



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

# *ESTUDIO Y PROPUESTA PARA EL REESTYLING DE UNA MOTOCICLETA ANTIGUA*

---

**MEMORIA PRESENTADA POR:**

*D. Cristóbal Vera Abellán*

**TUTOR/A:**

*Dr. Néstor Montañes Muñoz*

*Dr. Luis Quiles Carrillo*

GRADO DE INGENIERÍA MECÁNICA

Convocatoria de defensa: JULIO 2021

# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

## ESCUELA POLITÈCNICA SUPERIOR DE ALCOY



### GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

“Formato y contenidos de Trabajo  
fin de Grado en el Curso 2020-21”

**Autor:**

D. Cristóbal Vera Abellán

**Dirigido por:**

Dr. Néstor Montañes Muñoz

Dr. Luis Jesús Quiles Carrillo

**Julio 2021**



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI



# RESUMEN

## “ESTUDIO Y PROPUESTAS PARA EL REESTYLING DE UNA MOTOCICLETA ANTIGUA”

El presente proyecto se centra en el estudio y análisis de posibles alternativas para el reestyling de una motocicleta del año 1997. El objetivo es modificar tanto sus líneas de diseño, como los materiales originales, actualmente obsoletos y poco eficientes, elaborando propuestas para algunos de sus componentes en las que las líneas de diseño sean más actuales y eficientes, y los materiales más ligeros y resistentes, tratando al mismo tiempo de mejorar el comportamiento aerodinámico de la motocicleta, con el fin de lograr un mayor rendimiento del vehículo.

En concreto los componentes de esta motocicleta sobre los que se trabajará serán el asiento y el chasis. Se realizará un pre-diseño CAD de estas piezas. Se analizará y optimizará la geometría de estos componentes con el objetivo descrito de hacerlos más eficientes. Se determinarán los materiales más adecuados para estas piezas desarrollando un completo proceso de Selección de Materiales. Se establecerán las condiciones de anclaje y los estados tensionales, teniendo en consideración los niveles de seguridad definidos en las normativas de aplicación. Se efectuarán comparativas entre las piezas originales y las rediseñadas, mediante simulaciones, utilizando el método de los elementos finitos (FEM), con el fin de validar las nuevas propuestas. Por último, se llevará a cabo un estudio de fabricación, y un análisis de costes de las propuestas elaboradas en el proyecto.

**Palabras clave:** Reestyling, diseño, motocicleta, método de los elementos finitos.



# SUMMARY

## **“STUDY AND PROPOSALS FOR THE RESTYLING OF AN OLD MOTORBIKE”**

This project focuses on the study and analysis of possible alternatives for the restyling of a 1997 motorbike. The aim is to modify both its design lines and the original materials, which are currently obsolete and inefficient, developing proposals for some of its components in which the design lines are more modern and efficient, and the materials are lighter and more resistant, while at the same time trying to improve the aerodynamic behaviour of the motorbike, in order to achieve greater vehicle performance.

Specifically, the components of this motorbike that will be worked on will be the seat and the chassis. A CAD pre-design of these parts will be carried out. The geometry of these components will be analysed and optimised with the aim of making them more efficient. The most suitable materials for these parts will be determined by developing a complete Material Selection process. The anchoring conditions and stress states will be established, taking into consideration the safety levels defined in the applicable regulations. Comparisons will be made between the original parts and the redesigned ones, by means of simulations, using the finite element method (FEM), in order to validate the new proposals. Finally, a manufacturing study and a cost analysis of the proposals developed in the project will be carried out.

**Keywords:** Restyling, design, motorbike, finite element method.



# RESUM

## “ESTUDI I PROPOSTES PER AL REESTYLING D'UNA MOTOCICLETA ANTIGA”

El present projecte se centra en l'estudi i anàlisi de possibles alternatives per al reestyling d'una motocicleta de l'any 1997. L'objectiu és modificar tant les seues línies de disseny, com els materials originals, actualment obsolets i poc eficients, elaborant proposades per a alguns dels seus components en les quals les línies de disseny siguen més actuals i eficients, i els materials més lleugers i resistents, tractant al mateix temps de millorar el comportament aerodinàmic de la motocicleta, amb la finalitat d'aconseguir un major rendiment del vehicle.

En concret els components d'aquesta motocicleta sobre els quals es treballarà seran el seient i el xassís. Es realitzarà un pre-disseny CAD d'aquestes peces. S'analitzarà i optimitzarà la geometria d'aquests components amb l'objectiu descrit de fer-los més eficients. Es determinaran els materials més adequats per a aquestes peces desenvolupant un complet procés de Selecció de Materials. S'establiran les condicions d'ancoratge i els estats tensionals, tenint en consideració els nivells de seguretat definits en les normatives d'aplicació. S'efectuaran comparatives entre les peces originals i les redissenyades, mitjançant simulacions, utilitzant el mètode dels elements finits (FEM), amb la finalitat de validar les noves propostes. Finalment, es durà a terme un estudi de fabricació, i una anàlisi de costos de les propostes elaborades en el projecte.

**Paraules clau:** Reestyling, disseny, motocicleta, mètode dels elements finits.



# ÍNDICE

RESUMEN.....	3
SUMMARY .....	5
RESUM .....	7
ABREVIATURAS.....	11
LISTADO DE FIGURAS .....	13
LISTADO DE TABLAS .....	17
I.INTRODUCCIÓN.....	19
I.1. ANTECEDENTES .....	21
Resumen cronológico.....	26
Posición del piloto.....	27
CAFÉ RACER.....	30
I.2. JUSTIFICACIÓN ELECCIÓN DE LAS PIEZAS .....	35
II. OBJETIVOS .....	37
II.1. OBJETIVO GENERAL.....	39
II.2. OBJETIVOS PARTICULARES. ....	39
III. DESARROLLO PROYECTO .....	41
III.1. DISEÑO INICIAL PROTOTIPOS. ....	43
ASIENTO.....	43
Subchasis .....	50
III.2. ESTUDIO Y DEFINICIÓN DE ESTADOS TENSIONALES.....	59
III.3. SELECCIÓN DE MATERIALES.....	61
ASIENTO.....	61
III.4. ESTUDIO Y DEFINICIÓN DE CONDICIONES DE CONTORNO.....	75
ASIENTO.....	75
SUBCHASIS.....	76
III.5. SIMULACIÓN MEDIANTE FEM. ....	79
ASIENTO.....	79
SUBCHASIS.....	87
III.6. DISEÑO FINAL.....	95
ASIENTO.....	95
SUBCHASIS.....	96

<b>III.8. FABRICACIÓN</b> .....	101
<b>ASIENTO</b> .....	101
<b>SUBCHASIS</b> .....	106
<b>III.8. ESTUDIO ECONÓMICO</b> .....	109
<b>ASIENTO</b> .....	109
<b>SUBCHASIS</b> .....	110
<b>IV. APÉNDICES</b> .....	115
<b>IV.1. NORMATIVA</b> .....	117
<b>IV.2. PLANOS ACOTADOS</b> .....	119
<b>IV.4. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	0

# ABREVIATURAS

Al	Aluminio.
D <sub>EXT</sub>	Diámetro exterior.
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono.
E.E.E.	Espacio Económico Europeo.
€	Euros.
Ft	Flujo de caja.
°C	Grados centígrados.
g	Gramos.
GFRP	Material compuesto de epoxi con fibra de vidrio.
Fe	Hierro.
I <sub>o</sub>	Inversión inicial.
Kg	Kilogramo.
K	Tipo de interés exigido.
FEM	Método de elementos finitos.
CFRP	Material compuesto de epoxi con fibra de carbono.
m <sup>3</sup>	Metros cúbicos.
Mg	Magnesio.
Mn	Manganeso.
mm	Milímetros.
ml	Mililitros.
N	Newtons.

UNE.EN	Norma Española con procedencia europea.
ISO	Norma Internacional.
n	Número del periodo.
PC	Policarbonato.
Si	Silicio.
3d	Tres dimensiones.
TIR	Tasa Interna de Retorno.
VAN	Valor Actual Neto.
VARTM	Moldeo por transferencia de resina por vacío.
Zn	Zinc.

# LISTADO DE FIGURAS

Ilustración 1. Sylvester Howard Roper.....	21
Ilustración 2. Motocicleta de madera.....	23
Ilustración 3. Triciclo de Karl Benz. ....	24
Ilustración 4. Primera motocicleta fabricada en serie. ....	25
Ilustración 5. Motocyclette Werner.....	25
Ilustración 6. Representación de posición estandar sobre la motocicleta. ....	27
Ilustración 7. Representación del avance en el diseño de las motocicletas. ....	28
Ilustración 8. a) Representación de la posición crucero. b) Grados desde el eje vertical desde la posición de la cabeza y los pies del piloto. ....	29
Ilustración 9. a) Representación e la posición deportiva. b) Grados desde el eje vertical de la cabeza del piloto y sus pies.....	29
Ilustración 10. Joven británico en una cafetería representando el movimiento café racer. ....	30
Ilustración 11. Motocicleta icónica de las café racer, triton.....	31
Ilustración 12. Triumph Bonneville, diseñada por sus fabricantes con líneas de café racer. ....	32
Ilustración 13. a) Modelo de Moto Guzzi con estética de café racer. b) Modelo de Harley Davidson con estética de café racer. ....	32
Ilustración 14. Motocicleta del año 2021 fabricada con una estética ambientada en las café racer.33	
Ilustración 15. Motocicleta BMW K100 , a la izquierda el antes y a la derecha el después de su remodelación estética. ....	34
Ilustración 16. a) Puntos de apoyo de la superficie del asiento sobre la motocicleta. b) Punto de anclaje en la posición frontal del asiento. ....	43
Ilustración 17. Croquis para el diseño de la pieza en Solidworks, en cm. ....	44
Ilustración 18. Función de extrusión.....	45
Ilustración 19. a) Visión frontal de la pieza diseñada en 3 dimensiones, con líneas de partición. b) Vista en planta de la pieza en 3 dimensiones con sus líneas de partición.....	45
Ilustración 20. Vista global de la pieza en 3 dimensiones.....	46
Ilustración 21. Propiedades Asiento original. ....	46
Ilustración 22. Asiento de referencia para nuestro diseño.....	47
Ilustración 23. a) Croquis de la pieza en Solidworks. b) Función de extrusión.....	47
Ilustración 24. a) Parte frontal de la pieza con sus líneas finales de diseño. b) Parte horizontal de la nueva pieza con sus líneas finales de diseño.....	48
Ilustración 25. Vista final de la pieza en 3 dimensiones. ....	48
Ilustración 26. a) Línea de partición sujeción vertical. B) Líneas de partición sujeciones horizontales. ....	49
Ilustración 27. Propiedades físicas prototipo asiento.....	49
Ilustración 28. Chasis de la motocicleta, resaltando el subchasis en rojo y los puntos de anclaje en naranja. ....	50
Ilustración 29. Croquis de diseño para el subchasis, en solidworks. ....	51
Ilustración 30. Función de estrusión.....	51
Ilustración 31. Plano paralelo al plano planta. ....	52
Ilustración 32. Función de vaciado con espesor 2mm.....	52

