



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

# *REDISEÑO Y COMPROBACIÓN ESTRUCTURAL DE UNA ESTRUCTURA PORTANTE PARA LA RED DE VOLÉIBOL*

---

**MEMORIA PRESENTADA POR:**

*Juan Enrique Martínez Iborra*

GRADO DE INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE  
PRODUCTOS

Convocatoria de defensa: Diciembre de 2018

Autor: MARTÍNEZ IBORRA JUAN ENRIQUE

Tutor: JULIÁ SANCHIS, Ernesto

Curso; 2017/18

## **Resumen**

El trabajo consiste en rediseñar una estructura portante para las redes de voleibol, mejorando las características de los actuales soportes. Se trata de aportar versatilidad, mayor ligereza y comodidad para la práctica de este deporte cumpliendo con los estándares y normativas vigentes.

Se realizará el estudio de viabilidad técnica y económica del producto. Por último, se definirá el proceso de construcción del soporte.

Por tanto, el alcance del proyecto será la fase conceptual.

## **Resum**

El treball consistira en redisenyar una estructura portant per a les xarxes de voleibol, millorant les característiques dels suports actuals. Es tracta d'aportar versatilidad, més lleugeresa i comoditat per a la pràctica d'aquest esport complint amb els estàndards i les normatives vigents.

Es realitzarà un estudi de viabilitat tècnica i econòmica del producte. Per últim es definirà el process de construcció del suport.

Per tant, l'abast del projecte serà la fase conceptual.

## **Summary**

The work consists in redesigning a supporting structure for the volleyball nets, improving the characteristics of the current supports. It is about providing versatility, lightness and comfort for the practice of this sport, taking into account the current standards and regulations.

The technical and economic viability study of the product will be carried out. Finally, the support manufacturing process will be defined.

Therefore, the scope of the project will be the conceptual stage.

## **Palabras clave**

Soporte de voléibol, red de voléibol, comprobación estructural.

## **Paraules clau**

Suport de voleibol, xarxa de voleibol, comrpobació estructural.

## **Key words**

Volleyball support, volleyball net, structural analysis.



# REDISEÑO Y COMPROBACIÓN ESTRUCTURAL DE UNA ESTRUCTURA PORTANTE PARA LA RED DE VOLEIBOL

Juan Enrique  
Martínez Iborra



UNIVERSITAT  
POLITÀCNICA  
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

Con el presente proyecto se pretende resolver el problema que supone el diseño actual de la mayoría de postes de voleibol existentes en el mercado, siendo estos por lo general poco ergonómicos y de difícil transportabilidad. Estas deficiencias de diseños provocan en el propio deportista, que es usuario de los postes, incomodidades y molestias en su uso que se intentarán resolver con el diseño propuesto.



El trabajo consiste en rediseñar una estructura portante para las redes de voleibol, mejorando las características de los actuales soportes. Se trata de aportar versatilidad, mayor ligereza y comodidad para la práctica de este deporte cumpliendo con los estándares y normativas vigentes. Se realizará el estudio de viabilidad técnica y económica del producto. Por último, se definirá el proceso de construcción del soporte.

06/12/2018

Grado en Ingeniería en diseño  
industrial y desarrollo de productos  
E.P.S.A ( U.P.V )





## Índice

1 OBJETO Y JUSTIFICACIÓN.....	4
1.1 OBJETO DEL ESTUDIO.....	4
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO .....	4
2 ANTECEDENTES .....	5
2.1 ORIGEN E HISTORIA DEL VOLEIBOL .....	5
2.2 REGLAS DE JUEGO.....	8
2.3 TIPOS DE POSTE .....	10
TABLA 1. ALTURA DEL BORDE SUPERIOR DE LA RED DE VOLEIBOL .....	11
2.4 ESTUDIO DE LA SITUACIÓN DEL MERCADO.....	11
2.4.1 Objetivo del análisis de mercado .....	11
2.4.2 Justificación del análisis de mercado .....	11
2.4.3 Situación del mercado .....	12
2.5 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE MERCADO .....	12
2.5.1 Objetivos de la investigación de mercado .....	12
2.5.2 Estudio de la competencia .....	12
2.6 CONCLUSIONES GENERALES DEL ESTUDIO DE MERCADO .....	28
3 NORMAS Y REFERENCIAS.....	29
4 DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.....	30
5 REQUISITOS DE DISEÑO .....	31
5.1 PLIEGO DE CONDICIONES INICIALES (P.C.I.) .....	31
TABLA 14. PCI.....	31
5.2 FUNCIONES DEL PRODUCTO .....	33
5.2.1 Funciones de uso .....	33
5.2.2 Funciones estéticas.....	34
5.2.3 PLIEGO DE CONDICIONES FUNCIONALES.....	35

6. ANÁLISIS DE SOLUCIONES.....	39
6.1 DISEÑOS PROPUESTOS .....	39
Propuesta 1 .....	39
Propuesta 2 .....	40
Propuesta 3 .....	41
Propuesta 4 .....	42
6.2 EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE LA BICICLETA MEDIANTE EL VALOR TÉCNICO PONDERADO (VTP) .....	43
TABLA 18. VTP.....	44
7 RESULTADOS FINALES.....	45
7.1 VIABILIDAD .....	45
7.1.1 Introducción .....	45
7.1.2 Propiedades mecánicas de los materiales .....	46
7.1.3 Fabricación del poste .....	47
7.1.4 Selección del material definitivo .....	49
7.1.5 Selección del proceso de fabricación .....	50
7.2 ESQUEMA DE DESMONTAJE DEL PRODUCTO.....	51
7.2.1 Esquema de desmontaje del Poste A .....	51
7.2.2 Esquema de desmontaje del Poste B .....	52
7.3 DIAGRAMA SISTÉMICO DEL PRODUCTO .....	53
7.3.1 Diagrama sistémico del Poste A .....	53
7.3.2 Diagrama sistémico del Poste B .....	54
7.4 ESTUDIO ANTROPOMÉTRICO DE LA POBLACIÓN .....	55
7.5 ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....	55
7.5.1 Análisis estructural del modelo de fibra de vidrio .....	55
7.5.2 Análisis estructural del modelo de aluminio .....	56
8. CONCLUSIONES.....	64
8.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MODELO PROPUESTO .....	64



8.2 PROPUESTAS DE MEJORA..... 64

# 1 OBJETO Y JUSTIFICACIÓN

## 1.1 OBJETO DEL ESTUDIO

El presente estudio tiene por objeto la definición y descripción de una propuesta de diseño de un poste de volleyball para su utilización durante su correspondiente actividad deportiva. En base a la información disponible, el proyecto se desarrollará hasta su fase de Diseño Preliminar; lo cual comprende desde el estudio histórico y de mercado, el proceso creativo con la ideación de propuestas y la selección de la propuesta final, hasta la definición de los procesos de fabricación, materiales y acabados superficiales.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Con el presente proyecto se pretende resolver el problema que supone el diseño actual de la mayoría de postes de voleibol existentes en el mercado, siendo estos por lo general poco ergonómicos y de difícil transportabilidad. Estas deficiencias de diseños provocan en el propio deportista, que es usuario de los postes, incomodidades y molestias en su uso que se intentarán resolver con el diseño propuesto.

## 2 ANTECEDENTES

### 2.1 ORIGEN E HISTORIA DEL VOLEIBOL

El voleibol, o simplemente vòley (del inglès: volleyball), es un deporte que se juega con una pelota y en el cual dos equipos, integrados por seis jugadores cada uno, se enfrentan sobre un àrea de juego separada por una red central. El objetivo del juego es pasar el balón por encima de la red, logrando que llegue al suelo del campo contrario mientras el equipo adversario intenta impedir simultáneamente que lo consiga.

El deporte tuvo su origen en Estados Unidos en 1895 de la mano de William George Morgan, un entrenador deportivo de la Asociación Cristiana de Jóvenes (YMCA) en Holyoke. Morgan había realizado sus estudios en el Colegio de Springfield de la YMCA, donde conoció a James Naismith quien, en 1891, había inventado el juego del baloncesto. El voleibol fue ideado en principio como una alternativa más sosegada al baloncesto, tomando algunas características del tenis y el balonmano, y enfocado hacia los miembros de mayor edad requerían un juego menos intenso. Inicialmente lo denominó Mintonette. Morgan desarrolló también las primeras reglas, en las que proponía un campo de juego de 7,62 m x 15,24 m y una red de 1,98 m de altura y no ponía límite de jugadores.



*Figura 1 - Mujeres jugando a voleibol en California, ca. 1943*

Por tanto, el baloncesto y el voleibol se inventaron al final del siglo XIX en dos ciudades, Holyoke y Springfield, separadas por solo 16 km y ambos deportes surgieron en la Asociación Cristiana de Jóvenes (YMCA) difundándose rápidamente a nivel internacional por todas sus organizaciones asociadas.

El segundo país tras EEUU en adoptar el voleibol fue Canadá en 1900. Tras este, y a través de la YMCA, el voleibol se expande rápidamente por Asia y el hemisferio sur. En pocos años llega a Cuba (1905), Japón (1908), Filipinas (1910) o Uruguay (1912) por nombrar algunos ejemplos.

Más tarde durante la Primera las Fuerzas Expedicionarias Americanas expandirían el deporte por Europa, provocando un gran crecimiento en todos estos países y pasando este a ser un deporte muy popular, sobre todo en Europa Oriental, donde debido a su clima frío los deportes en interior son particularmente populares. La guerra también traerá este deporte a África, donde Egipto será el primer país africano en el que se juegue.<sup>[5]</sup> Mas tarde, durante la 2ª Guerra Mundial, serán también los soldados americanos los que difundan el voleibol playa por el mundo.



*Figura 2 - Soldados americanos jugando a voleibol en la 2ª Guerra Mundial*

En el periodo de entreguerras, se realizan los primeros esfuerzos para unificar las reglas del voleibol ya que, aunque este deporte se había extendido rápidamente por muchos países, no había un consenso ni siquiera en la cantidad de jugadores que debía tener cada equipo.

En 1947, catorce Federaciones fundaron en París la Federación Internacional de Voleibol (FIVB), las cuales lograron poner en consonancia las reglas europeas y americanas. Los primeros Campeonatos del mundo fueron celebrados en 1949 en Praga para la categoría masculina y en 1952 Moscú para la categoría femenina.

En los Juegos Olímpicos de 1924 el voleibol fue presentado como deporte de demostración, pero no es hasta 1964 que el voleibol pasa a ser deporte olímpico. La variante de vóley playa se incorpora a la FIVB en 1986 y a los Juegos Olímpicos de verano desde 1996. El Voleibol también es un deporte paralímpico desde 1976.

A España este deporte llegaría en 1920, fecha aproximada en la que empieza a practicarse en las playas catalanas, y llega como deporte recreativo. El deporte no consigue la popularidad que ha logrado en el resto de Europa, y no será hasta después de la Guerra Civil que empiece a practicarse a nivel escolar, sin contar aún con campeonatos oficiales.

No fue hasta pasados 7 u 8 años cuando las autoridades deportivas, observando que el voleibol se practicaba por todo el territorio y que, por otro lado, era un deporte con Federación Internacional, con un gran número de países afiliados y con proyección a ser incluido en el Comité Olímpico Internacional, que se propuso organizar oficialmente el voleibol en España. No obstante, se decidió no crear una federación nueva para este deporte, sino por agregarlo como una sección a la Federación Española de Balonmano en 1950.

Durante la década de los 50 la sección de voleibol será traspasada en numerosas ocasiones entre federaciones, formando parte en este periodo de tiempo de la Federación de Baloncesto, Balonmano y Rugby. Habría que esperar 1960 para que Delegación Nacional de Deportes decidiera crear la Federación Española de Voleibol.

No es hasta el cambio de siglo que el voleibol, y paralelamente al vóley playa, empieza a cobrar una mayor importancia y popularidad en España.

Actualmente es uno de los deportes más populares del mundo, siendo el deporte olímpico con mayor número de Federaciones Nacionales de Deporte (218). Es un deporte muy popular en Brasil, Cuba, Europa (donde especialmente Italia, Holanda y los países de Europa Oriental tienen conjuntos nacionales potentes desde la década de los 80), Rusia, y en muchos otros países incluyendo Filipinas, China y el resto de Asia, así como en los EEUU.

