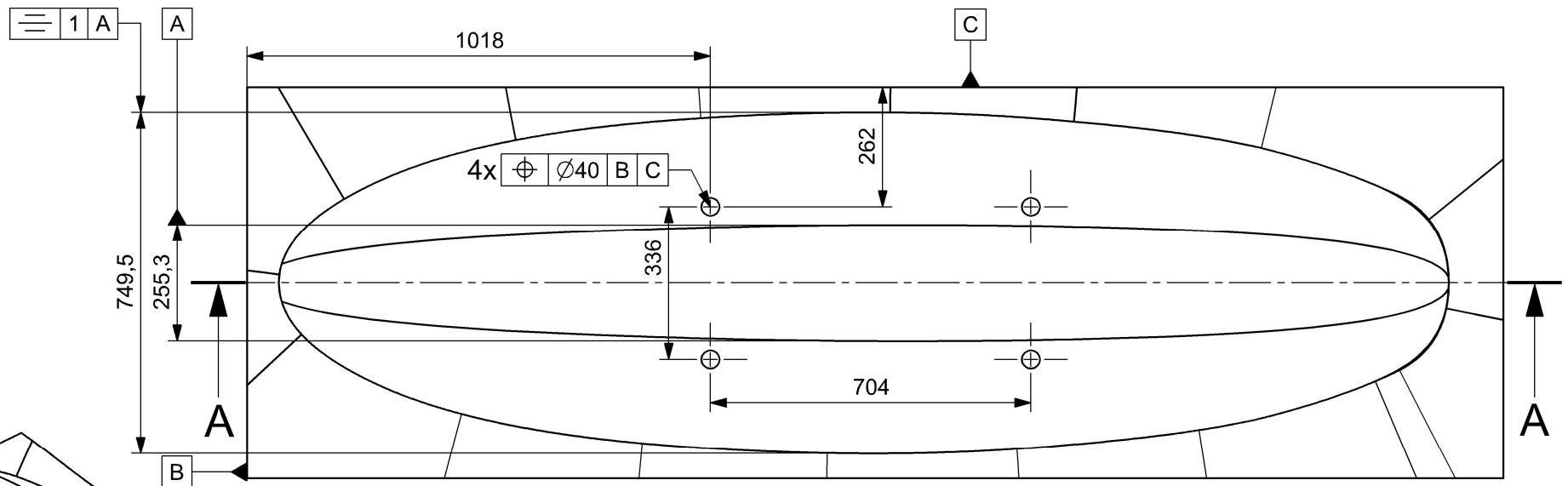
DETALLE DE LA CAVIDAD DEL MOLDE  
Vista Isométrico desde -Z



2	NUCLEO DEL MOLDE	1	PLANO 3/3	AL 6061
1	CAVIDAD DEL MOLDE	1	PLANO 2/3	AL 6061
MARCA	DESIGNACIÓN	Nº PIEZAS	REFERENCIA	MATERIAL
Dibujado	Nombre Teresa López Garrido	Fecha 26/08/2024		<b>Máster Universitario en Diseño y Fabricación Integrada Asistidos por Computador</b>
Revisado	Santiago Gutiérrez Rubert			
Escala 1:15	Denominación MOLDE DEL KAYAK SIT ON TOP Plano Técnico de Conjunto			Número 1 de 3