Ilustración 33. Forma final de la pieza en 3 dimensiones.....	53
Ilustración 34. Líneas de partición para la posterior simulación. ....	53
Ilustración 35. Propiedades físicas subchasis original. ....	54
Ilustración 36. Nuevo diseño de subchasis. ....	54
Ilustración 37. Croquis en solidowrks del nuevo subchasis. ....	55
Ilustración 38. Función de extrusión.....	55
Ilustración 39. Forma final de la pieza en 3 dimensiones.....	56
Ilustración 40. Líneas de partición necesarias para la simulación. ....	56
Ilustración 41. Propiedades físicas de la pieza.....	57
Ilustración 42. Características del Policarbonato.....	61
Ilustración 43. Propiedades mecánicas del Policarbonato. ....	62
Ilustración 44. Propiedades térmicas del Policarbonato. ....	62
Ilustración 45. Propiedades contaminantes de Policarbonato. ....	63
Ilustración 46. Propiedades de durabilidad. ....	64
Ilustración 47. Propiedades mecánicas del cfrp. ....	65
Ilustración 48. Propiedades mecánicas gfrp. ....	66
Ilustración 49. Durabilidad del gfrp frente a gasolinas, aceites y solventes.....	66
Ilustración 50. Propiedades mecánicas del aluminio.....	67
Ilustración 51. Durabilidad del Al frente a gasolinas, aceites y solventes. ....	67
Ilustración 52. Descripción general del acero.....	69
Ilustración 53. Propiedades generales acero.....	69
Ilustración 54. Propiedades mecánicas del acero.....	70
Ilustración 55. Propiedades medioambientales del acero.....	70
Ilustración 56. Propiedades mecánicas titanio. ....	72
Ilustración 57. Durabilidad del titanio frente a gasolinas, aceites y solventes.....	72
Ilustración 58. Sujeción eje vertical para el asiento. ....	75
Ilustración 59. 5 sujeciones traseras para el asiento. ....	76
Ilustración 60. Proceso de soldadura por arco con electrodo revestido. ....	77
Ilustración 61. Boceto del chasis original del proyecto. ....	77
Ilustración 62. Parámetros para simular.....	79
Ilustración 63. A) Geometría fija en la sujeción vertical. B) Geometrías fijas en las sujeciones horizontales. ....	79
Ilustración 64. Fuerza aplicada en Newtons sobre el asiento.....	80
Ilustración 65. Representación y dirección en violeta de la fuerza aplicada. ....	80
Ilustración 66. Malla para discretizar la pieza. ....	81
Ilustración 67. Resultados de tensiones, con escala de colores. ....	81
Ilustración 68. Resultado de desplazamientos, con escala de colores. ....	82
Ilustración 69. Propiedades ortotrópicas.....	83
Ilustración 70. Datos aportados por el modelo de chamis. ....	84
Ilustración 71. Definición material compuesto.....	84
Ilustración 72. Composición de las capas del material para proyecto.....	85
Ilustración 73. Prototipo con todos los parámetros establecidos para poder realizar la simulación. ....	85
Ilustración 74. Resultados de tensiones de la simulación. ....	86
Ilustración 75. Resultados de desplazamientos de la simulación.....	86
Ilustración 76. Opción de análisis estático para la simulación.....	87

Ilustración 77. Párametro de sujeciones para la simulación. ....	88
Ilustración 78. Geometría fija en verde, para simular un análisis estático. ....	89
Ilustración 79.a)Campo para introducir el valor de la fuerza. b)Aplicación vertical de la carga en violeta. ....	89
Ilustración 80. Resultado de tensiones de la simulación. ....	90
Ilustración 81, Representación de desplazamientos de la simulación. ....	91
Ilustración 82. Vista final de la pieza con todos los campos para poder realizar la simulación rellenos como en el apartado anterior. ....	92
Ilustración 83. Representación con colores de las tensiones obtenidas en la pieza, junto con su escala y límite elastico. ....	92
Ilustración 84. Representación de desplazamientos en la simulación. ....	93
Ilustración 85. Forma final del prototipo del asiento tapizado, vista lateral. ....	96
Ilustración 86. Forma final del prototipo del asiento tapizado, vista en planta. ....	96
Ilustración 89. Estado motocicleta antes del Reestyling. ....	98
Ilustración 90. Esta de la motocicleta después del Reestyling. ....	98
Ilustración 93. Evolución del coste frente al número de piezas producidas. ....	102
Ilustración 96. a) Tejido de fibra de carbono. b) Bote de resina epoxi y su reactivo. ....	104
Ilustración 98. Característica medioambientales VARTM.....	105
Ilustración 99. Dimensiones tubo de acero. Ferrospuig. ....	106
Ilustración 100.a) Tubos rectos de acero. B) Tubos de acero curvados. ....	106
ILUSTRACIÓN 101.A) SOLDADORA DE ARCO. B) ELECTRODROS REVESTIDOS DE ACERO INOXIDABLE.....	107



# LISTADO DE TABLAS

Tabla 1.Comparación de características de las 3 opciones seleccionadas. ....	68
Tabla 2. Comparación entre las 3 opciones planteadas para el nuevo subchasis. ....	73
Tabla 3. Croquis de colores usados en el boceto del chasis. ....	77
Tabla 4. Comparativa de las simulaciones y diseños en 3 dimensiones. ....	94
Tabla 5. Ventajas y desventajas VARTM. ....	105
Tabla 6. Coste materias primas prototipo de asiento.....	109
Tabla 7. Utillaje para el prototipo del asiento .....	109
Tabla 8.Maquinaria para el prototipo del asiento .....	110
Tabla 9.Mano de obra para el prototipo del asiento.....	110
Tabla 10.Materia prima para el prototipo del subchasis.....	110
Tabla 11.Utillaje para el proceso de soldadura. ....	111
Tabla 12.Maquinaria para el proceso de soldadura .....	111
Tabla 13. Mano de obra para la fabricación del prototipo del subchasis,.....	111
Tabla 14.TÉRMINOS FÓRMULA VAN.....	112



I.INTRODUCCIÓN

# INTRODUCCIÓN



## I.1. ANTECEDENTES

Para conocer bien el objeto sobre el que trabajar en este proyecto, previamente se debe conocer su historia ya que las motocicletas llevan casi dos siglos en la sociedad y continuamente han ido evolucionando incluso a día de hoy después de tantos años desde su creación.

Lo primero que salta a la vista es que las motocicletas vienen precedidas de otro invento espectacular que son las bicicletas ya que una motocicleta en sus inicios fue una bicicleta a la cual se le aportaba la propiedad de mover a la gente sin tener que realizar ningún esfuerzo, y de ahí surge la idea de querer crear una motocicleta.

Todos los historiadores e investigadores destacan el año de 1867 como el momento de creación o nacimiento de la primera motocicleta siendo el estadounidense Sylvester Howard Roper el creador de la misma.

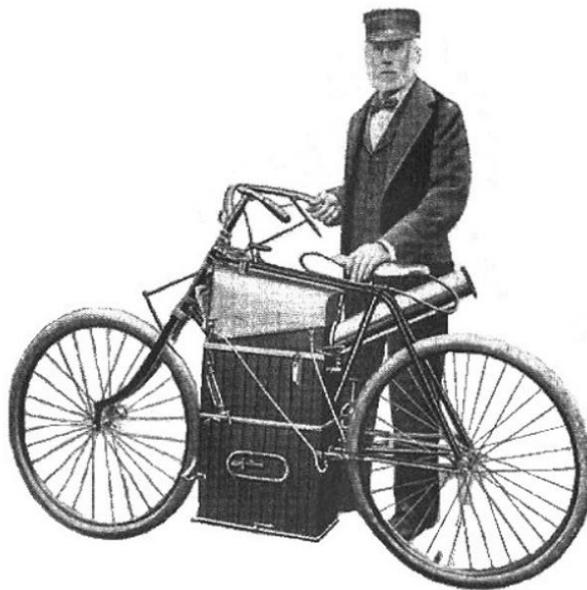


ILUSTRACIÓN 1. SYLVESTER HOWARD ROPER.

Para su creación Sylvester incorporó un motor de vapor con un cilindro a una bicicleta, por lo que aun siendo un motor de vapor, esta

es la señalada como la primera motocicleta, a partir de este momento la motocicleta fue sufriendo diversas mejoras y cambios hasta llegar a lo que se conoce y utiliza hoy en día.

Se va a mostrar los cambios más destacados en esta evolución:

Como ya se ha mencionado la idea de la motocicleta surge de la base de la bicicleta por lo que muchos fabricantes de bicicletas del momento viendo el potencial que tenía o podía llegar a tener la motocicleta decidieron utilizar sus fábricas para abordar ese nuevo descubrimiento, los hermanos Pierre y Ernest Michaux mejoraron el invento inicial de Sylvester pero manteniendo el motor de vapor de un solo cilindro y aportando la potencia que generaba a la rueda trasera mediante una transmisión de correa.

Este proyecto se fue perfeccionando hasta el año 1875 donde se presentó un artefacto de 3 ruedas, un triciclo, capaz de recorrer 60km a una velocidad de 20 km/h.

En el año 1879 se pasa del motor de vapor, por ser poco eficiente, demasiado grande, con continuas roturas y necesidad de mantenimiento permanente, al motor de combustión de hidrógeno y aire, gracias a Giuseppe Murnigotti.

Esta nueva motocicleta constaba de dos ruedas y un motor de 4 tiempos y medio caballo de vapor de potencia, este avance fue patentado por G.Murnigotti siendo esta la primera patente en el campo de las motocicletas, no se sabe qué forma final hubiese tenido ya que nunca se llegó a construir.

En el año 1885 dos alemanes Wilhelm Maybach y Gottlieb Daimler diseñaron una motocicleta con estructura de madera y cuatro ruedas, accionada por un motor de combustión interna y 4 tiempos manteniendo la potencia de medio caballo de vapor del motor de G.Murnigotti y alcanzando los 18 km/h.



ILUSTRACIÓN 2. MOTOCICLETA DE MADERA.

Fue en este mismo año 1885 cuando el propio Gottlieb Daimler hizo lo que para muchos es la primera motocicleta de la historia ya que utilizó un motor de gasolina de un cilindro y 4 tiempos que se refrigeraba por aire, es decir algo muy próximo al motor que se usa hoy en día en muchos modelos de motocicletas.

Como pasaba en muchos otros inventos de la época en lugares diferentes del planeta y sin tener conocimiento el uno del otro varias personas avanzaban en la misma materia a un ritmo similar ya que al mismo tiempo que G.Daimler realizaba esas mejoras en su motocicleta, Karl Benz probaba su triciclo con motor de petróleo de 4 tiempos.



ILUSTRACIÓN 3. TRICICLO DE KARL BENZ.

Cabe destacar que a lo largo de todos estos años no solo hubo avances buenos y eficaces, como el motor rotativo de cinco cilindros ubicado sobre la rueda delantera de la motocicleta que Félix Millet patentó en 1888 pero no llegó a tener ninguna repercusión ni reconocimiento.

Una vez que ya se comprobó que la motocicleta había llegado a un punto óptimo para su comercialización se comenzó a fabricar en serie en el año 1892 por Wilhelm y Heinrich Hildebrand, junto con Alois Wolfmüller, esta motocicleta equipaba un motor de gasolina de dos cilindros y 4 tiempos y para arrancarla necesitabas empujarla o pedalear hasta que se ponía en marcha saltando sobre el sillín de la misma. Se fabricaron solamente mil unidades.



ILUSTRACIÓN 4. PRIMERA MOTOCICLETA FABRICADA EN SERIE.

En el año 1900 surgió el origen de la palabra que tanto se usará a lo largo del proyecto “motocicleta” gracias a la marca Motocyclette Werner, anteriormente se conocían como aparatos ciclomotores pero el modelo diseñado por Werner fue tan popular que el término motocicleta comenzó a usarse en el lenguaje de forma coloquial.