## 2.2 REGLAS DE JUEGO

Las normas de juego del Voleibol se rigen por las Reglas Oficiales aprobadas por la FIVB, las cuales son trasladadas a través de las federaciones nacionales a los diferentes países en los que se practica este deporte. A continuación, se resumen los principales aspectos relacionados al producto que se diseña:

- El campo de voleibol está delimitado por una zona de 18 x 9 metros que está dividida por una línea central de 18 m y una red que separa las dos zonas, destinada cada una de ellas a un equipo. Sin embargo, el juego puede desarrollarse también fuera del campo de juego con el único requisito de que el balón no toque el suelo. A esta zona se le denomina zona libre y debe tener un mínimo de 3 metros



Figura 3 - Partido internacional

- El espacio de juego libre es el espacio sobre el área de juego, libre de todo obstáculo. El espacio de juego libre debe medir un mínimo de 7 m de altura a partir de la superficie de juego. Para las Competencias Mundiales y oficiales de la FIVB, la zona libre debe medir 5 m desde las líneas laterales y 6.5 m desde las líneas de fondo y el espacio de juego libre debe medir un mínimo de 12.5 m de altura a partir de la superficie de juego.

- La superficie debe ser plana, horizontal y uniforme. No debe presentar ningún peligro de lesión para los jugadores. Se prohíbe jugar en superficies rugosas o resbaladizas.
- La red es la que separa a los dos equipos, y va situada en el centro del campo. Mide 1 m de ancho y de 9.50 a 10 m de largo (con entre 25 y 50 cm a partir de cada banda lateral), y está hecha de malla negra a cuadros de 10 cm por lado. A lo largo de su borde superior hay una banda horizontal de 7 cm de ancho, hecha de lona blanca doblada y cosida en toda su extensión. En cada extremo la banda tiene una perforación por la que pasa una cuerda para sujetarla a los postes y mantener su parte superior tensa. La altura de la red se mide desde el centro de la cancha y debe ser exactamente la misma, no debiendo exceder en más de 2 cm la altura oficial.
- Por el interior de esta banda pasa un cable flexible que ajusta la red a los postes y mantiene tensada la parte superior. A lo largo de la parte inferior de la red hay otra banda horizontal, de 5 cm de ancho, de características similares a la banda superior, por cuyo interior se entrelaza una cuerda. Esta cuerda ajusta la red a los postes y mantiene tensada su parte inferior.
- Los postes son los encargados de sujetar la red y asegurar que tenga la altura apropiada. Se ubican a una distancia de 0.50 a 1 m hacia afuera de las líneas laterales y tienen una altura de 2.55 m.
- Para todas las Competencias Mundiales y Oficiales de la FIVB, los postes que sostienen la red se ubican a una distancia de 1 m hacia afuera de las líneas laterales y deben estar protegidos con un cobertor mullido. Deben ser preferiblemente ajustables, además de ser redondos y pulidos, y deben fijarse al piso sin cables. Su instalación no debe representar un peligro o significar un obstáculo.<sup>[11]</sup>

## 2.3 TIPOS DE POSTE

Existen multitud de tipos de postes para campos de voleibol que varían en función de las diferentes necesidades de utilización. Los más utilizados son los postes de voleibol fijos, los cuales para su instalación es necesaria la realización de obra para colocar los botes donde se insertarán los postes. Este tipo de postes son muy prácticos pues si no se utilizan, se pueden retirar fácilmente para dejar la zona libre para otras actividades. Además este tipo de postes son los únicos permitidos en competiciones internacionales.

Por otro lado, están los postes trasladables, estos, como su nombre indica, son fácilmente trasladables de un lado a otro con las ruedas que incorporan. Están pensados para su utilización esporádica o en aquellos pabellones donde no se desee realizar obras para la instalación de los postes fijos. Para fijar su posición, se emplean una serie de contrapesos que se colocan sobre una zona en la base de los mismos especialmente destinada al efecto, aunque también se pueden fijar mediante anclajes en el suelo. En todo caso la base del poste siempre estará situada fuera del campo de juego y protegido mediante forro almohadillado para evitar riesgos

Al margen de si los postes de voleibol son fijos o trasladables, en todos ellos la red suele ser regulable en altura para poder situar la red como mínimo a las 8 alturas oficiales y que varían en función de la categoría de los jugadores tal y como se muestra en la siguiente tabla.

En cuanto la altura al poste, siempre vendrá condicionada por la altura a la que debe estar la red. En la Tabla 1 se pueden observar las diferentes alturas a las que debe poder colocarse la red según la categoría en la que se disputará el partido.

TABLA 1. ALTURA DEL BORDE SUPERIOR DE LA RED DE  
VOLEIBOL

<b>ALTURA DEL BORDE SUPERIOR DE LA RED DE VOLEIBOL</b>		
<b>CATEGORÍA</b>	<b>MASCULINA</b>	<b>FEMENINA</b>
Sénior	2,43 m	2,24 m
Juvenil (16 a 18 años)	2,43 m	2.24 m
Cadete (14 y 15 años)	2,37 m	2,18 m
Infantil (12 y 13 años)	2,24 m	2,10 m
Alevín (11 años)	2,10 m	2,10 m
Benjamín (Hasta 10 años)	2,00 m	2,00 m

## 2.4 ESTUDIO DE LA SITUACIÓN DEL MERCADO

### 2.4.1 Objetivo del análisis de mercado

El principal objetivo del siguiente análisis de mercado es conocer el tipo de producto existente dentro del voleibol previamente a la elección del diseño del producto, mediante el estudio de las características de la oferta de productos. Con este análisis, se pretende obtener una visión amplia del mercado y conocer qué tipo de productos son referente el mismo.

### 2.4.2 Justificación del análisis de mercado

La realización del siguiente análisis de mercado se precisa para así conocer y poder tener en cuenta previamente los factores principales necesarios para la correcta creación y el desarrollo del producto. Estos factores se obtendrán a partir de la comparación y análisis de productos similares de la competencia.

### 2.4.3 Situación del mercado

La situación del mercado internacional del voleibol es discreta. Al partir de la base de que este deporte no se encuentra entre los más populares, esto se refleja en la oferta de productos al consumidor. La cantidad de productos ofertada es más limitada, las gamas de productos se suelen limitar a una gama menor calidad y más económica en contraposición a una gama de gran calidad pero más costosa. La gama intermedia es difícil de encontrar. Y la cantidad de puntos de venta al consumidor es limitada. Destaca en este apartado el mercado japonés y norteamericano, donde el voleibol tiene mayor popularidad que en nuestro país y si hay mayor oferta de producto.

Centrándose en nuestro producto, la situación del mercado de postes para voleibol presenta los mismos rasgos que la del voleibol en general, solo que acentuando aún más si caben los problemas que este tiene. Se observa poca diversidad de fabricantes, siendo los puntos de venta la mayoría online y de fabricantes extranjeros.

## 2.5 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE MERCADO

### 2.5.1 Objetivos de la investigación de mercado

Los objetivos que se pretenden conocer y obtener de la investigación del mercado son:

- Precio estimado.
- Los materiales que se utilizan para su fabricación.
- El peso del producto.
- La manera de regular la altura del poste.
- Los métodos de venta más usuales.

### 2.5.2 Estudio de la competencia

En las siguientes tablas, se realizará un análisis detallado de algunos de los productos más populares y/o de mayor calidad del mercado actual, con los que se pretende conocer los aspectos estéticos, técnicos y de ergonomía más relevantes presentes en el mercado actual y que se puedan aplicar al proyecto.

TABLA 2. DE1015

Producto	DE1015 Official Volleyball Uprights
Fabricante	SENOH
Vendedor	Sportsimports
Imagen	
URL	<a href="https://www.sportsimports.com/indoor-volleyball/steel-net-systems/de10-steel-volleyball-upright/">https://www.sportsimports.com/indoor-volleyball/steel-net-systems/de10-steel-volleyball-upright/</a>
Precio	360000 yens (2737 €)
Peso	30 KG cada poste
Materiales	Acero
Dimensiones	Diámetro exterior de 76.3mm
Sistema de regulación de altura	Sistema de posiciones interno colocado en la sección inferior del poste

TABLA 3. DE1300

Producto	DE1300 Aluminum Volleyball Uprights
Fabricante	SENOH
Vendedor	SENOH
Imagen	
URL	<a href="http://www.senoh.jp/english/products/volleyball/specialoffer.html">http://www.senoh.jp/english/products/volleyball/specialoffer.html</a>
Precio	267000 yenes (2029€)
Peso	16,5Kg cada poste
Materiales	Aluminio
Dimensiones	Díámetro exterior de 76.3mm
Sistema de regulación de altura	Sistema de ajuste interno de altura fino para múltiples alturas

TABLA 4. DE1515

Producto	DE1515 Steel Volleyball Uprights
Fabricante	SENOH
Vendedor	SENOH
Imagen	
URL	<a href="http://www.senoh.jp/english/products/volleyball/specialoffer.html">http://www.senoh.jp/english/products/volleyball/specialoffer.html</a>
Precio	213000 yenes (1618 €)
Peso	22'5kg cada poste
Materiales	Acero
Dimensiones	Diámetro exterior de 76.3mm
Sistema de regulación de altura	Sistema de 12 agujeros para fijar la altura

TABLA 5. DE5000

Producto	DE5000 Beach Volleyball Uprights
Fabricante	SENOAH
Vendedor	TMT Sport
Imagen	
URL	<a href="https://thietbithethaotmt.com/bo-cot-bong-chuyen-bai-bien-senoh-nhat-ban">https://thietbithethaotmt.com/bo-cot-bong-chuyen-bai-bien-senoh-nhat-ban</a>
Precio	280000 yenes (2128 €)
Peso	20kg cada poste
Materiales	Aluminio
Dimensiones	Diámetro externo de 76.3mm
Sistema de regulación de altura	Sistema de posiciones interno colocado en la sección inferior del poste

TABLA 6. DE5300

Producto	DE5300 Carbon Volleyball Uprights
Fabricante	SENOH
Vendedor	SENOH
Imagen	
URL	<a href="http://www.senoh.jp/english/pdf/Volleyball_Catalog_2016.pdf">http://www.senoh.jp/english/pdf/Volleyball_Catalog_2016.pdf</a>
Precio	380000 yenes (2888 €)
Peso	11'5Kg cada poste
Materiales	Fibra de carbono
Dimensiones	Diámetro exterior 76.3mm
Sistema de regulación de altura	Sistema de ajuste interno de altura fino para múltiples alturas

TABLA 7. SI-1

Producto	SI-1: ALL CARBON VOLLEYBALL POLE
Fabricante	Sportsimports
Vendedor	Sportsimports
Imagen	
URL	<a href="https://www.sportsimports.com/indoor-volleyball/carbon-net-systems/carbon-volleyball-pole/">https://www.sportsimports.com/indoor-volleyball/carbon-net-systems/carbon-volleyball-pole/</a>
Precio	
Peso	8,61826Kg (19 libras) cada poste
Materiales	Fibra de carbono
Dimensiones	Diámetro exterior de 76'2mm (3")
Sistema de regulación de altura	Sistema de 20 agujeros para fijar la altura

**TABLA 8. CO8**

Producto	CO8: HYBRID CARBON VOLLEYBALL POLE
Fabricante	Sportsimports
Vendedor	Sportsimports
Imagen	
URL	<a href="https://www.sportsimports.com/indoor-volleyball/carbon-net-systems/hybrid-carbon-upright/">https://www.sportsimports.com/indoor-volleyball/carbon-net-systems/hybrid-carbon-upright/</a>
Precio	
Peso	11,79Kg (26 libras) cada poste
Materiales	La parte inferior es de fibra de carbon y la superior de Aluminio
Dimensiones	Diámetro exterior de 76'2mm (3")
Sistema de regulación de altura	Sistema de 8 agujeros para fijar la altura

**TABLA 9. AL7**

Producto	AL7: ALUMINUM VOLLEYBALL POLE
Fabricante	Sportsimports
Vendedor	Sportsimports
Imagen	
URL	<a href="https://www.sportsimports.com/indoor-volleyball/aluminum-net-systems/al7-aluminum-upright/">https://www.sportsimports.com/indoor-volleyball/aluminum-net-systems/al7-aluminum-upright/</a>
Precio	
Peso	14,96Kg (33 libras) cada poste
Materiales	Aluminio
Dimensiones	Diámetro exterior de 76'2mm (3")
Sistema de regulación de altura	Sistema de 14 agujeros para fijar la altura