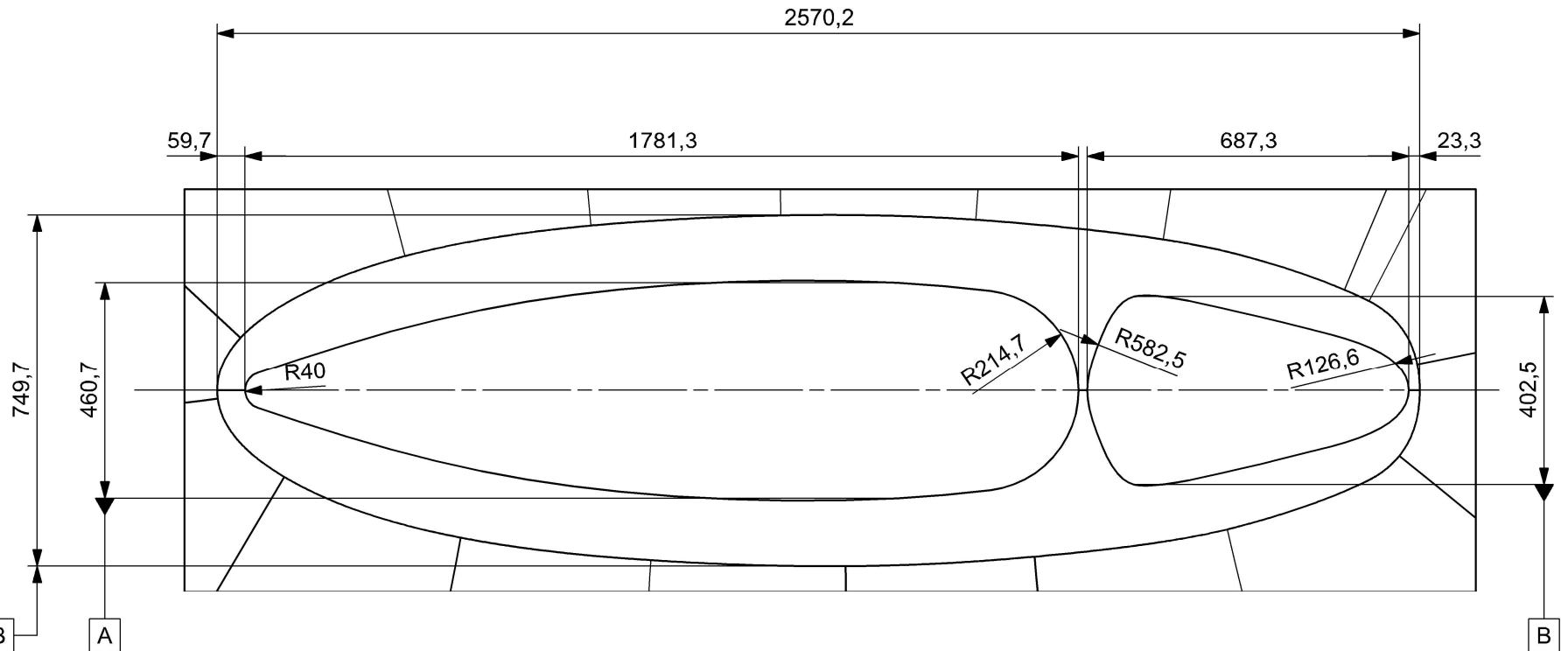


SECCIÓN A-A

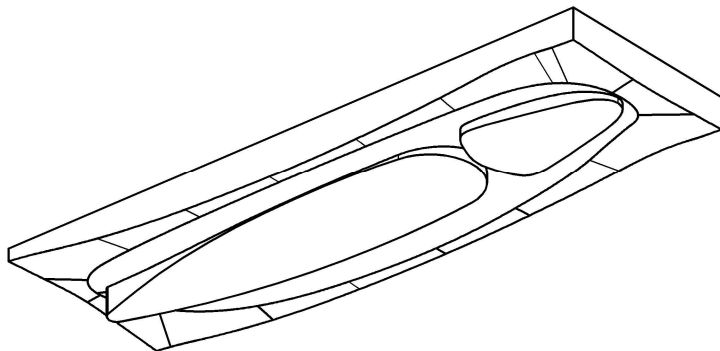


Superficies no regulares.  
Resto de cotas en el modelo CAD

MATERIAL		ALUMINIO 6061		
RUGOSIDAD		N6		
UNIDADES		mm		
TOLERANCIA GENERAL		ISO 2768 - mK		
Nombre	Fecha		<b>Máster Universitario en Diseño y Fabricación Integrada Asistidos por Computador</b>	
Dibujado	Teresa López Garrido			25/08/2024
Revisado	Santiago Gutiérrez Rubert			
Escala	Denominación	Número		
1:10	CAVIDAD DEL MOLDE DEL KAYAK SIT ON TOP Plano de Vistas Generales		2 de 3	



1 A B



Superficies no regulares.  
Resto de cotas en el modelo CAD

MATERIAL			ALUMINIO 6061		
RUGOSIDAD			N6		
UNIDADES			mm		
TOLERANCIA GENERAL			ISO 2768 - mK		
	Nombre	Fecha		UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<b>Máster Universitario en Diseño y Fabricación Integrada Asistidos por Computador</b>
Dibujado	Teresa López Garrido	25/08/2024			
Revisado	Santiago Gutiérrez Rubert				
Escala	Denominación			Número	
1:10	NUCLEO DEL MOLDE DEL KAYAK SIT ON TOP Plano de Vistas Generales			3 de 3	

## NORMATIVA

UNE-EN ISO 7250:1998 “Definiciones de las medidas básicas del cuerpo humano para el diseño tecnológico. (ISO 7250:1996)”.

UNE 1 - 026 - 83 – 2 “Formatos A3”-

UNE - EN ISO 7200:2004 “Campo de datos cajetín”.

UNE 1 - 032 – 82 “Tipos de líneas”.

UNE - EN ISO 3098 – 0 “Escritura normalizada”.

UNE - EN ISO 5455:1996 “Escalas”.

UNE 1100:1983 “Marcado de piezas”.

UNE 1135:1989 “Lista de elementos (lista de despiece)”.

UNE 1 - 135 – 89 “Disposición y escritura lista de elementos”.

UNE 1 - 039 – 94 “Acotaciones”.

UNE 1-032-82 “Dibujos técnicos. principios generales de representación”.

UNE 1-039-94 “Dibujos técnicos. acotación. principios generales, definiciones métodos de ejecución, e indicaciones especiales”.

UNE 157001:2014 “Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico”.

UNE 1121-1:1991 “Tolerancias geométricas”

DIN ISO 2768- mk “Tolerancias generales”

Real Decreto 339/2021, de 18 de mayo, por el que se regula el equipo de seguridad y de prevención de la contaminación de las embarcaciones de recreo.