ILUSTRACIÓN 5. MOTOCYCLETTE WERNER.

Los siguientes grandes y relevantes cambios que aparecieron en la motocicleta como la empuñadura giratoria en el manillar para acelerar y la chispa de ignición de la mano de Harley Davidson en el

año 1905, posteriormente en 1909 el motor con dos cilindros en “V” y el cambio de marchas en 1911.

A partir de este momento, las grandes marcas viendo que el modelo de motocicleta final ya estaba establecido, se centraron en aumentar su cilindrada y con ello conseguir una mayor velocidad llegando a un record de 275 km/h en el año 1937.

Fue entonces cuando comenzaron a crecer las marcas japonesas como Yamaha, Honda o Kawasaki que se centraron en darle una imagen y estilo diferente a las motos cambiando los diseños ya existentes y empezaron a surgir motos con estilos únicos y para diferentes fines como las motos deportivas, de ruta, destinadas a la montaña y terrenos irregulares como las de cross etc...

### **Resumen cronológico:**

- **1867:** Sylvester Howard Roper instala un motor de vapor en una bicicleta.
- **1875:** Aparece el triciclo de los hermanos Pierre y Ernest Michaux.
- **1879:** Motor de combustión de hidrógeno y aire de G.Murnigotti.
- **1885:** Moto de madera de Wilhelm Maybach y Gottlieb Daimler.
- **1892:** Motor de gasolina de 2 cilindros y 4 tiempos.
- **1897:** Se celebra la primera carrera de motocicletas en Inglaterra.
- **1899:** Primer registro que se tiene de la muerte de una persona usando una motocicleta, fue George Morgan.
- **1900:** Se instaura la palabra motocicleta gracias a la marca Motocyclette Werner.
- **1900:** El francés Franjais Cormery inventa el motor de 2 tiempos para motocicletas.

- **1905:** Aparece la empuñadura giratoria en el manillar para acelerar y la chispa de ignición de la mano de Harley Davidson.
- **1911:** Cambio de marchas.
- **1937:** récord de velocidad de 275 km/h.

## Posición del piloto

Una vez conocida, como ha ido evolucionando la motocicleta a lo largo de su historia tenemos que destacar otra evolución que es la posición del piloto, este aspecto es muy importante en este proyecto, ya que se tendrá en cuenta para el nuevo diseño de la motocicleta buscando una mejora aerodinámica y con ello conseguir una conducción mucho más eficiente lo que supone una mayor velocidad con un gasto menor.

En sus inicios el piloto iba muy expuesto al conducir una motocicleta conocida como posición estándar donde el torso del piloto ejercía una fuerza contraria a la dirección de avance por el roce contra el viento.



ILUSTRACIÓN 6. REPRESENTACIÓN DE POSICIÓN ESTÁNDAR SOBRE LA MOTOCICLETA.

Como se observa en la imagen el sillín se encontraba prácticamente a la misma cota desde el suelo que el manillar.

Poco a poco los fabricantes de motocicletas se dieron cuenta de que este era un aspecto en el que se podía mejorar mucho y centraron su atención en mejorar en el aspecto de posición del piloto y su comodidad ya que este choque continuo contra el viento resultaba muy incómodo para la conducción.

Finalmente se fue rebajando la altura del asiento para que la parte frontal de la motocicleta junto con el depósito, absorbieran ese choque contra el viento y el piloto fuese mucho más cómodo, apareciendo también el carenado.



ILUSTRACIÓN 7. REPRESENTACIÓN DEL AVANCE EN EL DISEÑO DE LAS MOTOCICLETAS.

Como se puede ver, entre la base del asiento donde irá el piloto y el manillar hay aproximadamente 40cm.

Con estos cambios y mejoras se consiguen dos variantes de la posición estándar sobre la que ya hemos hablado y que era la que se usaba en los inicios de la conducción de motocicletas que son: la posición crucero y la deportiva.

En la posición crucero el asiento se sitúa muy bajo, el conductor se colca recto o ligeramente inclinado hacia atrás con los pies por delante de él, siendo el principal objetivo de esta posición la comodidad.

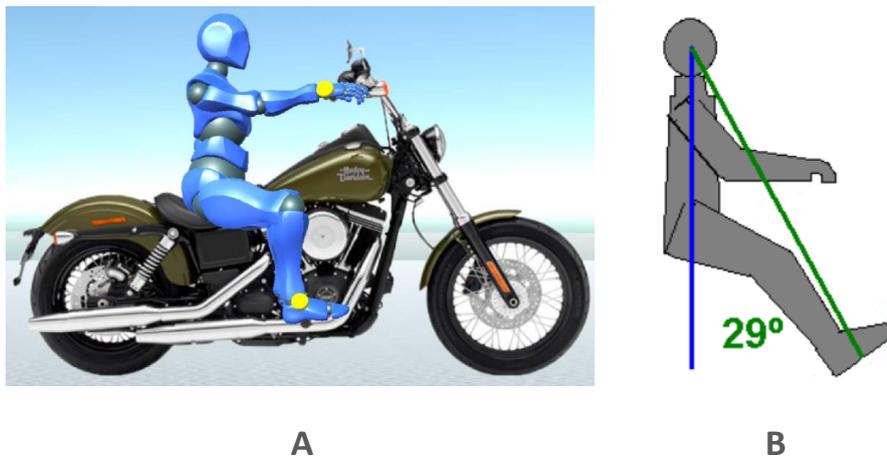


ILUSTRACIÓN 8. A) REPRESENTACIÓN DE LA POSICIÓN CRUCERO. B) GRADOS DESDE EL EJE VERTICAL DESDE LA POSICIÓN DE LA CABEZA Y LOS PIES DEL PILOTO.

Mientras que en la posición deportiva el piloto se inclina hacia delante con los pies por detrás de él, consiguiendo una resistencia contra el aire mínima ya que el perfil presentado es muy pequeño.



ILUSTRACIÓN 9. A) REPRESENTACIÓN E LA POSICIÓN DEPORTIVA. B) GRADOS DESDE EL EJE VERTICAL DE LA CABEZA DEL PILOTO Y SUS PIES.

## CAFÉ RACER

Por último, a modo de presentación sobre el proyecto se va a exponer un movimiento motero llamado Café Racer el cual ha sido la base de inspiración para la forma final de la motocicleta sobre la que se realiza el Reestyling.

Este movimiento pese a ser originario de los años 1950, en la actualidad ha resurgido considerándose un estilo actual y totalmente innovador por lo que, aunque le des a tu motocicleta un enfoque de diseño con un origen tan lejano, todo el mundo lo verá como algo actual.

Este movimiento no solo se basa en la estética de la motocicleta sino también en la de la persona que la conduce, este proyecto estará centrado en el estilo que aplica a la motocicleta.

Como ya se ha mencionado es originario de 1950 en Inglaterra, especialmente en sus inicios de Londres y Watford ya que entre estas dos ciudades por aquellos años estaban conectadas por una autopista de unas 15 millas llena de cafeterías. En estos años los jóvenes británicos estaban la mayor parte de su tiempo libre en cafeterías escuchando Rock´N´Roll.



ILUSTRACIÓN 10. JOVEN BRITÁNICO EN UNA CAFETERIA REPRESENTANDO EL MOVIMIENTO CAFÉ RACER.

Este periodo estuvo muy influenciado por la segunda guerra mundial ya que al acabar esta, se generaron muchos puestos de trabajo para la clase obrera joven lo que supuso un gran aumento de poder adquisitivo para ellos, pudiendo así muchos tener su propio vehículo.

Las motos en esos años eran muy básicas, normalmente con un solo asiento, manillares bajos, sin carenado y reposapiés atrasados.



ILUSTRACIÓN 11. MOTOCICLETA ICÓNICA DE LAS CAFÉ RACER, TRITON.

El principal objetivo que buscaban estos corredores de café, era alcanzar las 100 millas por hora con sus motos, por lo que todo iba enfocado en la aerodinámica y la velocidad adoptando la posición deportiva de la que hemos hablado anteriormente, también tuvieron que empezar a transformar sus motos cortando, aligerando, ganando aerodinámica, retirando o añadiendo todo aquello que suponía una pérdida o ganancia de velocidad. Este proceso supone el inicio de la personalización y customización de motocicletas que se fabricaban en serie.

Los principales cambios que realizaban eran:

- Tanques de depósitos alargados y con depresiones cóncavas a sus lados para alojar ahí las rodillas del piloto.

- Semimanillares lo que rebajaba la posición inicial del piloto sobre la moto, acostándose sobre el depósito y ofreciendo una menor resistencia contra el viento.
- Reposapiés atrasados.

Todo esto llamó la atención de muchos fabricantes y les afectó de tal manera, que se fabricaron algunos modelos en serie ya con ese estilo como la emblemática Triumph Bonneville.



ILUSTRACIÓN 12. TRIUMPH BONNEVILLE, DISEÑADA POR SUS FABRICANTES CON LÍNEAS DE CAFÉ RACER.

Esto nos hace darnos cuenta de la gran repercusión que estaba teniendo este movimiento, ya que no fue la única muchas otras marcas como Ducati, Moto Guzzi, Harley Davidson en los años 70 también sacaron modelos de motocicletas en serie con esta estética:



A



B

ILUSTRACIÓN 13. A) MODELO DE MOTO GUZZI CON ESTÉTICA DE CAFÉ RACER. B) MODELO DE HARLEY DAVIDSON CON ESTÉTICA DE CAFÉ RACER.

Todo esto conseguía enganchar a más gente a este estilo de motocicletas, debido a que ya no precisaba de usar tu tiempo en remodelar las motos simplemente tenías que comprarla.

Este estilo de vida y diseño fue decaendo en las décadas de los 80 y 90 pero actualmente ha vuelto a surgir estableciéndose como una categoría prominente y muy popular dentro del motociclismo de hoy en día, los últimos años está teniendo mucho auge en muchos ámbitos lo vintage y retro, tanto en moda como decoración consiguiendo que también aparezca el movimiento café racer.

Al impulsarse este movimiento de nuevo se ha conseguido que a pesar de ser algo antiguo se vea como una innovación y por lo tanto de nuevo muchos fabricantes de motocicletas han vuelto a confeccionar diseños para producirlos en serie de motos con este aspecto, se podría decir que se ha vuelto a repetir el movimiento café racer a una menor escala y solo el aspecto de las motocicletas no el estilo de vida, 60 años después de su aparición.



ILUSTRACIÓN 14. MOTOCICLETA DEL AÑO 2021 FABRICADA CON UNA ESTÉTICA AMBIENTADA EN LAS CAFÉ RACER.

Esta nueva corriente también ha originado que muchos talleres de motocicletas se especialicen en este tipo de reformas, ya que mucha gente decide decantarse por esta opción, lo que te permite darle una nueva imagen y una segunda vida a tu motocicleta consiguiendo

actualizarla con un coste mucho menor al que supondría tener que comprarte una motocicleta nueva.



**ILUSTRACIÓN 15. MOTOCICLETA BMW K100 , A LA IZQUIERDA EL ANTES Y A LA DERECHA EL DESPUÉS DE SU REMODELACIÓN ESTÉTICA.**

## I.2. JUSTIFICACIÓN ELECCIÓN DE LAS PIEZAS

Para este proyecto se han seleccionado como partes a remodelar tanto el asiento como el subchasis de una motocicleta, ya que son los dos elementos donde se sitúa el conductor y pasajeros, dejando de lado su aspecto antiguo, mucho más voluminoso y aparatoso, con materiales poco eficientes por otro mucho más al detalle, diseñado con el tamaño óptimo y necesario adaptado perfectamente al consumidor y con los mejores materiales para la misión que desempeñan en el vehículo, consiguiendo un perfecto equilibrio entre resistencia, peso y tamaño.