TABLA 10. DE11

Producto	DE11: STEEL VOLLEYBALL POLE
Fabricante	Sportsimports
Vendedor	Sportsimports
Imagen	
URL	<a href="https://www.sportsimports.com/indoor-volleyball/steel-net-systems/de11-steel-volleyball-upright/">https://www.sportsimports.com/indoor-volleyball/steel-net-systems/de11-steel-volleyball-upright/</a>
Precio	
Peso	24 Kg (53 libras) cada poste
Materiales	Acero
Dimensiones	Diámetro exterior de 76'2mm (3")
Sistema de regulación de altura	Sistema de 22 agujeros para fijar la altura

**TABLA 11. Elite Aluminum Uprights Model #438-295**

Producto	Elite Aluminum Uprights Model #438-295
Fabricante	Spalding Equipment
Vendedor	Spalding Equipment
Imagen	
URL	<a href="https://www.spaldingequipment.com/volleyball-product.aspx?id=110&amp;Elite+Aluminum+Winch+End+Upright">https://www.spaldingequipment.com/volleyball-product.aspx?id=110&amp;Elite+Aluminum+Winch+End+Upright</a>
Precio	
Peso	16kg el poste con la carraca y 13kg el que no tiene carraca
Materiales	Aluminio
Dimensiones	Diámetro exterior de 76mm (3")
Sistema de regulación de altura	Ajuste mediante un pistón y un muelle

**TABLA 12. Patriot Volleyball Game Standards**

Producto	Patriot Volleyball Game Standards
Fabricante	A United Volleyball Supply, LLC. Company
Vendedor	A United Volleyball Supply, LLC. Company
Imagen	
URL	<a href="https://www.volleyballusa.com/patriot-volleyball-game-standards-set-of-2-poles-with-winch/">https://www.volleyballusa.com/patriot-volleyball-game-standards-set-of-2-poles-with-winch/</a>
Precio	\$1,625.00 (1350 €)
Peso	35 libras (15,87 Kg) cada poste
Materiales	Aluminio
Dimensiones	Diámetro externo de 76mm (3")
Sistema de regulación de altura	Ajuste telescópico

**TABLA 13. Juego de postes voleibol fijos**

Producto	JUEGO DE POSTES VÓLEIBOL FIJOS DE ALUMINIO SECCIÓN CUADRADA 80 X 80MM
Fabricante	
Vendedor	Redes Deportivas On-Line
Imagen	
URL	<a href="https://www.redesdeportivasonline.com/epages/">https://www.redesdeportivasonline.com/epages/</a>
Precio	402,00 €
Peso	
Materiales	Aluminio
Dimensiones	80 X 80mm
Sistema de regulación de altura	Ajuste mediante un pistón y un muelle

**TABLA 14. Sonic Elite Outdoor Volleyball System**

Producto	Sonic Elite Outdoor Volleyball System
Fabricante	Blazer Manufacturing Company, Inc.
Vendedor	Allvolleyball
Imagen	
URL	<a href="https://www.allvolleyball.com/product/sonic-elite-outdoor-volleyball-system/">https://www.allvolleyball.com/product/sonic-elite-outdoor-volleyball-system/</a>
Precio	\$485.30 (427€)
Peso	79 lbs (35 Kg)
Materiales	Aluminio
Dimensiones	Diámetro exterior de 4" (100 mm)
Sistema de regulación de altura	Sistema de 6 agujeros para fijar la altura

**TABLA 15. Spalding Elite Aluminum Volleyball System**

Producto	Spalding Elite Aluminum Volleyball System
Fabricante	Spalding
Vendedor	Allvolleyball
Imagen	
URL	<a href="https://www.allvolleyball.com/product/spalding-elite-aluminum-volleyball-system/">https://www.allvolleyball.com/product/spalding-elite-aluminum-volleyball-system/</a>
Precio	\$2,949.99 (incluye red, protectores, y antenas). 2700€
Peso	16 Kg el poste con el cabestrante, 13 Kg el simple
Materiales	Aluminio
Dimensiones	77 mm de diámetro exterior
Sistema de regulación de altura	Ajuste telescópico

**TABLA 16. Spalding Slide Multi-Sport Volleyball**

Producto	Spalding Slide Multi-Sport Volleyball
Fabricante	Spalding
Vendedor	Allvolleyball
Imagen	
URL	<a href="https://www.allvolleyball.com/product/spalding-slide-multi-sport-volleyball-upright-package/">https://www.allvolleyball.com/product/spalding-slide-multi-sport-volleyball-upright-package/</a>
Precio	\$1,873.35 (incluye antenas). 1700€
Peso	
Materiales	Aluminio
Dimensiones	76 mm diámetro externo
Sistema de regulación de altura	

## 2.6 CONCLUSIONES GENERALES DEL ESTUDIO DE MERCADO

Analizando esta pequeña muestra de mercado, se pueden destacar que todos los fabricantes optan por fabricar los postes de formas muy similares. Las partes donde se puede observar que los fabricantes tienen mayor libertad creativa son en el sistema de tensionado de la red y en el de la altura del poste. Otro aspecto que se repite en la mayoría de modelos analizados es el diámetro del poste utilizado, al usar la mayoría postes de 76mm. Pero aun así los postes el diseño de los postes es prácticamente igual en la mayoría de los modelos.

En relación con aspectos importantes como el peso o el precio, se puede observar una clara correlación entre ambos aspectos, en la cual a mayor precio se suele corresponder un menor peso del poste.

## 3 NORMAS Y REFERENCIAS

Para la realización del trabajo de final de grado se ha tenido en cuenta una serie de normativa que se aplica al producto elegido. Concretamente, se han utilizado las normas reglamentarias que aparecen en la NIDE sobre el Voleibol, el documento “REGLAS OFICIALES DE VOLEIBOL 2017-2020” emitido por la FIVB y la norma española UNE-EN 1271 “Equipamiento de los campos de juego. Equipos de voleibol. Requisitos funcionales y de seguridad, métodos de ensayo”, versión oficial en español de la Norma Europea EN 1271:2014.

Se han indicado únicamente las normativas relacionadas con el producto, dejando fuera normas relacionadas con componentes que no se desarrollan en la presente memoria.

Estas normativas no se han aplicado en el proyecto actual debido a la tener que aplicarse en el producto real y completo, por lo que deberán ser de obligado cumplimiento en las próximas fases de desarrollo del producto.

# 4

# DEFINICIONES

# Y

## ABREVIATURAS

En este apartado se describirá el significado de las diferentes siglas y abreviaturas utilizadas en este documento, así como el vocabulario específico utilizado que requiriera de una explicación para su comprensión.

- NIDE: Normativa sobre Instalaciones Deportivas y para el Esparcimiento)
- CSD: Consejo Superior de Deportes)
- FIVB: Federación Internacional de Voleibol)

## 5 REQUISITOS DE DISEÑO

En el presente apartado se describirán las necesidades y funciones de uso, restrictivas, de seguridad, de garantía de uso, industrial, comercial y estética, la cual engloba las funciones emocionales y las funciones simbólicas que aportan el producto.

### 5.1 PLIEGO DE CONDICIONES INICIALES (P.C.I.)

Dentro del PCI (Tabla 13 – PCI) se describen las necesidades que el producto a desarrollar debe cumplir. Estas funciones se han obtenido a partir de la información obtenida en el apartado 2 ANTECEDENTES.

TABLA 14. PCI

PLIEGO DE CONDICIONES INICIALES				
FACTORES	NECESIDADES	IMPORTANCIA	MEDICION	VALORES
ESTÉTICA	Atractivo a la venta	5	VTP	0-10
	Mínimos elementos	5	Nº Elementos	10 = 0 5 = 10
	Sensación de robustez	7	VTP	0-10
DIMENSIONES Y ERGONOMIA	Altura máxima de 2,55m Esfuerzo (ASUPE)	10	ASUPE	Si = 10 No = 0
PESO	Ligero	10	Medición	<15kg
ACABADO	Adecuado (Pulido)	10		
MANTENIMIEN TO	Recambios	7	%elementos estándar	
	Resistente intemperie	8		

TOXICIDAD	Acabado no tóxico	9	%elementos no tóxicos	
PRECIO	<1500€	8	Presupuesto (ratio)	
TECNICAS	Fabricación en serie	10	Experimentación	
	Uniones y ensamblajes	10		
	Estructura estable y resistente	10		
Mecanismos				
UTILIDAD DECLARADA	Soporte de la red a diferentes alturas	10		
	Almacenamiento de útiles	10		
FUNCIONALIDAD	Máxima	10	Experimentación	
DURACION	Máxima	10		
ESENCIALIDAD	Diseño esencial (sin elementos superfluos)	9		Sin = 10 Con = 0
PRECEDENTES	Innovador	7		
SEGURIDAD		10	Cumplimiento reglamento	Si = 10 No = 0

## 5.2 FUNCIONES DEL PRODUCTO

A partir de las funciones que se han establecido en el PCI (Tabla 13 – PCI) se realizará el Pliego de Condiciones Funcionales (P.C.F) de Uso y Estética. Este se establece en función a las necesidades que el producto debe satisfacer.

### 5.2.1 Funciones de uso

A continuación, se desarrollan las funciones principales de uso, las complementarias de uso y las restrictivas que se consideran requeridas para el poste:

#### 5.2.1.1 Funciones principales de uso

A continuación, se exponen las características que se requieren para el poste. Según el Pliego de Condiciones estas son:

- Resistencia a impactos
- Ligereza
- Adaptación a diversas alturas de juego

#### 5.2.1.2 Funciones complementarias de uso

En el presente apartado se establece la relación de funciones derivadas del uso según el propio funcionamiento, la manipulación y el entorno en el que es utilizada de la bicicleta.

- Ergonómicas:
  - Comodidad en el montaje y tensionado de la red
  - Comodidad en el transporte
- Mecánicas:
  - Fácil montaje y desmontaje de complementos.
  - Accesibilidad a recambios y accesorios.

#### 5.2.1.3 Funciones restrictivas

A continuación, se desarrollan las funciones restrictivas del producto con objeto de asegurar la integridad física del usuario del poste. Estas funciones se tendrán en cuenta con las restricciones del proceso industrial o comercial.

### 5.2.1.3.1 Funciones de seguridad

- Limitación de la geometría y dimensiones (UNE- EN 1271:2014).
- Aseguración de acople resistente

### 5.2.1.3.2 Funciones de garantía de uso

- Vida útil duradera del producto
- Fiabilidad
- Conservación adecuada de las funciones tras largos periodos de inactividad del producto

### 5.2.1.3.3 Funciones industriales y comerciales

- Costo del material.
- Precio del producto.
- Fabricación con mínimas piezas.
- Fabricación viable

## 5.2.2 Funciones estéticas

### 5.2.2.1 Funciones emocionales

A continuación, se detallan las funciones emocionales y/o de estados de ánimo que se desea transmitir al usuario del producto.

- El poste pretende transmitir una sensación de robustez, seguridad y durabilidad.

### 5.2.2.2 Funciones simbólicas

En el presente punto se exponen y describen las funciones simbólicas que el propio producto debe representar en relación con el estatus social y cultural de los usuarios.

- El poste representará un estatus social medio-alto, propiciado por la calidad de los materiales utilizados y las innovaciones en su diseño.

## 5.2.3 PLIEGO DE CONDICIONES FUNCIONALES

Las funciones expuestas en los puntos anteriores quedan reunidas en las tablas que se muestran a continuación y que conforman el Pliego de Condiciones Funcionales de Uso y Estético (P.C.F).

TABLA 15. Pliego de Condiciones Funcionales de Uso

PLIEGO DE CONDICIONES FUNCIONALES DE USO						
FUNCIONES		CARACTERÍSTICAS				
Nº ORDEN	DESIGNACIÓN	CRITERIO	NIVEL	FLEXIBILIDAD		V <sub>i</sub> <sup>[x]</sup>
				RESTRICCIÓN	F	
<b>1 FUNCIONES PRINCIPALES DE USO</b>						
1.1	Resistencia a impactos	Funcionamiento	-	-	0	5
1.2	Ligereza	Masa	Kg	-	0	5
1.3	Adaptación a diversas alturas de juego	Funcionamiento	-	-	0	5
<b>2 FUNCIONES COMPLEMENTARIAS DE USO</b>						
2.1	Comodidad en el montaje y tensionado de la red	Ergonomía			1	4
2.2	Comodidad en el transporte	Ergonomía			1	3
2.3	Fácil montaje y desmontaje de complementos	Accesibilidad			2	2
2.4	Accesibilidad a recambios y accesorios	Accesibilidad			2	2

3 FUNCIONES RESTRICTIVAS O EXIGENCIAS DE USO						
3.1 Funciones de seguridad en el uso						
3.1.1	Limitación de la geometría y dimensiones (UNE- EN 1271:2014).	Normativa			0	5
3.1.2	Aseguración de acople resistente	Normativa			0	5
3.2 Funciones de garantía de uso						
3.2.1	Vida útil duradera del producto	Tiempo			1	4
3.2.2	Fiabilidad	Funcionamiento			1	5
3.2.3	Conservación adecuada de las funciones tras largos periodos de inactividad del producto	Funcionamiento			0	5

**TABLA 16. Pliego de Condiciones Funcionales Estéticas**

PLIEGO DE CONDICIONES FUNCIONALES ESTÉTICAS						
FUNCIONES		CARACTERÍSTICAS				
Nº ORDEN	DESIGNACIÓN	CRITERIO	NIVEL	FLEXIBILIDAD		Vi <sup>1</sup>
				RESTRICCIÓN	F	
<b>4 FUNCIONES EMOCIONALES</b>						
4.1	El poste pretende transmitir una sensación de robustez, seguridad y durabilidad	Funcionamiento Forma	-	-	2	3
<b>5 FUNCIONES SIMBÓLICAS</b>						
5.1	El poste representará un estatus social medio-alto, propiciado por la calidad de los materiales utilizados y las innovaciones en su diseño.	Material	-	-	2	4

Vi<sup>1</sup>): Valor de Importancia de la función. Se ha valorado de 1 al 5 siendo 1 poco o nada importante y 5 muy importante.

Los datos de flexibilidad (Valor denominado como F en las tablas 15 y 16) han sido valorados bajo los valores mostrados en la siguiente tabla:

**TABLA 17. Valoración de la flexibilidad**

VALOR F	FLEXIBILIDAD	POSIBILIDAD DE VARIACIÓN
0	Ninguna	Ninguna
1	Mala	Posibilidad baja
2	Buena	Posible
3	Muy Buena	Muy Posible

## 6. ANÁLISIS DE SOLUCIONES

A continuación, se mostrará el proceso creativo seguido y los bocetos finales obtenidos a partir de este.

### 6.1 DISEÑOS PROPUESTOS

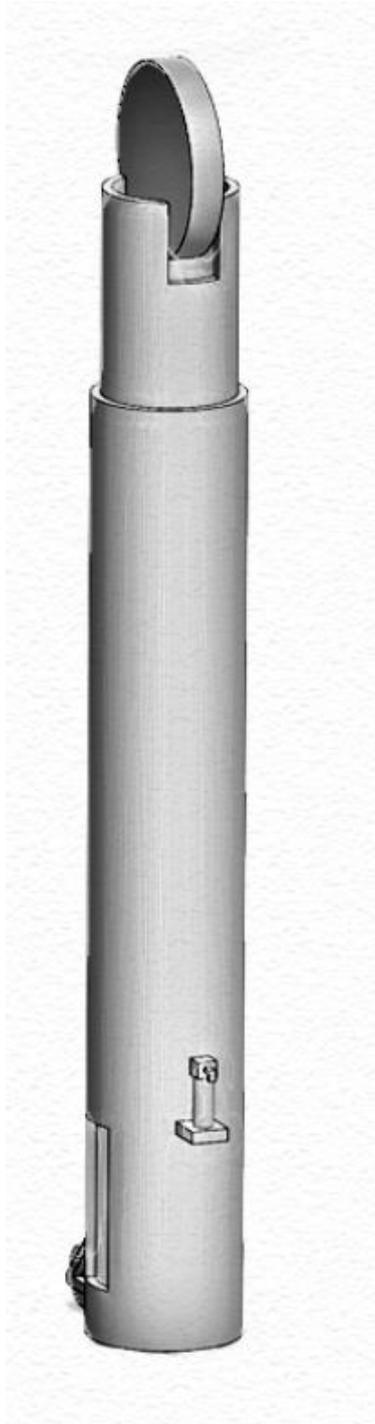
En el presente apartado se muestran los diseños propuestos tras el proceso creativo (ver anexo 1)

#### Propuesta 1



Poste telescópico simple compuesto por dos piezas principales, con un agarre en la parte superior y un agujero en la parte inferior que servirá de almacenamiento. La red se tensa mediante una carraca y la altura se regula mediante una serie de agujeros en el lateral.

## Propuesta 2



En esta propuesta de poste telescópico se añade al poste una rueda trasera para facilitar la transportabilidad de este, y la red se tensa mediante un tornillo sin fin que se sitúa en la parte opuesta del poste al campo de juego.

## Propuesta 3



Propuesta de poste en el cual el espacio de almacenamiento se ha elevado, el agujero de agarre es más pequeño y en forma de medio círculo, y el sistema de regulación de la red es una parte móvil del poste la cual se ajusta mediante presión.

## Propuesta 4



Propuesta de poste en el cual el espacio de almacenamiento se ha elevado, el agujero de agarre es más pequeño y en forma de medio círculo, y el sistema de regulación de la red es una parte móvil separada del poste y modular.

## 6.2 EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE LA BICICLETA MEDIANTE EL VALOR TÉCNICO PONDERADO (VTP)

Este método es uno de los más utilizados tanto en la evaluación de soluciones de componentes y proyectos como en su selección. Su ámbito de aplicación es muy amplio ya que se ha utilizado en todas las fases del proyecto.

En el caso que nos acontece, se valorarán 4 modelos propuestos ante 8 factores (i) que permiten valorar los aspectos más importantes a tener en cuenta para desarrollar correctamente un modelo de poste óptimo.

Los factores por analizar se evaluarán según su importancia con una escala del 1 al 10 que permitirán averiguar qué modelo es el “mejor” entre los analizados. Los factores son:

- Ligereza: este factor analizará la ligereza del producto. Se valorará con 1 cuando se considere que es un producto pesado y con un 10 cuando se considere que el producto es muy ligero.
- Coste de fabricación: se centrará en el número, tamaño y forma de los componentes que incorpore el producto. Se valorará con 1 cuando se aprecien formas complejas y de gran coste de fabricación y con 10 el producto de fabricación sencilla.
- Ergonomía: hace referencia a la capacidad de adaptarse al usuario. Se valorará con 1 cuando el producto no se adapte al usuario y con un 10 cuando sea ergonómico.
- Fácil mantenimiento: se analizará que el producto permita, por su geometría, un fácil acceso a los diferentes espacios del producto y que permita el recambio de componentes. Se valorará con un 10 cuando el modelo sea simple y facilite el mantenimiento y con un 1 cuando su mantenimiento sea complejo.
- Sensación de robustez: este factor analizará la robustez visual que transmite el producto en al usuario. Se valorará con 1 cuando se

considere que es un producto que transmite fragilidad y con un 10 cuando se considere que el transmite gran robustez.

- Transportabilidad: se evaluará que el producto sea sencillo de trasladar de un lugar a otro. Se valorará con 0 el producto que no sea fácil de transportar y con un 10 si es sencillo de transportar.
- Manejabilidad: hace referencia a la capacidad visual y estructural de utilización o manejo del producto. Se valorará con un 10 un diseño fácil de utilizar y con un 1 un diseño complicado de manejar.
- Versatilidad: se analizará que el producto se pueda adaptar a diversas disciplinas y ofrezca funcionalidades añadidas debido a su geometría y/o complementos. Se valorará con un 1 el producto que no sea nada versátil y con un 10 el producto que sea muy versátil.

En la siguiente tabla se analizarán los modelos presentados, el valor IMPORTANCIA (g) de los factores se ha establecido con relación a la tabla 13 (PCI) del punto 5.1 de la presente memoria. La forma de valorar las funciones es mediante una escala del 1 al 10. Siendo 1 poco importante y 10 muy importante.

**TABLA 18. VTP**

FACTOR (i)	IMP. (g)	1		2		3		4	
		p	p x g	p	p x g	p	p x g	p	p x g
Ligereza	10	6	60	9	90	9	90	8	80
Coste de fabricación	8	6	48	6	48	5	40	7	56
Ergonomía	10	6	60	5	50	7	70	9	90
Fácil mantenimiento	5	8	40	8	40	8	40	9	45
Sensación de robustez	7	9	63	7	49	7	49	8	56
Transportabilidad	10	7	70	7	70	8	80	10	100
Manejabilidad	8	7	56	6	48	6	48	8	64
Versatilidad	6	6	36	6	36	6	36	8	48
TOTAL	64	433		431		453		539	
VTP		0.67656		0.67344		0.70781		0.84219	

# 7 RESULTADOS FINALES

Una vez ya terminada la etapa de selección del diseño, ya habiendo determinado el cual se va a desarrollar, a continuación se analizarán con detalle los aspectos más importantes y necesarios que hay que tener en cuenta para la correcta definición del proyecto.

## 7.1 VIABILIDAD

Como primer apartado en el desarrollo del producto se comenzará por definir y analizar la viabilidad, en este caso su viabilidad técnica y física centrándose en el aspecto de materiales y en los procesos más usuales para desarrollar postes según el material y sus particularidades.

### 7.1.1 Introducción

El voleibol, ya desde que fue inventado, fue un deporte fundado a partir de otras disciplinas. Por ello, siempre que ha podido, ha intentado utilizar o hacer uso de elementos de otros deportes. Si el primer balón de voleibol era simplemente el interior de una pelota de baloncesto (sin el recubrimiento rugoso exterior) [insertar referencia], se cree que los primeros postes eran simples postes de tenis utilizados para un deporte que no era para el cual habían sido pensados.

Durante toda su infancia, el voleibol fue un deporte de pasatiempo y poco profesionalizado, no fue hasta la década de los 60 cuando sus reglas se estandarizaron de manera global [insertar referencia]. Por ello, desde un principio solo se buscaba con los postes que cumplieran con su función portante de la red. Debido a esto, las formas y los materiales utilizados buscaban la sencillez en su fabricación, utilizándose en su mayor parte el acero como material para el poste, y en las zonas más humildes o en las pistas de juego más “espontaneas” simplemente se utilizaba madera, pudiendo incluso prescindir de ellos si las condiciones ligadas al lugar lo permiten. No fue hasta después de que

el voleibol se volviera olímpico, que se empezó a dar importancia al desarrollo y mejora de las herramientas utilizadas en este deporte.

Por consiguiente, la investigación en nuevos materiales en el voleibol está atrasada en comparación con otros deportes, y sobre todo cuando la comparamos con los deportes punteros. Si en el mundo del ciclismo, las bicicletas de fibra de carbono empiezan a ser ya una parte importante del mercado, en el caso del voleibol sucede todo lo contrario. No es sino hasta hace relativamente poco que se han empezado a comercializar postes de materiales compuestos, y como hemos podido observar en el estudio de mercado, este sigue en su mayor parte formado por postes hechos mayoritariamente de acero, y en menor medida de aluminio.

## 7.1.2 Propiedades mecánicas de los materiales

Para poder seleccionar un material, hay que conocer sus propiedades mecánicas, ya que estas influirán en la fabricación del poste y en sus características finales. Algunas de las propiedades que hay que tener en cuenta son:

- **DENSIDAD:** esta es la relación entre la masa y el volumen del material y suele ser indicativo de que material es más pesado y por tanto un producto más pesado.
- **MÓDULO DE YOUNG:** caracteriza el comportamiento elástico de un material, es decir, indica su rigidez.
- **LÍMITE ELÁSTICO:** determina la tensión máxima que puede soportar el material sin sufrir deformaciones permanentes.
- **DUCTILIDAD:** determina la capacidad del material para deformarse plásticamente sin romperse bajo un esfuerzo de tracción. Esta propiedad influye principalmente durante la fabricación del poste.
- **DURABILIDAD:** un poste es un artículo que se espera que sea duradero, por lo que habrá que tener en cuenta que este pueda aguantar correctamente factores como la corrosión, y posibles daños estructurales por golpes y caídas.

## 7.1.3 Fabricación del poste

Para saber a los tipos de fabricación que se puede someter un material, primero hay que conocer las propiedades mecánicas de cada material.

### 7.1.3.1 Acero

El acero es una aleación que mezcla hierro con una cantidad variable de carbono de entre

0,03% y 2,14% y a la que se añade otros elementos aleantes tales como cromo, níquel, silicio, vanadio, etc. para lograr obtener mejores características como templabilidad, resistencia mecánica, dureza, resistencia al desgaste, tenacidad, soldabilidad o maquinabilidad.