Se decidió este proyecto ya que el sector de la remodelación de vehículos en este caso motocicletas es un sector que cada vez crece más y mucha más gente abre talleres especializados en estas reformas, hay mucha más compra y venta de estos vehículos y por lo tanto a diario los vemos más por las calles, consiguiendo así que mucha más gente quiera un artículo del estilo, por razones muy evidentes ya que en vez de deshacerse de su vehículo le conceden una nueva oportunidad por una cantidad económica muy inferior a la que supondría tener que comprar uno nuevo pero a la misma vez actualizándolo y por otro lado también encontramos la variante de gente que quiere comprarse un nuevo vehículo pero directamente quiere que tenga este estilo único y personalizado.



## II. OBJETIVOS

# OBJETIVOS



## II.1. OBJETIVO GENERAL.

Actualizar una motocicleta de 1997, dejando de lado sus líneas de diseño a día de hoy anticuadas y consiguiendo que parezca un vehículo propio del año 2021.

## II.2. OBJETIVOS PARTICULARES.

Los principales objetivos que abordaremos en este proyecto serán:

- Actualización y mejora estética.
- Un mejor comportamiento frente al viento, con una posición más aerodinámica.
- Mejora de los materiales, siendo más resistentes, menos pesados y con mejor comportamiento frente a esfuerzos.
- Realizar una pieza única, mostrando exactamente los gustos del usuario.
- Reducción del coste de circulación al ser más aerodinámica contra el viento y menos pesada.
- Reducción de emisiones, tanto en el proceso de fabricación, como en la conducción de la motocicleta al necesitar menos fuerza del motor para desplazarse.

Los pasos a seguir para conseguir todos estos objetivos serán los siguientes: Se comenzará con un estudio de la motocicleta en su versión original, mostrando especial interés en sus formas, tamaños, pesos, materiales etc.. de ahí sacaremos los primeros y más claros indicios sobre, que aspectos mejorar, luego gracias al programa CES EDUPACK veremos las características del material que utilizan para luego compararlas con el nuevo material que se usará. Una vez tenemos todo esto claro podremos

diseñar la pieza en 3D con SOLIDWORKS y simularla mediante el método de los elementos finitos (FEM).

### III. DESARROLLO PROYECTO

# DESARROLLO PROYECTO



### III.1. DISEÑO INICIAL PROTOTIPOS.

En este apartado se utilizará el software Solidworks como herramienta para diseñar las piezas en 3 dimensiones sobre las cuales posteriormente se realizará la simulación, este apartado se va a dividir en dos partes ya que el proyecto tiene como objetivo simular tanto el asiento como el subchasis de la motocicleta y a su vez cada una de estas partes se dividirá en dos subsecciones, una de la pieza original, salida de fábrica y posteriormente de la misma tras el proceso de reestyling lo que supone un cambio de dimensiones y materiales en las mismas.

Para realizar estos nuevos diseños se seguirán las siguientes normas y pautas:

- **UNE-EN ISO 7251-1:2017.** Sobre las medidas del cuerpo humano y referencias.
- Líneas de diseño de las piezas originales.
- Prototipos ya diseñados para proyectos similares.

#### ASIENTO

Se comenzará por el asiento, para ello primero se muestra su forma en la realidad:

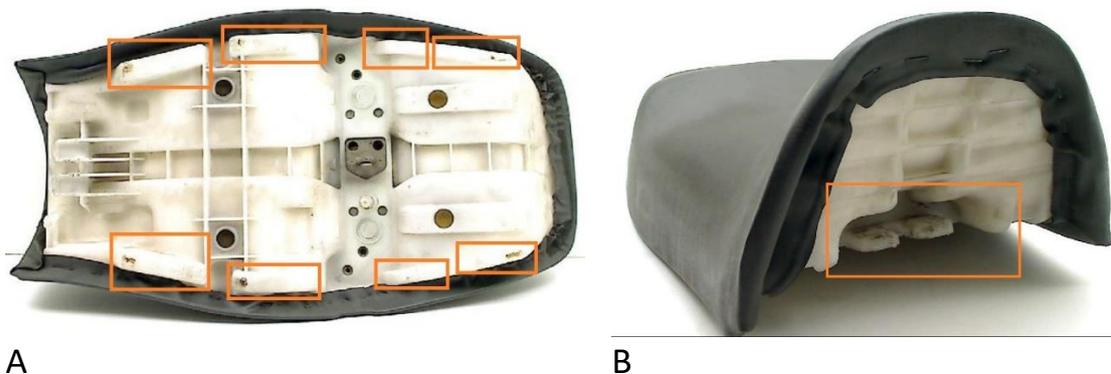


ILUSTRACIÓN 16. A) PUNTOS DE APOYO DE LA SUPERFICIE DEL ASIENTO SOBRE LA MOTOCICLETA. B) PUNTO DE ANCLAJE EN LA POSICIÓN FRONTAL DEL ASIENTO.

De esta pieza nos interesa su estructura, que es la parte blanca ya que el resto de los materiales no afectan a sus características de resistencia y son únicamente para una mayor comodidad, en las dos imágenes hemos resaltado los puntos de sujeción que tiene la pieza, para anclarse y posicionarse sobre la motocicleta.

A la hora de diseñar la pieza en 3dimensiones, no tendrá uso, pero sí posteriormente en la simulación ya que uno de los apartados que nos encontraremos es el de sujeciones.

Conocida ya las dimensiones y formas de la pieza de estudio se comienza su diseño en 3 dimensiones.

Los pasos a seguir son los siguientes:

Primero detallar un croquis con la forma primaria de la pieza y su espesor.

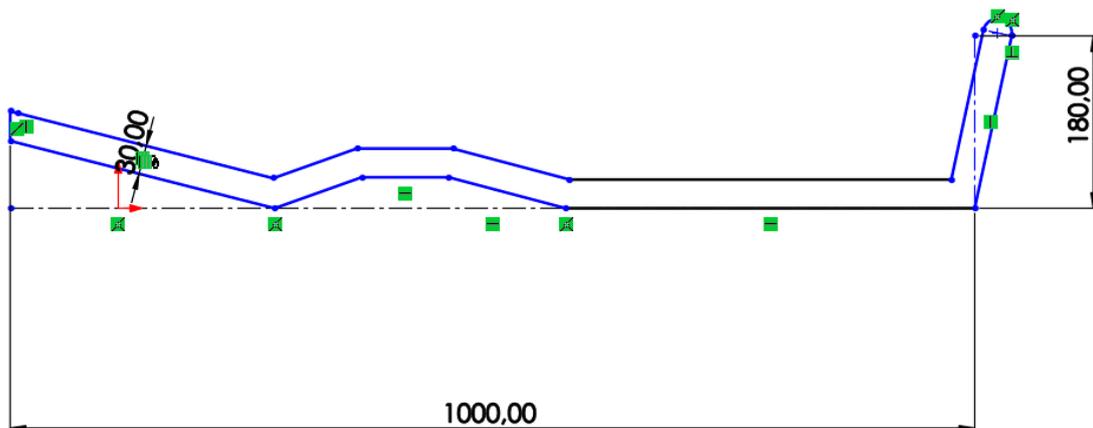


ILUSTRACIÓN 17. CROQUIS PARA EL DISEÑO DE LA PIEZA EN SOLIDWORKS, EN CM.

Mediante la función extruir saliente prolongaremos este croquis 30cm sobre el eje horizontal.

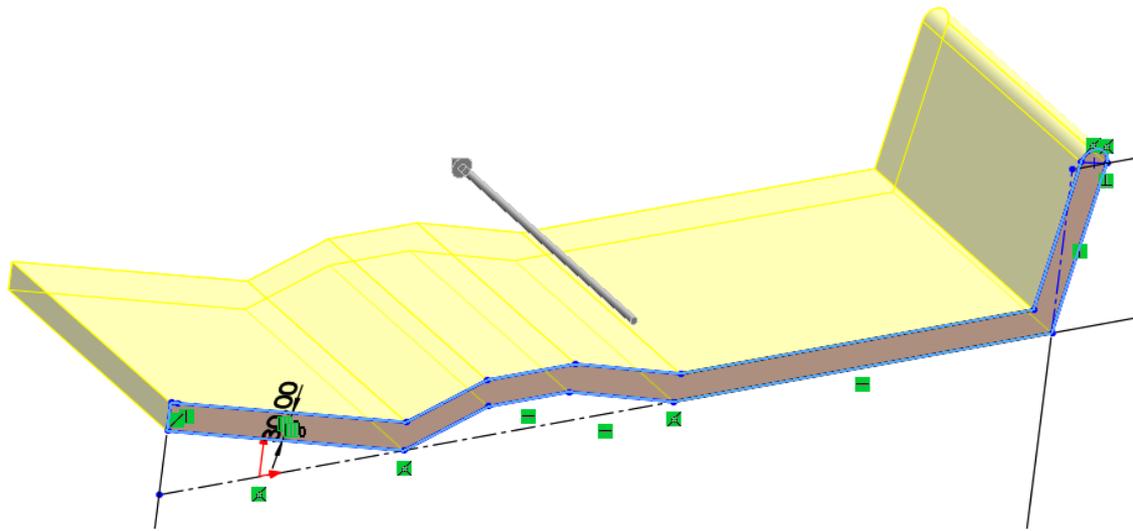


ILUSTRACIÓN 18. FUNCIÓN DE EXTRUSIÓN.

Ya solo queda retocar la forma final de la pieza sobre esta base, se utiliza la función extruir corte para darle una forma redondeada en su parte inclinada vertical y un estrechamiento en los dos extremos de la prolongación horizontal ya que el asiento tiene la parte central más ancha para una mayor comodidad del piloto y que sus piernas queden mejor adaptadas a la forma de la motocicleta.

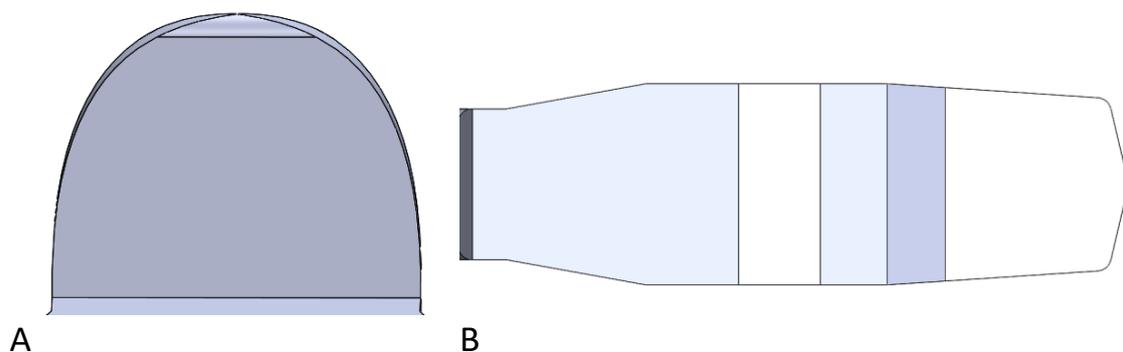


ILUSTRACIÓN 19. A) VISIÓN FRONTAL DE LA PIEZA DISEÑADA EN 3 DIMENSIONES, CON LÍNEAS DE PARTICIÓN. B) VISTA EN PLANTA DE LA PIEZA EN 3 DIMENSIONES CON SUS LÍNEAS DE PARTICIÓN.