El acero se utiliza mucho para la fabricación de postes en voleibol, teniendo todas las empresas al menos un par de diseños de poste hechos de este material

### 7.1.3.2 Aluminio

El aluminio (Al), se trata de un metal no ferromagnético. Es el tercer elemento más común encontrado en la corteza terrestre, aunque no suele encontrarse puro. A partir de este material y otros elementos (generalmente cobre, zinc, manganeso, magnesio o silicio) se obtienen las llamadas aleaciones de aluminio, unas aleaciones ligeras, con una densidad mucho menor que los aceros (aunque a mayor coste) y cuyo principal objetivo es mejorar la dureza y resistencia del aluminio puro.

Es un material muy utilizado, sobre todo en los fabricantes de gama media-alta, si bien es cierto que en esta gama todos los fabricantes tienen al menos algún diseño en aluminio.

### 7.1.3.3 Fibra de carbono

La fibra de carbono es una fibra sintética constituida por filamentos de 5 – 10  $\mu\text{m}$  de diámetro y compuesta principalmente por carbono. Cada fibra de carbono es la unión de miles de filamentos de carbono que tiene propiedades mecánicas similares al acero, aunque por su dureza tiene mayor resistencia al impacto, siendo además tan ligera como la madera o el plástico.

La densidad de la fibra de carbono es de 1.750  $\text{kg/m}^3$ . Es conductor eléctrico y de baja conductividad térmica. La fibra de carbono puede ser actualmente el material más complejo para la fabricación de un poste. Dependiendo de cómo se dispongan los hilos se obtiene fibra plana o fibra cruzada, esta ofrecerá diferentes valores en sus propiedades.

El carbono tiene una gran resistencia en la dirección de sus fibras, por lo que si se orientan las fibras en la dirección de las fuerzas a las que será sometido el poste, se consigue una gran resistencia sin necesidad de emplear mucho material, obteniendo de este modo una reducción de peso.

Establecer unas propiedades mecánicas de la fibra de carbono es complejo al no existir unos parámetros fijos y al variar las características según los “aleantes” con los que se combina, pero de forma general se pueden enumerar las siguientes cualidades:

- Muy elevada resistencia mecánica con un módulo de elasticidad elevado.
- Baja densidad en comparación con otros materiales como el acero.
- Elevado precio de producción.
- Resistencia a agentes externos.

Las razones del elevado precio de los materiales realizados con fibra de carbono se deben a varios factores:

- Ésta es una fibra sintética que requiere un caro y largo proceso de producción.
- El uso de materiales termoestables dificulta el proceso de creación de la pieza final, ya que se requiere de un complejo utillaje especializado, como un horno autoclave.

### 7.1.3.4 Fibra de vidrio

La fibra de vidrio es un material que consta de numerosos filamentos poliméricos basados en dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) extremadamente finos. Se suele comparar esta a la fibra de carbono, al ser ambas fibras.

La principal ventaja que presenta la fibra de vidrio frente a la de carbono es su menor precio. Esta ventaja se ve contrarrestada por su menor resistencia y mayor peso. En nuestro caso, la fibra de vidrio puede resultar un material interesante, al ser nuestro objetivo el conseguir un poste que no sea caro pero que al mismo tiempo sea ligero.

### 7.1.4 Selección del material definitivo

Tras analizar los diferentes materiales disponibles en el mercado para realizar nuestro diseño, se decide utilizar fibra de vidrio. Esto se debe a que en nuestro caso es un material mucho más ligero que el aluminio o interesante ya que al ser nuestro objetivo es conseguir un poste que no sea caro pero que al mismo tiempo sea ligero, la fibra de vidrio es perfecta para ello.

Debido al encarecimiento que supone el procedimiento de soldadura en los materiales de fibras, se decide utilizar aluminio para el resto de elementos estructurales del poste (las partes móviles del gancho y la carraca). En concreto, se decide por utilizar aluminio de la serie 6000.

Esta serie de aluminios es una de las más comunes para uso general, especialmente en estructuras de alta resistencia que requieran un buen comportamiento frente a la corrosión, debido a sus buenas propiedades mecánicas y buena soldabilidad.

Debido a que la fibra de vidrio es un material no utilizado antes en este tipo de productos, se decide que paralelamente se desarrollará y estudiará realizar el modelo por completo en aluminio 6000.

## 7.1.5 Selección del proceso de fabricación

Una vez elegido el material, prosigue elegir el método de fabricación que se va a utilizar. En nuestro caso, al existir dos materiales, se estudiarán por separado los métodos de producción de cada uno.

Para el caso del poste de fibra de vidrio, se decide realizar el tubo mediante el proceso de pultruido, el cual permite realizar tubos de forma continua. Se elige este proceso de fabricación ya que permite obtener un buen acabado superficial al mismo tiempo que una alta resistencia y rigidez.

La pultrusión es un proceso productivo de conformado de materiales plásticos termo rígidos para obtener perfiles de forma continua, sometiendo las materias primas (fibras impregnadas en resinas) a un arrastre y parado con operaciones de impregnado, conformado, curado y corte. Este proceso se caracteriza por un buen acabado superficial, y la ventaja de obtener productos de alta rigidez y consistencia, con versatilidad de formas, una alta velocidad de producción y la posibilidad de obtener grandes longitudes.

Para el caso de las partes de aluminio, se decide usar el método de extrusión para obtener las piezas, y unir estas por soldadura TIG.

La extrusión en prensa es un procedimiento de conformación por deformación plástica, que consiste en moldear un metal, en caliente o frío, por compresión en un recipiente obturado en un extremo con una matriz o hilera que presenta un orificio con las dimensiones aproximadas del producto que se desea obtener y por el otro extremo un disco macizo, llamado disco de presión.

La soldadura TIG es un proceso que proporciona una soldadura más fuerte, más resistente a la corrosión y más dúctil, sirve para soldar metales de espesor delgado y no hay necesidad de limpiar después de soldar la pieza.

En el caso del modelo completo de aluminio, el poste también se obtendrá mediante extrusión.

## 7.2 ESQUEMA DE DESMONTAJE DEL PRODUCTO

En este apartado se exponen los esquemas de desmontaje del producto. En nuestro caso se realizarán dos esquemas de desmontaje, uno para cada poste realizado. Con estos esquemas se definirán las marcas de cada uno de los elementos que componen los conjuntos, un posible orden de montaje y el orden de importancia con relación al conjunto, subconjunto y pieza.

### 7.2.1 Esquema de desmontaje del Poste A

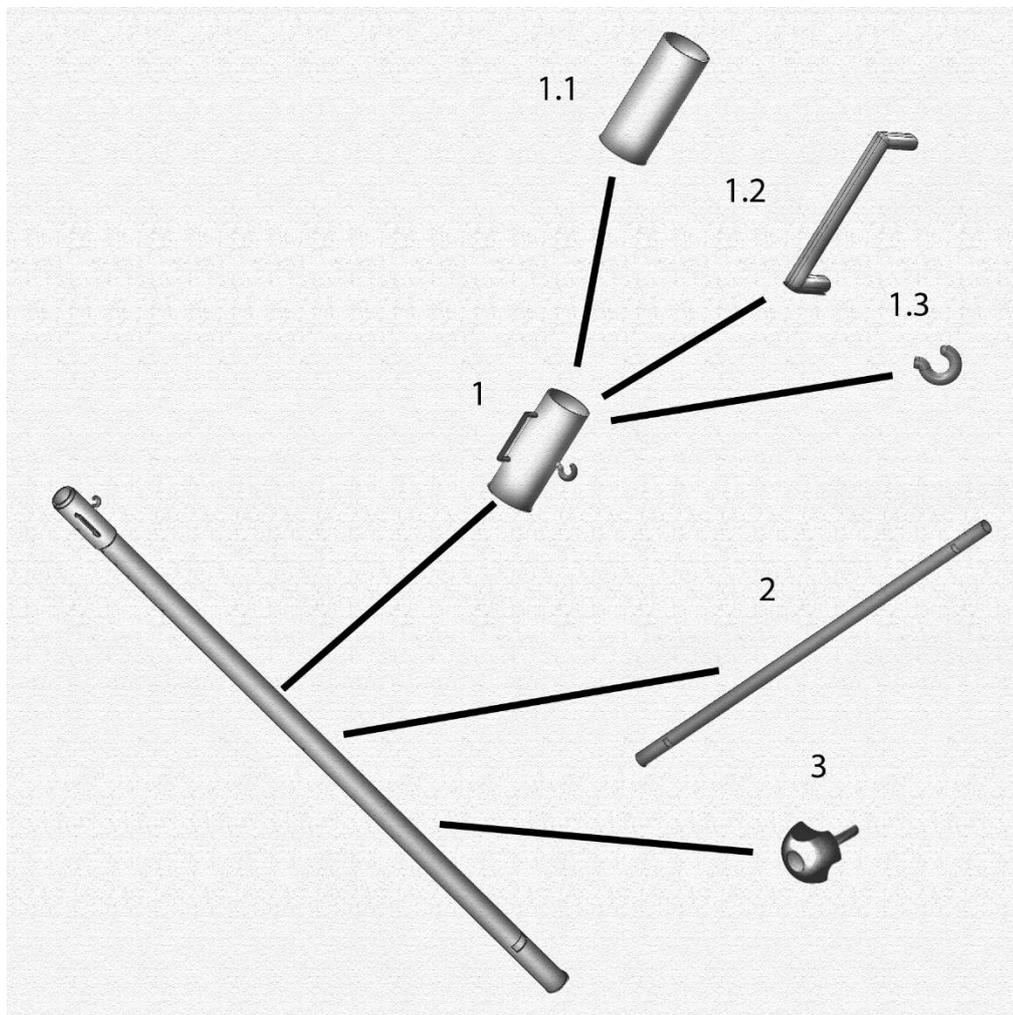


Figura 4 Esquema de desmontaje del poste A

## 7.2.2 Esquema de desmontaje del Poste B

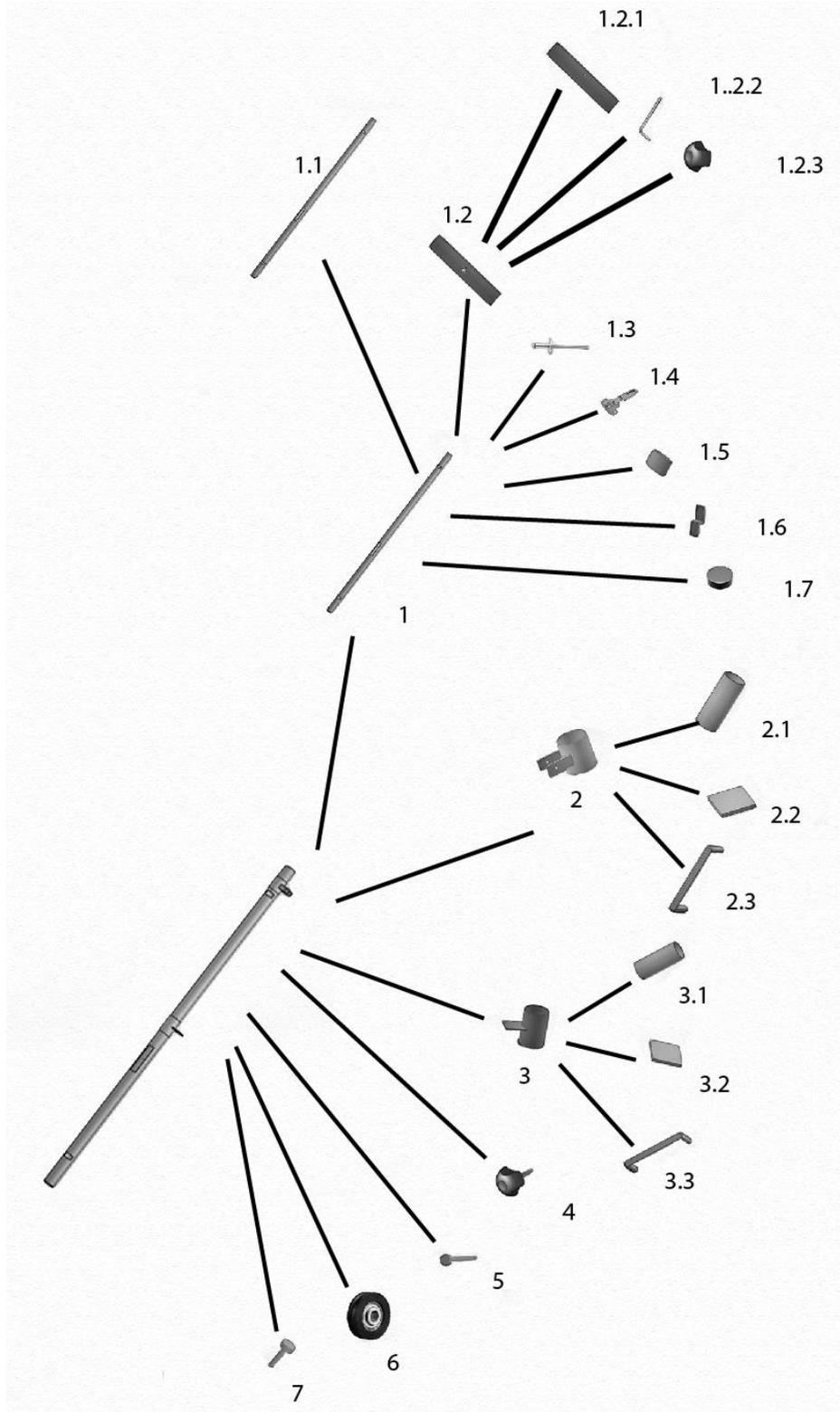
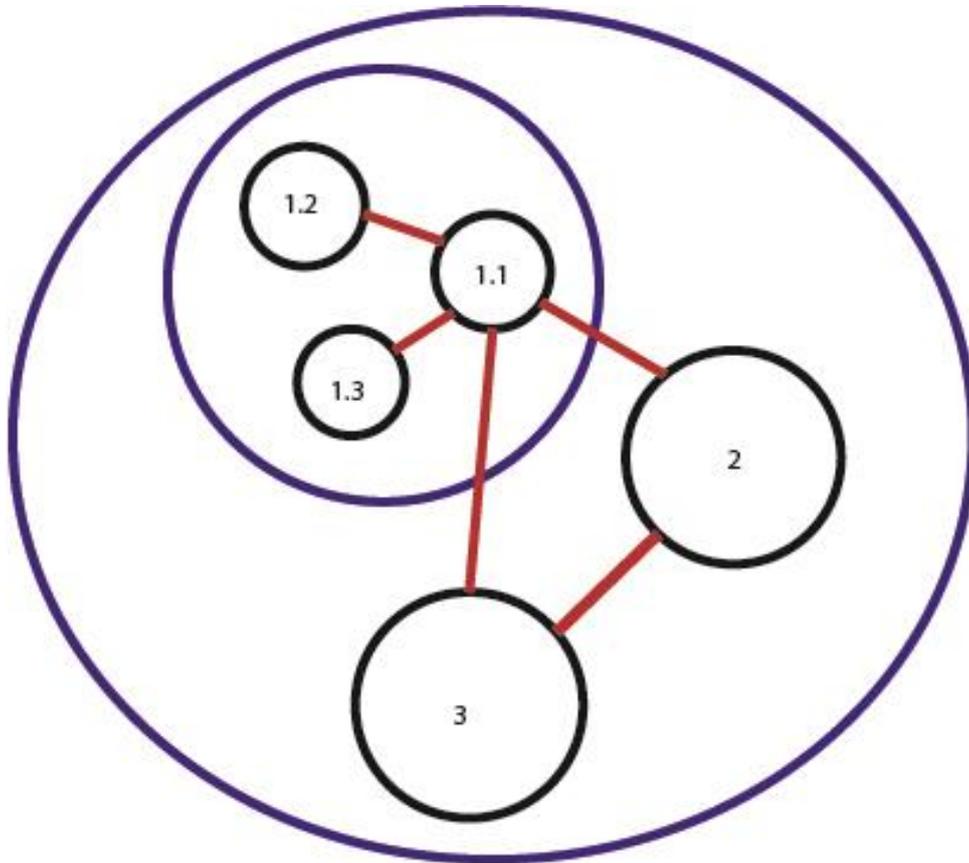


Figura 5 Esquema de desmontaje del Poste B

## 7.3 DIAGRAMA SISTÉMICO DEL PRODUCTO

A continuación se pueden observar los diagramas sistémicos pertenecientes a los diferentes productos a desarrollar. Estos diagramas se han desarrollado a partir de los esquemas de desmontaje que se han mostrado en el apartado 7.2.

### 7.3.1 Diagrama sistémico del Poste A



*Figura 6 Diagrama sistémico del Poste A*

### 7.3.2 Diagrama sistémico del Poste B

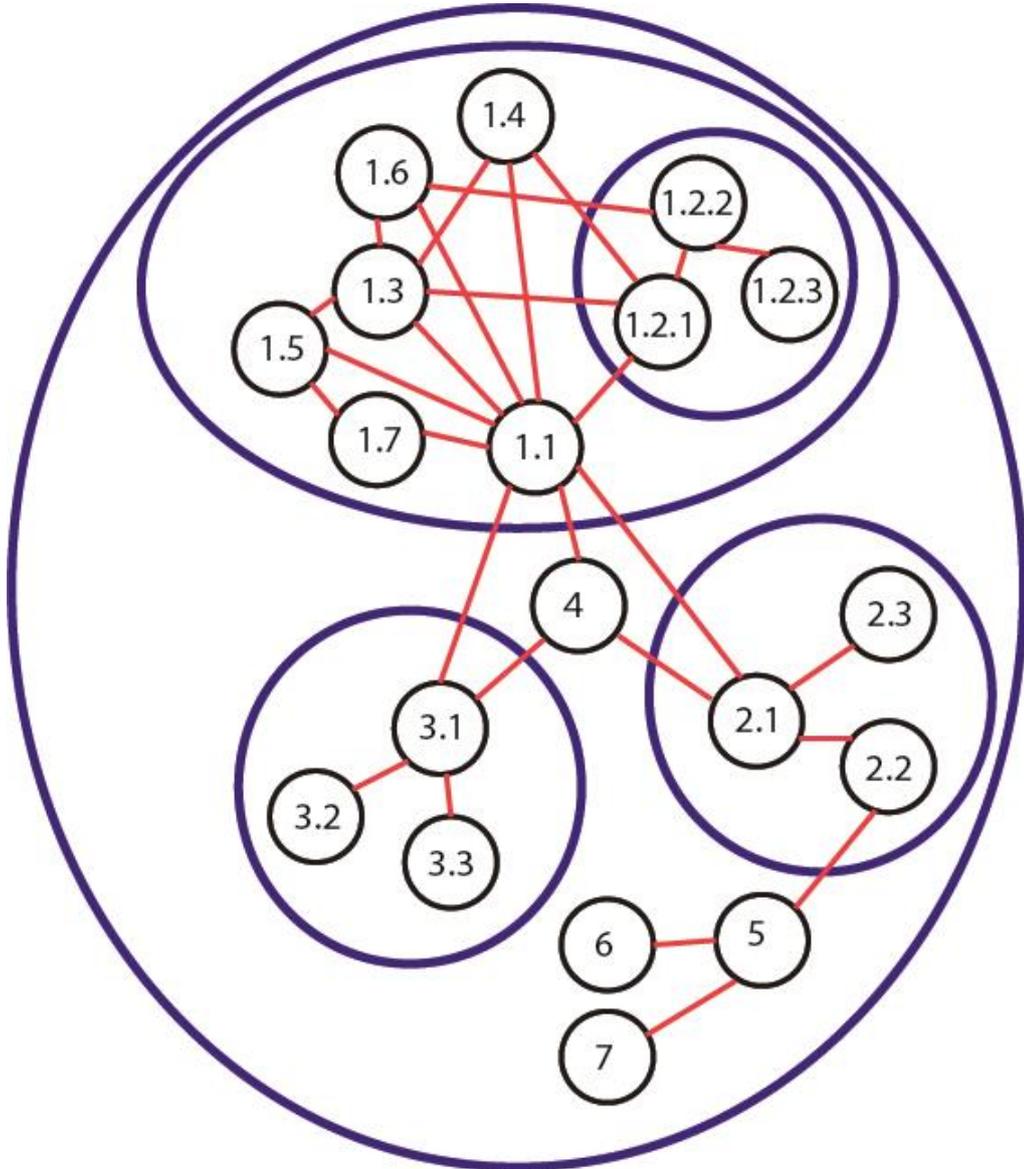


Figura 7 Diagrama sistémico del Poste B

## 7.4 ESTUDIO ANTROPOMÉTRICO DE LA POBLACIÓN

Para que el dimensionado del diseño del poste resulte ergonómico, se utilizarán los datos antropométricos de población adulta de la altura y la anchura de la mano. El diseño se realizará tomando en cuenta los valores medios, ya que nuestro diseño puede ser utilizado tanto por los deportistas como por el personal responsable del lugar en el que vaya a montarse el poste. Los datos utilizados son datos antropométricos de la población laboral española de diciembre 1996 (corregidos en octubre 1999)<sup>referencia</sup>.

Siguiendo estos datos, tendríamos que La altura media de nuestra población objetivo es 1663 mm y la anchura de su mano es 20 mm, y que su altura del codo es de 1000 mm

Para la realización de los mangos del diseño, se tendrá en cuenta el artículo de MATEC “Hand tool handle design based on hand measurements“ <sup>referencia</sup>, en el cual se aconseja que el grosor del mango sea de entre 25 y 50 mm y que la longitud de este sea de al menos 100 mm.

## 7.5 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

En este apartado se mostrarán los resultados obtenidos de los análisis estructurales realizados para comprobar si el producto resiste ante la carga establecida por la norma. Para poder analizar con mayor precisión el comportamiento del proyecto, se analizarán los componentes por separado, y se realizará el análisis para el material con fibra de vidrio y hecho todo de aluminio. La fuerza aplicada será por regla general de 1740 N.

La fibra de vidrio con la que trabajaremos tiene un límite elástico en el eje longitudinal de 51 MPa, mientras que el aluminio que gastaremos tiene un límite elástico de 273 MPa.

El análisis estructural se realizará con el software ANSYS Workbench en la versión de estudiante

### 7.5.1 Análisis estructural del modelo de fibra de vidrio

El resultado del análisis de esta propuesta es desfavorable. Incluso reforzando el diseño con un tubo principal más grueso los valores de tensiones sobrepasan los de

la tensión de rotura. Por otro lado se observa que el problema no es solo los altos valores tensionales, sino la alta deformación que sufre el modelo. Esto provocaría en nuestro caso que el uso del producto no fuera, al ser una de las características más importantes de un poste de voleibol el poder regular la red con precisión y seguridad.

En la imagen a continuación se puede observar las altas tensiones que se obtienen en el poste, mucho más superiores al límite obtenido del material (51 MPa). Estos resultados nos hacen rechazar a efectos de este proyecto el material de la fibra de vidrio.

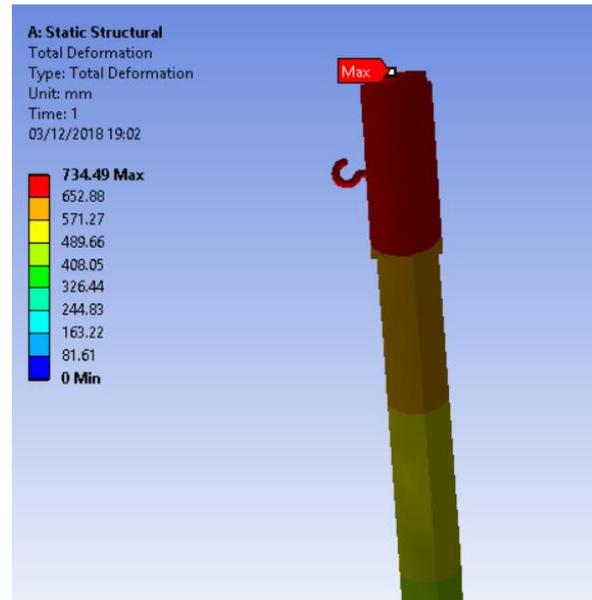


Figura 8. Resultado análisis de deformación total para el poste de fibra de vidrio

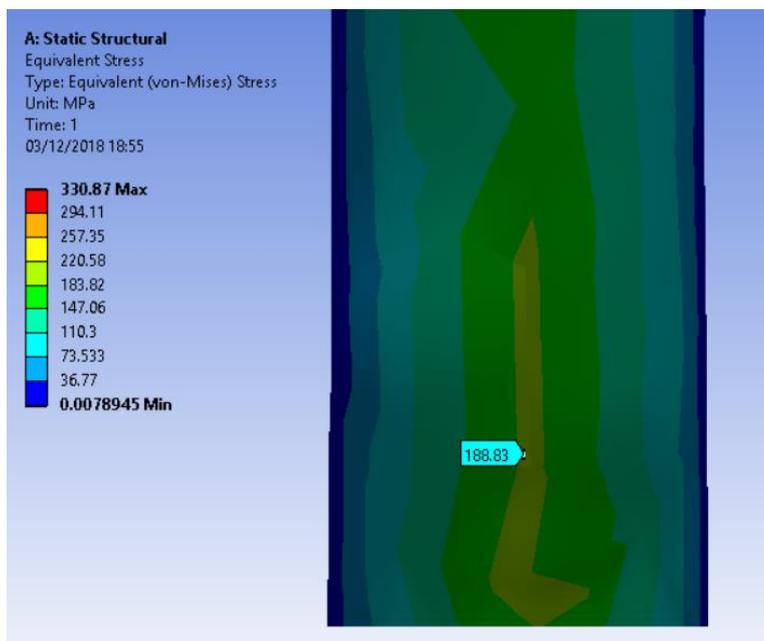


Figura 9. Resultado análisis Von-Mises para el poste de fibra de vidrio

## 7.5.2 Análisis estructural del modelo de aluminio

En este apartado se analizará por separado los diferentes conjuntos del modelo de aluminio con el fin de encontrar posibles debilidades en la estructura.