Para finalizar el proceso de diseño se coloca sobre la pieza unas líneas de partición las cuales serán necesarias posteriormente, para colocar ahí las sujeciones de la pieza sobre la motocicleta, se pueden apreciar en gris sobre el resultado final.

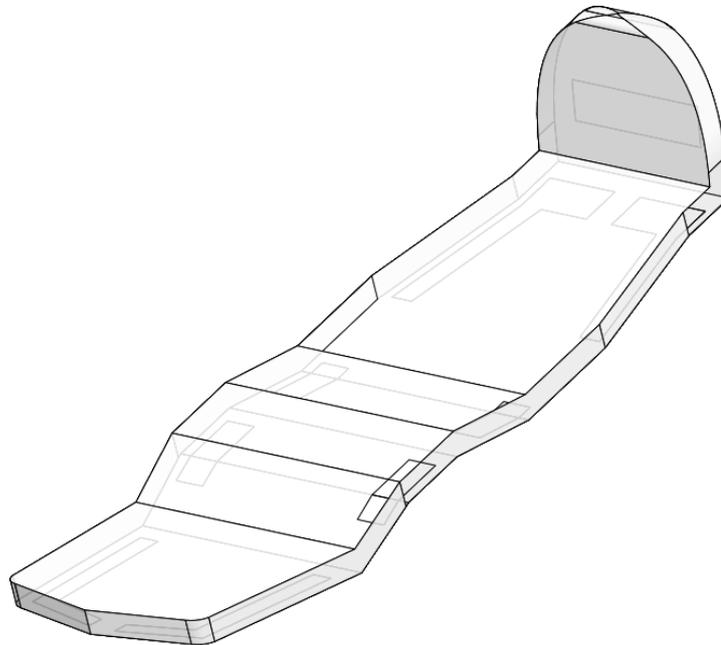


ILUSTRACIÓN 20. VISTA GLOBAL DE LA PIEZA EN 3 DIMENSIONES.

### Propiedades físicas de la pieza:

Masa = 11.14 kilogramos  
Volumen = 9357.85 centímetros cúbicos  
Área de superficie = 7049.10 centímetros cuadrados  
Centro de masa: ( centímetros )  
X = 43.71  
Y = 3.81  
Z = -15.00

ILUSTRACIÓN 21. PROPIEDADES ASIENTO ORIGINAL.

Ahora se realizan los mismos pasos para el prototipo diseñado, como mejora sobre la pieza anterior, cabe destacar que la nueva pieza tiene un diseño mucho más personalizado, a diferencia del asiento anterior que se fabricaba en serie para cualquier tipo de usuario.

Para esta nueva pieza se toma otros modelos a modo de orientación ya que este tipo de reformas como se ha mencionado en otros apartados es algo hoy en día muy habitual tanto de la mano de profesionales como por principiantes.



ILUSTRACIÓN 22. ASIENTO DE REFERENCIA PARA NUESTRO DISEÑO.

Este es el aspecto que se busca en el proyecto de reestyling, claramente se observa una disminución de tamaño lo que supondrá un menor volumen por lo tanto menos fuerza de rozamiento contra el viento y menos peso, pero todo ello conservando las dos plazas originales de la motocicleta ya que mantener su funcionalidad es algo fundamental.

Primero se detalla un croquis con las medidas base de la pieza, sobre el que se efectúa una extrusión horizontal.

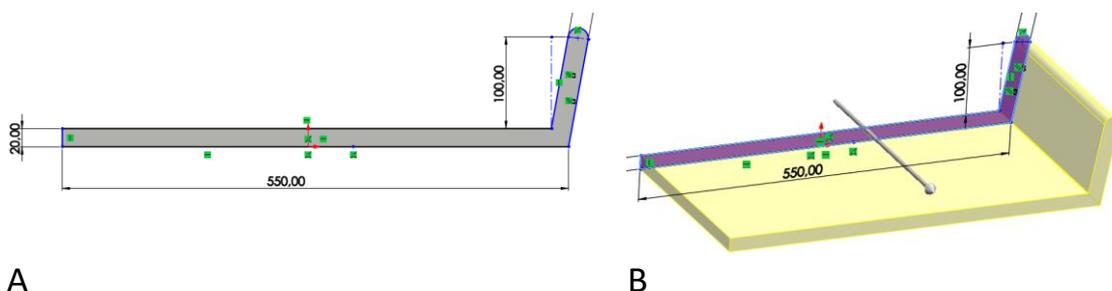


ILUSTRACIÓN 23. A) CROQUIS DE LA PIEZA EN SOLIDWORKS. B) FUNCIÓN DE EXTRUSIÓN.

El ancho de la pieza se mantendrá igual, 30 cm, ya que a la hora de hacer el reestyling sobre el subchasis no modificaremos su distancia entre barras. Este parámetro viene definido por las dimensiones del depósito situado sobre el chasis principal sobre el que no se precisa modificar nada.

Para darle la forma final se utiliza la función extruir corte, consiguiendo un acabado con formas más redondeadas siguiendo las líneas de diseño de la motocicleta.

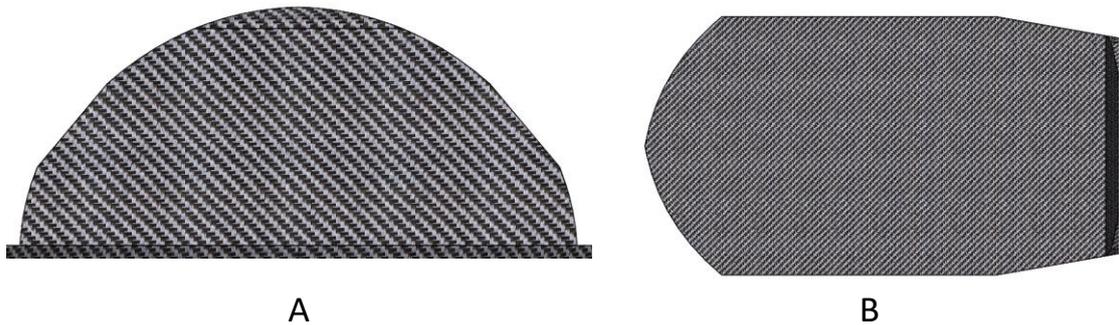


ILUSTRACIÓN 24. A) PARTE FRONTAL DE LA PIEZA CON SUS LÍNEAS FINALES DE DISEÑO. B) PARTE HORIZONTAL DE LA NUEVA PIEZA CON SUS LÍNEAS FINALES DE DISEÑO.

Igual que en la primera pieza se colocan las líneas de partición que posteriormente se usaran para colocar las sujeciones para la simulación.

Este es el resultado final de la pieza.



ILUSTRACIÓN 25. VISTA FINAL DE LA PIEZA EN 3 DIMENSIONES.

Para finalizar la fase de diseño de esta pieza, se colocan sobre ella las líneas de partición que posteriormente en la simulación ubicaran las sujeciones.



Ilustración 26. a) Línea de partición sujeción vertical. B) Líneas de partición sujeciones horizontales.

El material del cual está hecha, se ha introducido en la memoria de materiales de solidworks ya que no tiene el material compuesto de resina con refuerzo de fibra de carbono, se llamará material para proyecto y se definirá como se ha explicado más adelante en el apartado III.5. de simulaciones.

### Propiedades físicas de la pieza:

Masa = 5.43 kilogramos  
 Volumen = 3514.37 centímetros cúbicos  
 Área de superficie = 3801.75 centímetros cuadrados  
 Centro de masa: ( centímetros )  
 X = 5.42  
 Y = 1.74  
 Z = 15.00

ILUSTRACIÓN 27. PROPIEDADES FÍSICAS PROTOTIPO ASIENTO.

## Subchasis

Este es el aspecto del chasis original, separado del resto de los elementos que componen la motocicleta.

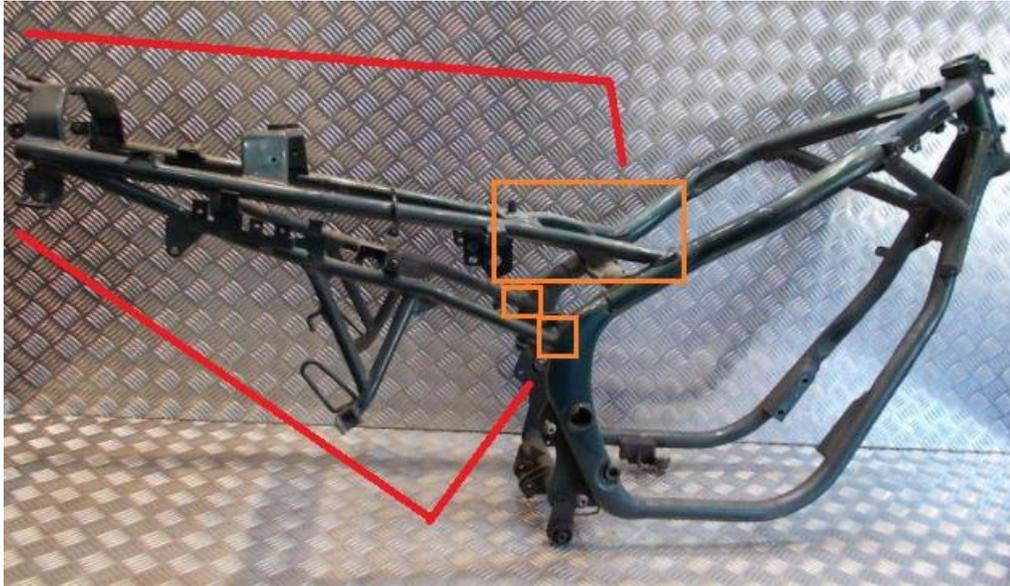


ILUSTRACIÓN 28. CHASIS DE LA MOTOCICLETA, RESALTANDO EL SUBCHASIS EN ROJO Y LOS PUNTOS DE ANCLAJE EN NARANJA.

El objeto o parte de estudio será solo la parte final comprendida entre las líneas rojas, conocido como subchasis ya que en la remodelación de una motocicleta solo está permitido realizar cambios en él, no en el chasis principal.

Todo esto viene recogido en la directiva 2007/46/CE del 5 de septiembre, donde se establece un marco legal de homologación para todos los países del E.E.E (Espacio Económico Europeo) consiguiendo que todos ellos estén de acuerdo en la homologación de vehículos y sus componentes.

Es necesario conocer esta directiva, ya que la motocicleta después del proceso de reforma tiene que homologarse para poder circular, por lo que si no se conocen y por lo tanto no cumple los requisitos que esta directiva recoge, no podrá homologarse de nuevo y todo el proyecto será inútil.

Se han resaltado 3 zonas con rectángulos naranjas, éstas son los puntos de unión del subchasis con el chasis y posteriormente se tendrán que localizar ahí los puntos de sujeción de la pieza para poder realizar la simulación.

Conocida la pieza en cuestión se procede a su diseño en 3 dimensiones con Solidworks:

Primero detallando un croquis de la forma básica de la pieza con sus principales cotas.