## 7.5.2.1 Anàlisis del Poste A

En nuestro modelo el Poste A posee una estructura en un principio más robusta comparada con el Poste B, pero aun así se realizará el análisis de este para comprobar y buscar zonas débiles en el diseño.

### 7.5.2.1.1 Anàlisis del tubo principal

En primer lugar definimos el ensayo estructural. Establecemos como fixed support la base del poste, y aplicamos la fuerza como se establece según normativa (a la altura máxima a la que se puede regular el poste), la cual en nuestro caso es 2,43 m.

Lo primero que observamos al realizar el análisis, es que tal y como hemos planteado la pieza el asa inferior que hemos diseñado haciendo un orificio en el poste sufre de concentraciones de carga que hacen que esa zona tenga tensiones muy superiores a los que soporta el material, llegando a sobrepasar los 800 MPa.

Se rediseña el tubo, redondeando el asa para evitar puntos de concentraciones de tensiones, y se incrementa el grosor del tubo para darle mayor rigidez, pero aun así se observa que la zona sigue dando valores de tensiones muy altos y se decide descartar el asa inferior.

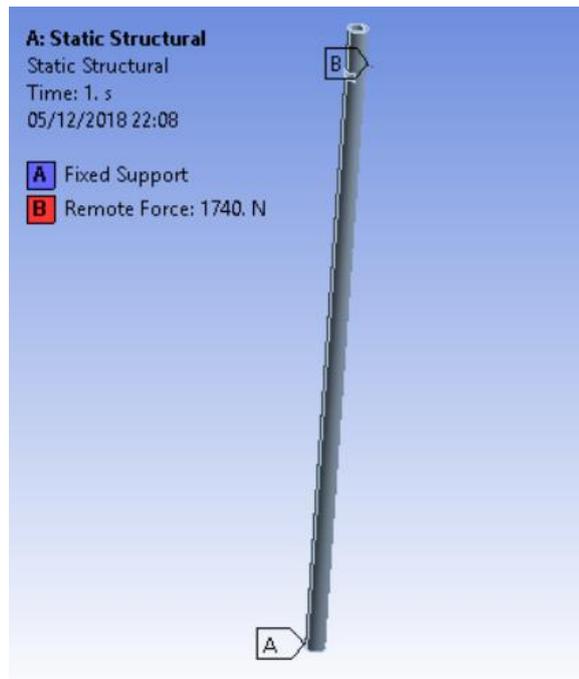


Figura 10 Condiciones del análisis del tubo principal

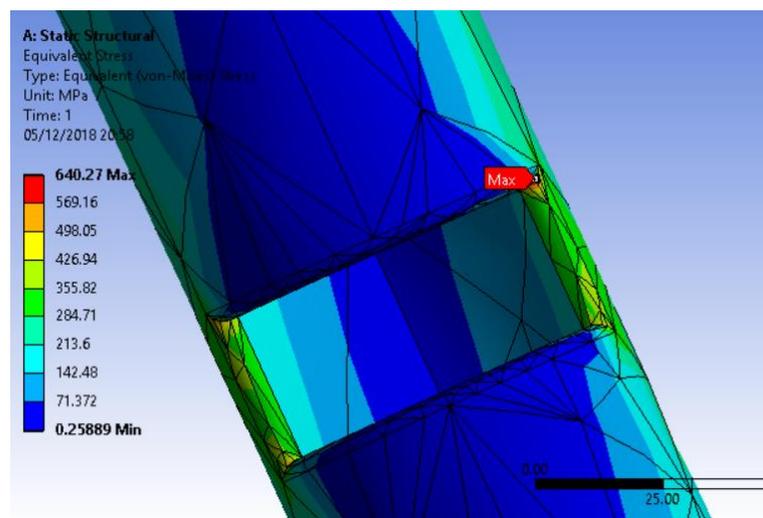


Figura 11 Resultado del análisis de tensiones en la zona del asa

Una vez removida el asa, conseguimos un resultado de tensiones significativamente más bajas, pero el primer ensayo nos da como resultado una concentración de tensiones excesivamente elevada (superior a los 300 MPa) en los agujeros que se le han hecho al poste para regular su altura. Se decide arreglar esta concentración de cargas redondeando los agujeros, con un resultado positivo.

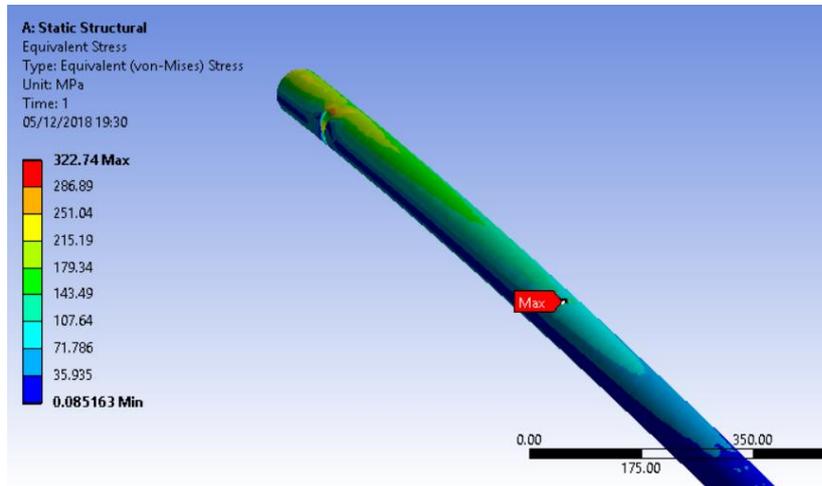


Figura 12 Resultado del segundo análisis de tensiones sobre el tubo

A continuación se pueden observar las figuras con los resultados del análisis con el software. Por un lado se consigue que las tensiones del tubo se mantengan por debajo de los 220 MPa. Hay que recordar que las fuerzas aplicadas al

tubo en este ensayo no son a las que de normal va a ser sometido, aplicando la norma un coeficiente de seguridad del 10% sobre la fuerza aplicada.

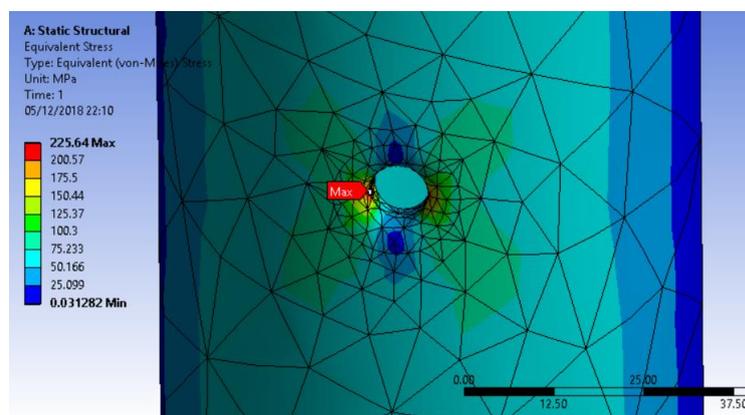


Figura 13 Análisis de tensiones en la zona más débil del modelo

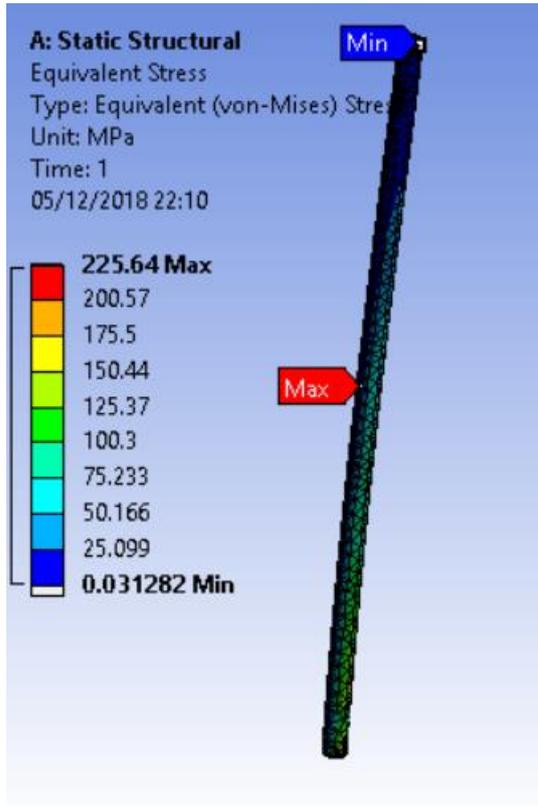


Figura 14 Imagen general del resultado del análisis de tensiones

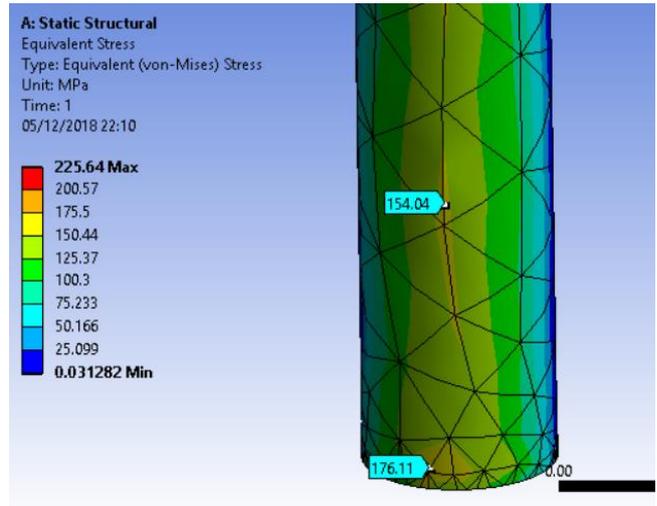


Figura 15 Análisis de tensiones en la zona inferior del modelo

Finalmente realizamos el estudio de las deformaciones resultantes de la fuerza a la que se somete el tubo, ofreciendo como resultado una deformación máxima de 124 mm.

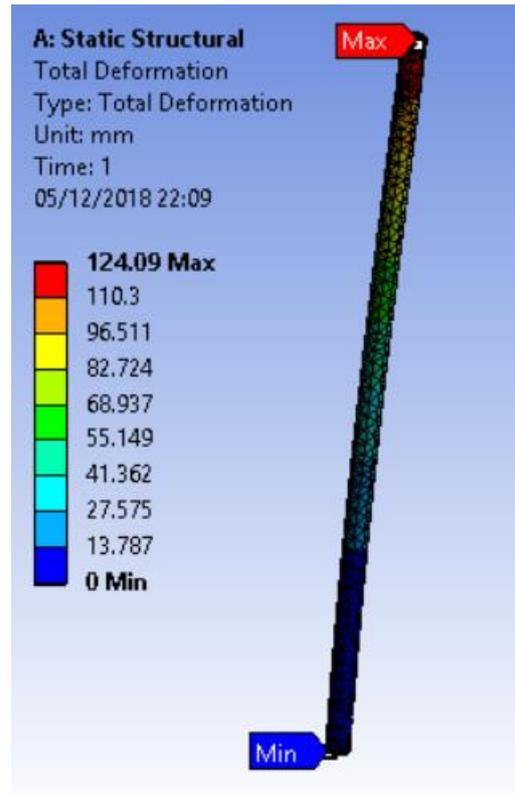


Figura 16 Análisis de la deformación del tubo

### 7.5.2.1.2 Análisis del subconjunto 1

Seguidamente se procede a analizar el subconjunto 1 del poste A. Se realiza este análisis para comprobar la respuesta y resistencia del gancho que posee este subconjunto, al considerarlo un elemento sobre el cual se someterá la fuerza de la tensión de la red directamente. En el ensayo se fija la cara interior del poste (la cual estaría en contacto con el tubo principal) y el orificio por el cual se ajusta la altura del subconjunto. La fuerza se aplica sobre el gancho.