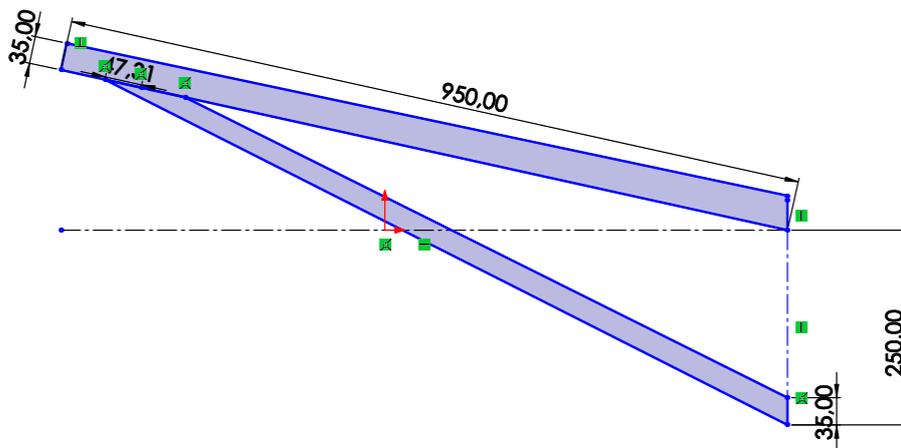


ILUSTRACIÓN 29. CROQUIS DE DISEÑO PARA EL SUBCHASIS, EN SOLIDWORKS.

Mediante la función de extruir saliente se prolonga en el eje horizontal el croquis, hasta 28cm.

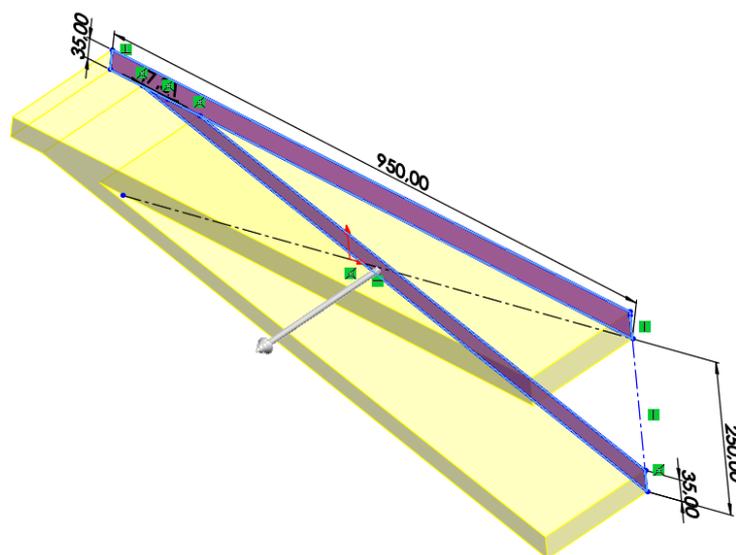


ILUSTRACIÓN 30. FUNCIÓN DE ESTRUSIÓN.

Una vez se tiene la forma principal de la pieza se le da su forma final, más cercana a la original mediante la función extruir corte, se irá realizando croquis sobre los que extruir esos cortes.

Para poder retirar partes sobre la zona de la pieza inclinada, se genera otro plano con la función geometría plano, con el plano planta de referencia.

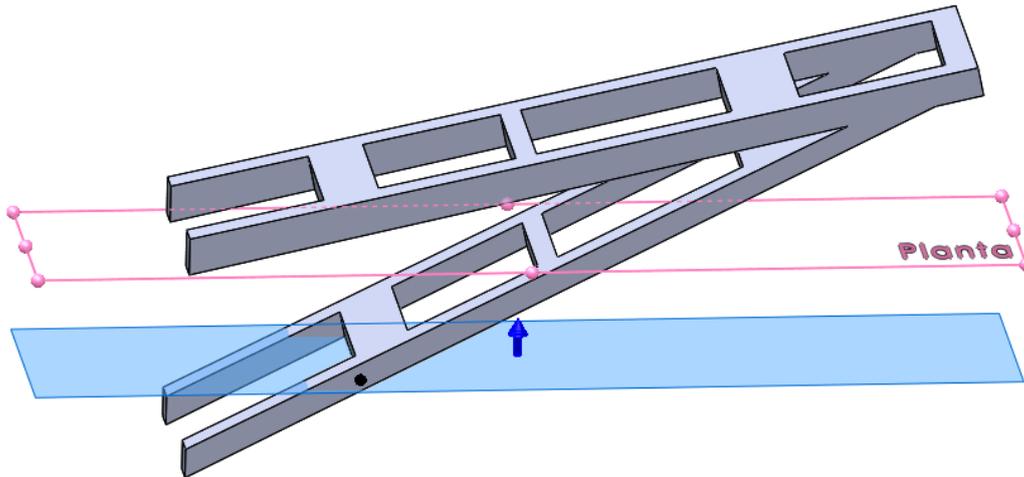


ILUSTRACIÓN 31. PLANO PARALELO AL PLANO PLANTA.

Se va aplicando la función de redondeo en todas las aristas de la pieza que lo precisen y a su vez a los 4 tubos normalizados que componen la pieza se le aplicará la función de vaciado con un espesor de 2mm ya que no son macizos, hasta llegar a esta forma final.



ILUSTRACIÓN 32. FUNCIÓN DE VACIADO CON ESPESOR 2MM.

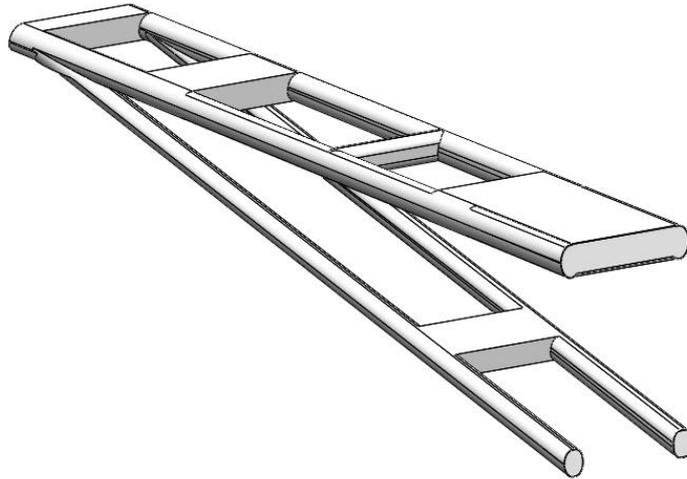


ILUSTRACIÓN 33. FORMA FINAL DE LA PIEZA EN 3 DIMENSIONES.

Como último paso en esta parte de diseño se colocan 3 líneas de partición, en la superficie final de las 2 barras inferiores y en la superficie final de la unión entre las 2 barras superiores. Esto se necesita posteriormente para fijar ahí las sujeciones y poder realizar la simulación (FEM).

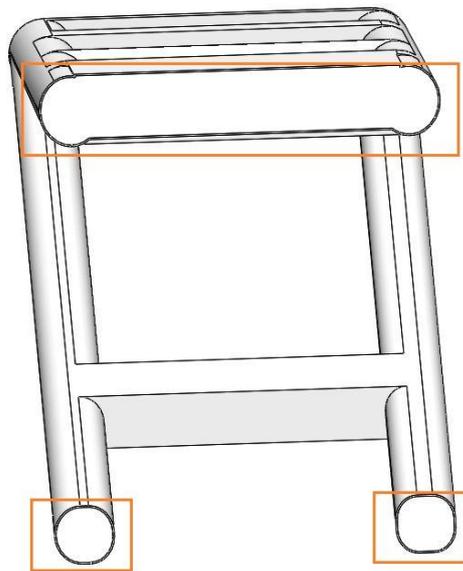


ILUSTRACIÓN 34. LÍNEAS DE PARTICIÓN PARA LA POSTERIOR SIMULACIÓN.

### Propiedades físicas de la pieza:

Masa = 50.50 kilogramos

Volumen = 6432.61 centímetros cúbicos

Área de superficie = 6000.57 centímetros cuadrados

Centro de masa: ( centímetros )

X = 14.25

Y = 5.87

Z = 11.72

ILUSTRACIÓN 35. PROPIEDADES FÍSICAS SUBCHASIS ORIGINAL.

Una vez se tienen todos estos pasos completados se comienza a diseñar en 3 dimensiones el prototipo.

Al ser este tipo de reformas muy populares hoy en día, se puede tomar como referencia otros modelos que hay en el mercado.



ILUSTRACIÓN 36. NUEVO DISEÑO DE SUBCHASIS.

Este modelo representa muy cercanamente el objetivo, un subchasis sencillo, con líneas rectas, manteniendo el ancho y diámetro exterior de los tubos de acero del subchasis original y con el característico cierre en “U” de las cafe racers.

A simple vista ya se nota el cambio y la gran diferencia de peso entre la pieza original, mucho más aparatosa y esta propuesta.

Se comienza con un croquis básico que comprenda las características de la pieza y una posterior extrusión en el eje horizontal de los mismos centímetros que el subchasis original.

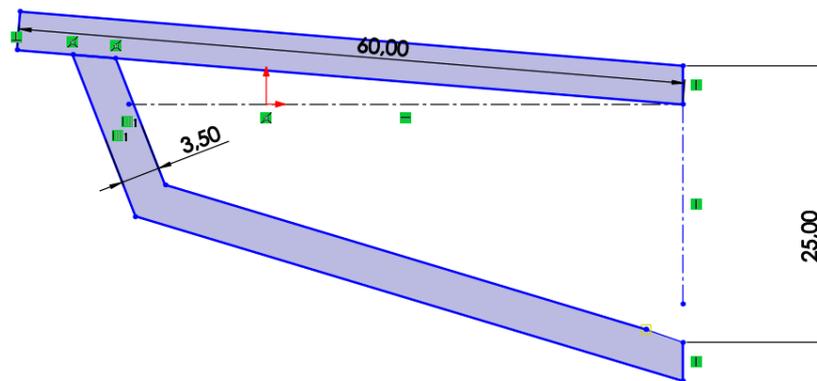


ILUSTRACIÓN 37. CROQUIS EN SOLIDOWRKS DEL NUEVO SUBCHASIS.

Y ahora la extrusión de 28cm.

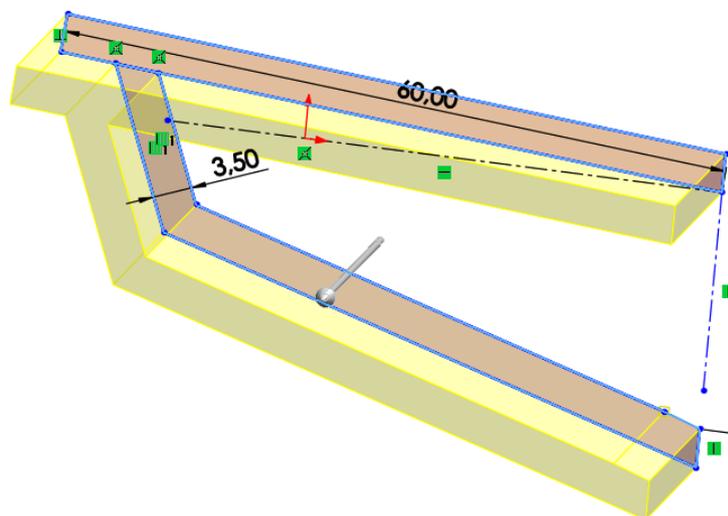


ILUSTRACIÓN 38. FUNCIÓN DE ESTRUSIÓN.

Para darle el aspecto final, como se ha hecho en las anteriores 3 piezas que hemos diseñado durante el proyecto, se usa la herramienta de extruir corte y en este caso la de redondeo y vaciado para los tubos normalizados.