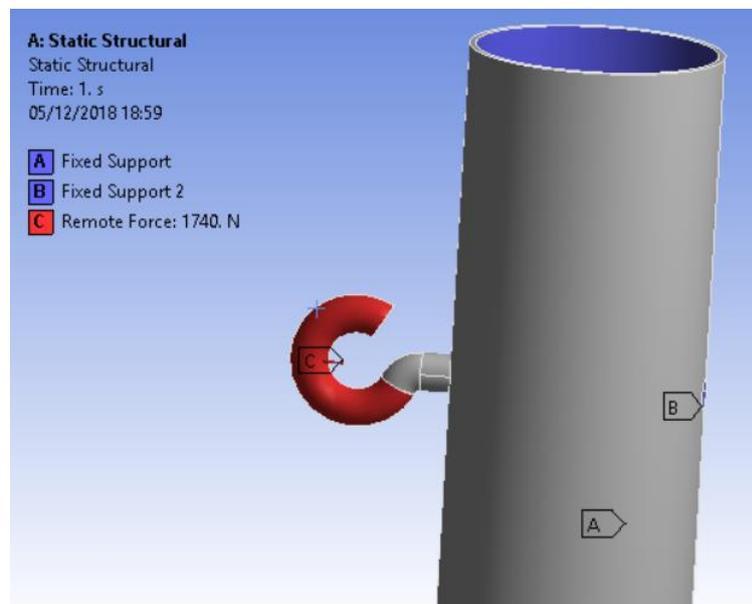


Figura 17 Condiciones iniciales del ensayo

El resultado del análisis es satisfactorio, encontrando que las tensiones a las que está sometido el subconjunto no superan los 200 MPa.

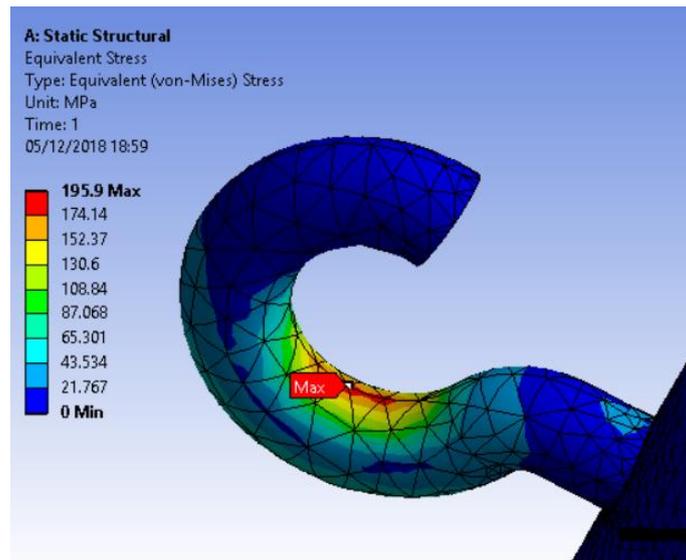


Figura 18 Resultado del análisis de tensiones en la zona del gancho

## 7.5.2.2 Análisis del Poste B

Una vez comprobado que el Poste A supera el análisis estructural, es el turno de analizar el Poste B. A este Poste se le han hecho más agujeros y su estructura es en un principio menos robusta que la del Poste A, por lo que será la prueba final de que el modelo supera el análisis estructural.

### 7.5.2.2.1 Análisis del tubo principal

Las condiciones del análisis estructural a las que será sometido el tubo serán las mismas que en apartado 7.5.2.1.1. El resultado del análisis es satisfactorio, ya que como se puede ver en las figuras a continuación el tubo soporta perfectamente los esfuerzos a los que es sometido en el análisis. El valor máximo de tensión obtenido es de 220 MPa, y el de deformación es de 125 mm. Ambos son resultado muy parecidos a los obtenidos al realizar el análisis en el tubo anterior (ver apartado 7.5.2.1.1), por lo cual se puede extraer del análisis que el impacto que provocan los cambios que existen entre los diferentes tubos no tienen consecuencias mayores en el comportamiento de estos al someterlos al ensayo.

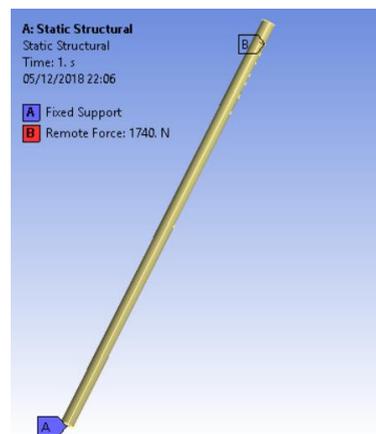


Figura 19 Condiciones iniciales del análisis

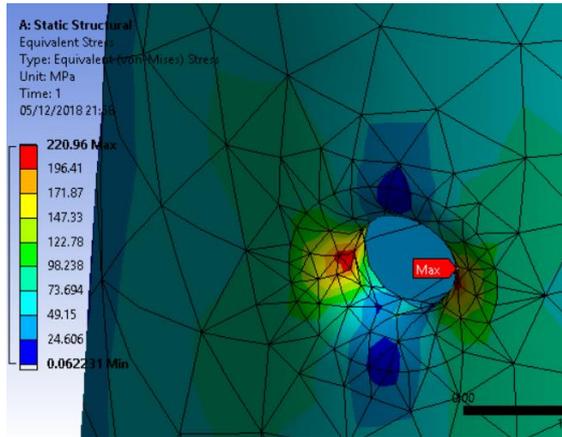


Figura 20 Resultado del análisis de tensiones en la zona de máxima tensión

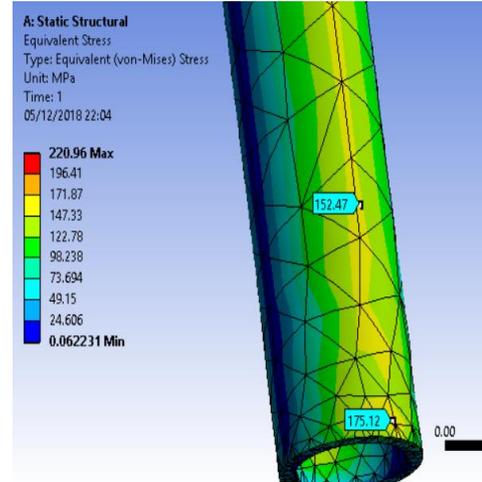


Figura 21 Resultado del análisis en la zona inferior

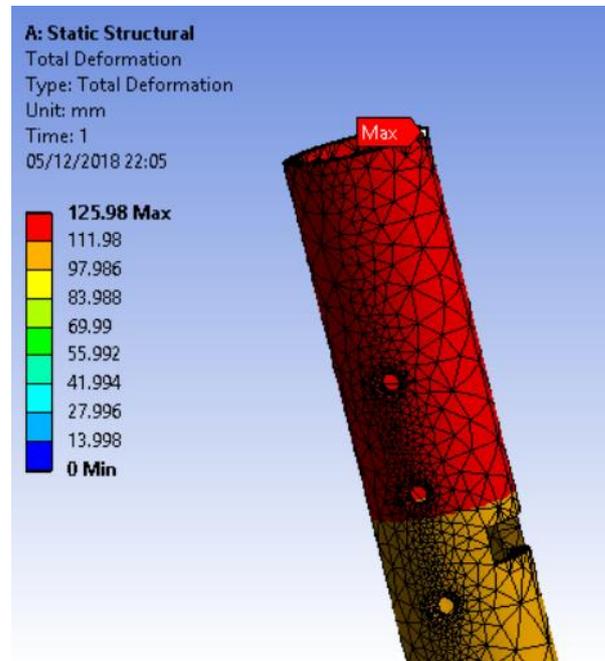


Figura 22 Resultado del análisis de deformación

### 7.5.2.1.2 Análisis del subconjunto 3

Finalmente, se realiza el mismo análisis para el subconjunto 3. Este subconjunto es en el cual se añadirá la carraca con la que se tensará la red, por lo que es conveniente realizar un estudio sobre cómo responderá a este esfuerzo.

Las condiciones iniciales son las de fixed supports en la zona del interior del subconjunto y en el agujero de este. La magnitud de la fuerza es la misma que en los ensayos anteriores (1740 N).

Los resultados del análisis muestran que el subconjunto soporta sin problemas las cargas a las que se le somete, alcanzando en su punto máximo una tensión de 136 MPa.

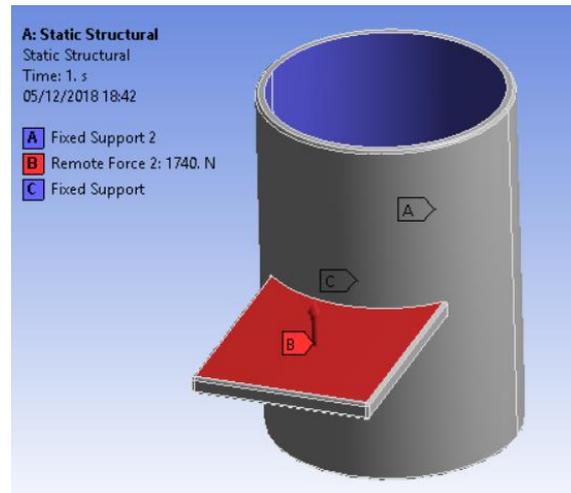


Figura 23 Condiciones iniciales del análisis

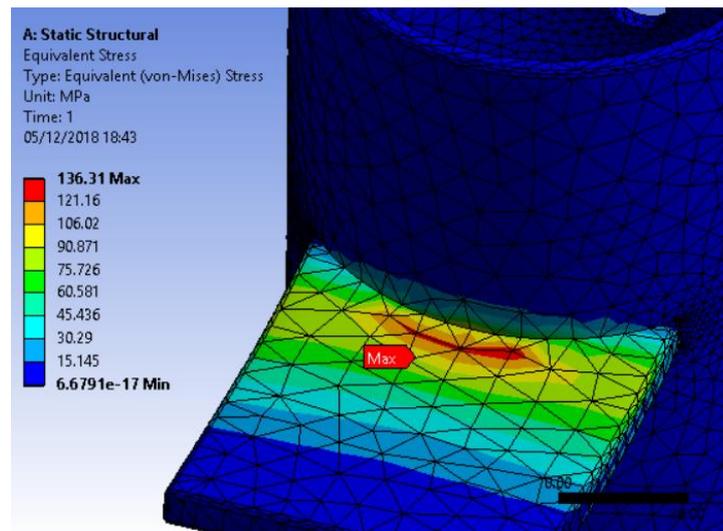


Figura 24 Resultado del análisis de tensiones en la zona de mayor tensión

### 7.5.2.3 Conclusiones del análisis estructural

Después de realizar el análisis estructural sobre el modelo, se concluye que el agujero que se había propuesto no es viable en un principio, y que es necesario incrementar el grosor del modelo, siendo el grosor estimado final de 8 mm.

## 8. CONCLUSIONES

A continuaci3n, se analizará el resultado final del modelo propuesto, realizando una valoraci3n crítica de los resultados obtenidos y aportando propuestas de mejora para futuras fases o rediseños del modelo.

### 8.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MODELO PROPUESTO

El poste propuesto se ha diseñado para que transportabilidad, la usabilidad y el montaje de este sea el mejor posible. El peso final del poste B es de 12,5 Kg y el del poste A de 12 Kg. Se ha conseguido un diseño ligero y se ha mejorado la ergonomía del poste.

### 8.2 PROPUESTAS DE MEJORA

En todo proyecto realizado bajo unas limitaciones, siempre puede haber ciertos aspectos que se pueden mejorar ampliando estos límites o por la posible mejora futura de algùn complemento utilizado.

Un aspecto que no se ha tenido en cuenta en el diseño del poste es la posibilidad de incorporar refuerzos internos a la estructura interior del poste, al igual que la posibilidad de utilizar un perfil elíptico en vez de puramente circular. Sería interesante estudiar sería viable ańadir refuerzos al poste para que la estructura fuera factible realizarla por fibra de vidrio.