Realizando todas estas operaciones, este es el acabado final del prototipo:

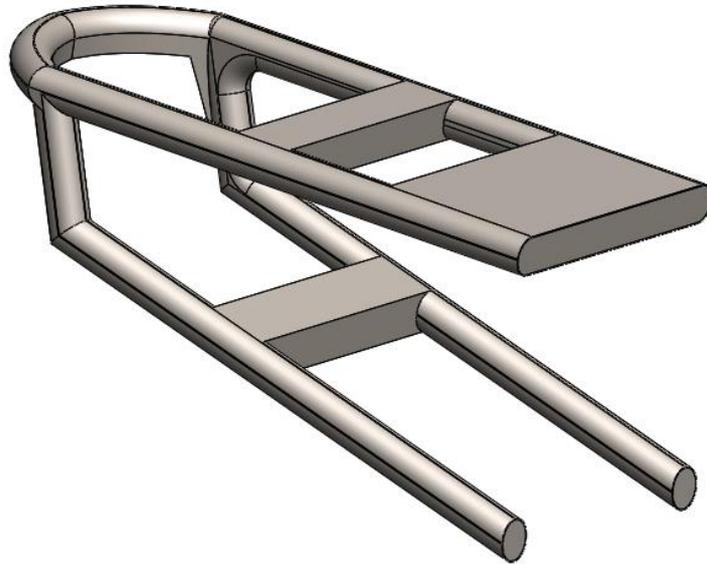


ILUSTRACIÓN 39. FORMA FINAL DE LA PIEZA EN 3 DIMENSIONES.

Del mismo modo que se ha realizado en la pieza en 3 dimensiones del chasis original, se colocan 3 líneas de partición sobre las superficies finales de las barras, ya que los puntos de sujeción serán los mismos para los dos subchasis.

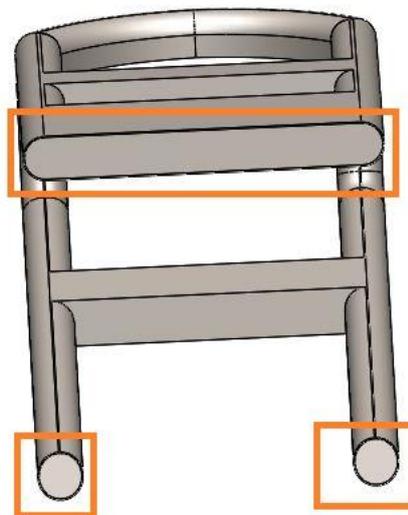


ILUSTRACIÓN 40. LÍNEAS DE PARTICIÓN NECESARIAS PARA LA SIMULACIÓN.

### Propiedades físicas de la pieza:

Masa = 35.30 kilogramos

Volumen = 4496.49 centímetros cúbicos

Área de superficie = 4314.06 centímetros cuadrados

Centro de masa: ( centímetros )

X = -24.09

Y = 0.73

Z = 13.99

ILUSTRACIÓN 41. PROPIEDADES FÍSICAS DE LA PIEZA.



## III.2. ESTUDIO Y DEFINICIÓN DE ESTADOS TENSIONALES.

En la simulación que se va a realizar se deben dejar claros varios aspectos, la simulación será un análisis estático, es decir la pieza o bueno las piezas mejor dicho que se van a simular no tendrán libertad de movimiento, para ello mediante sujeciones se anclarán limitando así sus grados de libertad.

Para realizar correctamente los ensayos se deben seguir las pautas de las siguientes normas UNE-EN:

- **UNE-EN ISO 4506:2018.** Para los ensayos de tensión y compresión sobre metales, tanto para el ensayo sobre el subchasis original como para el prototipo propuesto en el trabajo.
- **UNE-EN ISO 844:2015.** Para el ensayo de tensión y compresión en plásticos, en este proyecto se usará en la simulación del asiento original.
- **UNE-EN ISO 14126/AC:2002.** Para el ensayo de tensión y compresión sobre materiales compuestos reforzados con fibras de carbono, se realizará en el prototipo del asiento.

No se tiene ningún impacto, sino que soportarán una carga constante de compresión sobre ellas, en este caso de estudio se tomará el peso de dos personas adultas unos 75kg cada una, aplicando un coeficiente de seguridad de 2%, quedando así una carga de 180kg.

Para poder realizar la simulación lo tenemos que introducir en Newtons siendo estos 1765.2 N. Repartidos sobre la superficie de la pieza uniformemente.

Todos estos pasos junto con otros se explicarán al detalle en el apartado III.5. de esta memoria.



### III.3. SELECCIÓN DE MATERIALES.

Para realizar correctamente este apartado, que consiste en mejorar los materiales de la pieza original, primero se deben conocer las características del material usado en la pieza sobre la que se va a trabajar.

Para ello se trabajará con el software CesEdupack.

Igual que en los demás apartados primero se realiza este estudio sobre el asiento y posteriormente sobre el subchasis.

#### ASIENTO

Tras un análisis de la pieza, se determina que está fabricada mediante un proceso de inyección, puesto que se produce en serie sobre un molde, utilizando un material plástico dentro de los plásticos que se utilizan en este proceso los más usados son: Nylon, Acetal, Poliestireno, Policarbonato etc... Gracias al software CesEdupack se pueden conocer las características y usos más frecuentes de cada uno de estos materiales llegando a la conclusión que la pieza se realiza con el Policarbonato ya que como dictamina la descripción que nos ofrece el software tiene muy buenas propiedades mecánica, es básico y barato.

#### Material

El PC es uno de los termoplásticos "ingenieriles", es decir, aquellos que tienen mejores propiedades mecánicas que los polímeros más básicos y baratos. Esta familia incluye los plásticos poliamida (PA), polioximetileno (POM) y politetrafluoroetileno (PTFE). El anillo de benceno y el grupo de OCOO-carbonato se complementan en el PC puro para darle sus características únicas de transparencia óptica, elevada dureza y rigidez incluso a temperaturas relativamente altas. Estas propiedades hacen del PC una buena opción para aplicaciones tales como discos compactos (CD), cascos de seguridad y estuches de herramientas eléctricas. Para llevar las propiedades de PC todavía más allá, es posible co-polimerizar la molécula con otros monómeros (mejorando así su resistencia al fuego, el índice de refracción y la resistencia al ablandamiento), o reforzarlo con fibras de vidrio (lo que resulta en mejores propiedades mecánicas a altas temperaturas).

#### ILUSTRACIÓN 42. CARACTERÍSTICAS DEL POLICARBONATO.

Es por todas estas características por lo que se usa en la actualidad, no solo por las nombradas anteriormente sino porque también tiene una elevada dureza y rigidez incluso a temperaturas elevadas como son las que tiene que soportar al estar junto al motor y tubo de escape de una motocicleta.

Estas son sus propiedades mecánicas:

### Propiedades mecánicas

Módulo de Young	ⓘ	2,24	-	2,52	GPa
Módulo de cortante	ⓘ	* 0,829	-	0,872	GPa
Módulo en volumen	ⓘ	* 3,83	-	4,03	GPa
Coefficiente de Poisson	ⓘ	* 0,39	-	0,41	
Límite elástico	ⓘ	59,1	-	65,2	MPa
Resistencia a tracción	ⓘ	62,7	-	72,4	MPa
Resistencia a compresión	ⓘ	* 69	-	86,2	MPa
Elongación	ⓘ	110	-	150	% strain
Dureza-Vickers	ⓘ	* 18	-	20	HV
Resistencia a fatiga para $10^7$ ciclos	ⓘ	* 23,7	-	30,8	MPa
Tenacidad a fractura	ⓘ	2,1	-	2,3	MPa.m <sup>0.5</sup>
Coefficiente de pérdida mecánica (tan delta)	ⓘ	* 0,0164	-	0,0172	

#### ILUSTRACIÓN 43. PROPIEDADES MECÁNICAS DEL POLICARBONATO.

De las que principalmente se destaca su módulo de Young, límite elástico y resistencia a compresión ya que su principal función es soportar una gran carga durante un largo periodo de tiempo.

Como se ha mencionado su temperatura de servicio es muy interesante por el lugar en el que está ubicada, por así decirlo es la pieza que separa al piloto de la temperatura del motor.

### Propiedades térmicas

Temperatura de vitrificación	ⓘ	142	-	158	°C
Máxima temperatura en servicio	ⓘ	* 101	-	116	°C
Mínima temperatura en servicio	ⓘ	-47,2	-	-37,2	°C
¿Conductor térmico o aislante?	ⓘ	Buen aislante			
Conductividad térmica	ⓘ	0,193	-	0,218	W/m.°C
Calor específico	ⓘ	1,15e3	-	1,25e3	J/kg.°C
Coefficiente de expansión térmica	ⓘ	120	-	125	µstrain/°C

#### ILUSTRACIÓN 44. PROPIEDADES TÉRMICAS DEL POLICARBONATO.

Tanto su temperatura de servicio como que sea un buen aislante térmico es muy importante en esta pieza.

Otro aspecto importante es la contaminación que produce para ello se observa su huella de CO<sub>2</sub> siendo esta relativamente baja y algo muy interesante es que sea reciclable ya que al producirse por inyección se

produce un grandísimo número de piezas iguales y posteriormente puede ser que no todas sean usadas, esto nos permitiría reciclarlas para un nuevo uso.

### Procesado de material: huella de CO2

CO2 en extrusión de polímeros	ⓘ	* 0,434	- 0,48	kg/kg
CO2 en moldeo de polímeros	ⓘ	* 1,32	- 1,46	kg/kg
CO2 en desbaste (p/u peso eliminado)	ⓘ	* 0,0814	- 0,09	kg/kg
CO2 en mecanizado final (p/u peso eliminado)	ⓘ	* 0,494	- 0,546	kg/kg
CO2 en lijado (p/u peso eliminado)	ⓘ	* 0,951	- 1,05	kg/kg

### Reciclado del material: energía, CO2 y fracción reciclable

Reciclaje	ⓘ	✓		
Contenido en energía, reciclado	ⓘ	* 35	- 38,7	MJ/kg
Huella de CO2, reciclado	ⓘ	* 2,32	- 2,56	kg/kg
Fracción reciclable en suministro habitual	ⓘ	0,672	- 0,742	%
Reciclado inferior	ⓘ	✓		
Combustión para recuperar energía	ⓘ	✓		
Calor neto de combustión	ⓘ	* 30,3	- 31,8	MJ/kg
Combustión CO2	ⓘ	* 2,7	- 2,84	kg/kg
Vertedero	ⓘ	✓		
Biodegradable	ⓘ	✗		
Ratio de toxicidad	ⓘ	No toxico		
Fuente renovable	ⓘ	✗		

### Aspectos Medioambientales

El procesado de los termoplásticos ingenieriles requiere una mayor aportación de energía que la de los plásticos básicos; por lo demás no son particularmente perjudiciales para el medioambiente. El policarbonato se puede reciclar si no está reforzado.

### ILUSTRACIÓN 45. PROPIEDADES CONTAMINANTES DE POLICARBONATO.

Para el prototipo de asiento que se ha diseñado, las condiciones de producción cambian respecto a la pieza de origen, no se busca una gran producción sino una mejora de propiedades y fabricar una única pieza.

Después de un análisis de las piezas que se fabrican en estos procesos de Reestyling, se ha observado que los más usados son tres: Resina epoxi con refuerzo de fibras de carbono, resina epoxi con refuerzo de fibras de vidrio o aluminio.

Primero se deben comparar las características de cada uno para poder llegar a la conclusión de cuál es el más idóneo para el proyecto.

### **Fibra de carbono con epoxi (CFRP).**

La primera alternativa es la fibra de carbono junto con epoxi, un material compuesto.

Con esta unión de materiales consigue unas prestaciones muy buenas, las fibras de carbono son las que soportan las cargas mecánicas y el epoxi aporta ductilidad y tenacidad, a su vez también protege a las fibras de daños al manejar la pieza o efectos del medio ambiente.

La pieza estará ubicada junto al motor, depósito de gasolina y depósitos de aceite de frenos por lo que sus características frente a estos líquidos son muy importantes, para asegurar su durabilidad.

#### **Durabilidad: gasolinas, aceites y solventes**

Acetato de amilo	(i)	Aceptable
Benceno	(i)	Aceptable
Tetracloruro de carbono	(i)	Excelente
Cloroformo	(i)	Inaceptable
Crudo	(i)	Aceptable
Diesel	(i)	Excelente
Lubricantes	(i)	Excelente
Parafinas, keroseno	(i)	Excelente
Petróleo (gasolina)	(i)	Excelente
Siliconas líquidas	(i)	Excelente
Toluenos	(i)	Aceptable
Terpenos	(i)	Aceptable
Aceites vegetales (general)	(i)	Excelente
Gasolina Blanca	(i)	Excelente

ILUSTRACIÓN 46. PROPIEDADES DE DURABILIDAD.

Se observa que es muy bueno frente a estos fluidos.

Sus propiedades mecánicas son las siguientes:

### Propiedades mecánicas

Módulo de Young	(i)	69	-	150	GPa
Módulo de cortante	(i)	28	-	60	GPa
Módulo en volumen	(i)	43	-	80	GPa
Coefficiente de Poisson	(i)	* 0,305	-	0,307	
Límite elástico	(i)	550	-	1,05e3	MPa
Resistencia a tracción	(i)	550	-	1,05e3	MPa
Resistencia a compresión	(i)	440	-	840	MPa
Elongación	(i)	* 0,32	-	0,35	% strain
Dureza-Vickers	(i)	* 10,8	-	21,5	HV
Resistencia a fatiga para $10^7$ ciclos	(i)	* 150	-	300	MPa
Tenacidad a fractura	(i)	* 6,12	-	20	MPa.m <sup>0.5</sup>
Coefficiente de pérdida mecánica (tan delta)	(i)	* 0,0014	-	0,0033	

#### ILUSTRACIÓN 47. PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CFRP.

En cuanto a la temperatura de servicio de este material compuesto, viene determinada por el epoxi ya que tiene un límite inferior a la fibra de carbono, siendo su máximo 220°C.

Su peso es muy interesante, el software CesEdupack proporciona la densidad del compuesto: 1600 kg/m<sup>3</sup>

Como principales inconvenientes tiene el precio: 34.4 €/kg, y no ser reciclable.

### Fibra de vidrio con epoxi (GFRP).

Como segunda opción está el material compuesto GFRP, matriz de epoxi reforzada con fibra de vidrio.

Igual que el anterior, las fibras son las responsables de la rigidez y resistencia del material y la matriz de epoxi se encarga de distribuir los esfuerzos y proporcionar ductilidad y tenacidad además de proteger a las fibras de daños al manipular la pieza o agentes medioambientales.

Dentro de los materiales compuestos tanto los de poliéster como los de vidrio son los más baratos: 33.2 €/kg.

Tiene una densidad más elevada que el CFRP por lo que supone un peso mayor a iguales dimensiones: 1970 kg/m<sup>3</sup>.

Estas son sus propiedades mecánicas:

### Propiedades mecánicas

Módulo de Young	ⓘ	* 15	-	28	GPa
Módulo de cortante	ⓘ	* 7,99	-	8,29	GPa
Módulo en volumen	ⓘ	* 6,8	-	7,85	GPa
Coefficiente de Poisson	ⓘ	* 0,314	-	0,315	
Límite elástico	ⓘ	* 207	-	304	MPa
Resistencia a tracción	ⓘ	* 207	-	304	MPa
Resistencia a compresión	ⓘ	* 207	-	257	MPa
Elongación	ⓘ	* 0,85	-	0,95	% strain
Dureza-Vickers	ⓘ	* 10,8	-	21,5	HV
Resistencia a fatiga para 10 <sup>7</sup> ciclos	ⓘ	* 41,3	-	91,1	MPa
Tenacidad a fractura	ⓘ	* 19,3	-	31	MPa.m <sup>0.5</sup>
Coefficiente de pérdida mecánica (tan delta)	ⓘ	* 0,0028	-	0,0029	

ILUSTRACIÓN 48. PROPIEDADES MECÁNICAS GFRP.

Su máxima temperatura en servicio viene delimitada por la del epoxi, que es muy inferior a la que pueden soportar las fibras de vidrio: 220°C.

Por último, su durabilidad frente a gasolinas, aceites y solventes:

### Durabilidad: gasolinas, aceites y solventes

Acetato de amilo	ⓘ	Aceptable
Benceno	ⓘ	Aceptable
Tetracloruro de carbono	ⓘ	Excelente
Cloroformo	ⓘ	Inaceptable
Crudo	ⓘ	Aceptable
Diesel	ⓘ	Excelente
Lubricantes	ⓘ	Excelente
Parafinas, keroseno	ⓘ	Excelente
Petróleo (gasolina)	ⓘ	Excelente
Siliconas líquidas	ⓘ	Excelente
Toluenos	ⓘ	Aceptable
Terpenos	ⓘ	Aceptable
Aceites vegetales (general)	ⓘ	Excelente
Gasolina Blanca	ⓘ	Excelente

ILUSTRACIÓN 49. DURABILIDAD DEL GFRP FRENTE A GASOLINAS, ACEITES Y SOLVENTES.

Sus principales inconvenientes son: el precio 33.2€/kg y no ser reciclable.

## Aluminio.

El aluminio es el segundo material más usado, por detrás del acero únicamente. Para este proyecto se estudiará la serie 5000, por ser la más resistente, se compone de una aleación de Al + 0.5-5.5% de Mg, Mn, Si, Fe y Zn.

Sus principales características son:

- Densidad: 2700 kg/m<sup>3</sup>.
- Precio: 2.28 €/kg.
- Máxima temperatura de servicio: 170°C.
- Reciclable.

En cuanto a las propiedades mecánicas:

### Propiedades mecánicas

Módulo de Young	i	69	-	74	GPa
Módulo de cortante	i	25	-	28	GPa
Módulo en volumen	i	66	-	77	GPa
Coefficiente de Poisson	i	0,32	-	0,34	
Límite elástico	i	65,1	-	252	MPa
Resistencia a tracción	i	151	-	323	MPa
Resistencia a compresión	i	* 65,1	-	264	MPa
Elongación	i	4,3	-	23	% strain
Dureza-Vickers	i	37,8	-	98,3	HV
Resistencia a fatiga para 10 <sup>7</sup> ciclos	i	* 61,7	-	150	MPa
Tenacidad a fractura	i	* 27	-	37	MPa.m <sup>0.5</sup>
Coefficiente de pérdida mecánica (tan delta)	i	0,0011			

ILUSTRACIÓN 50. PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ALUMINIO.

Su comportamiento frente a gasolinas, aceites y solventes es excelente en todos los aspectos.

### Durabilidad: gasolinas, aceites y solventes

Acetato de amilo	i	Excelente
Benceno	i	Excelente
Tetracloruro de carbono	i	Excelente
Cloroformo	i	Excelente
Crudo	i	Excelente
Diesel	i	Excelente
Lubricantes	i	Excelente
Parafinas, keroseno	i	Excelente
Petróleo (gasolina)	i	Excelente
Siliconas líquidas	i	Excelente
Toluenos	i	Excelente
Terpenos	i	Excelente
Aceites vegetales (general)	i	Excelente
Gasolina Blanca	i	Excelente

ILUSTRACIÓN 51. DURABILIDAD DEL AL FRENTE A GASOLINAS, ACEITES Y SOLVENTES.

Sus principales inconvenientes son: El peso y la dificultad de su procesabilidad para nuestro prototipo requiriendo maquinaria específica.

Una vez se conocen las principales características de estas 3 opciones vamos a compararlas para ver cuál es la mejor.

Se compararán los principales parámetros para escoger una u otra opción, en **verde** sus características positivas, en **amarillo** las neutras y en **rojo** las negativas.

	CFRP	GFRP	ALUMINIO
Propiedades mecánicas	Verde	Verde	Amarillo
Peso	Verde	Amarillo	Rojo
Precio	Amarillo	Amarillo	Verde
Propiedades contaminantes	Rojo	Rojo	Verde
Durabilidad con gasolinas, aceites y solventes	Verde	Verde	Verde
Proceso de fabricación	Verde	Verde	Rojo
Temperatura de servicio	Verde	Verde	Amarillo

TABLA 1. COMPARACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE LAS 3 OPCIONES SELECCIONADAS.

Una vez ya se ha investigado y comparado los materiales por los que se optó como opciones, podemos decidir cuál es la mejor.

La opción óptima es la fibra de carbono con epoxi (CFRP), con ella se consigue una mejora de las propiedades mecánicas, disminución de peso y una gran fiabilidad.

## SUBCHASIS

En este caso el material de estudio va a ser acero con un contenido medio en carbono, este material es capaz con unas simples soldaduras de aguantar todo tipo de esfuerzos. Su peor característica es la corrosión por lo que requiere de un buen tratamiento de pintura y posterior mantenimiento para evitarla.

### Material

Al pensar en acero nos vienen a la mente ferrocarriles, plataformas petrolíferas, buques cisterna y rascacielos. Esta imagen no es acero en general, sino acero al carbono. No hay ningún otro material que al mismo tiempo sea tan fuerte, tenaz y tan fácilmente conformable a la vez que barato. Los aceros al carbono son aleaciones de hierro con carbono y a menudo un poco de manganeso, níquel y silicio. Los aceros con un carbono medio (0,3-0,7% de carbono) se endurecen por temple (lo que permite controlar sus propiedades). Esta propiedad permite un gran control sobre sus propiedades. Los aceros con contenido intermedio en carbono se utilizan a gran escala en las vías del ferrocarril, aunque hay muchas otras aplicaciones de menor volumen.

### ILUSTRACIÓN 52. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ACERO.

Se usa este material ya que, a la hora de elaborar chasis, solo precisa de ir reuniendo tubos de acero de diferentes tamaños y formas y soldarlos dando la forma requerida, además una de sus características más interesantes es su precio, ya que es considerado de los materiales más baratos, algo que para los fabricantes de grandes producciones en serie resulta muy llamativo.

### Propiedades generales

Densidad	i	7,8e3	kg/m <sup>3</sup>
Precio	i	* 0,671 - 0,698	EUR/kg
Fecha de primer uso ("- " significa AC)	i	1610	

### ILUSTRACIÓN 53. PROPIEDADES GENERALES ACERO.

Gracias a sus propiedades mecánicas es un material que aporta gran resistencia, con poco material, consiguiendo así piezas poco pesadas y con muy buenas propiedades. Esto es algo por lo que se ha impuesto al uso del aluminio que bien es menos pesado, pero a la hora de conseguir las mismas propiedades mecánicas, necesita piezas mucho más voluminosas, con espesores mayores y con muchos más puntos de soldadura y anclajes entre ellas.

### Propiedades mecánicas

Módulo de Young	(i)	200	-	220	GPa
Módulo de cortante	(i)	77	-	85	GPa
Módulo en volumen	(i)	160	-	180	GPa
Coefficiente de Poisson	(i)	0,28	-	0,29	
Límite elástico	(i)	376	-	929	MPa
Resistencia a tracción	(i)	591	-	1,19e3	MPa
Resistencia a compresión	(i)	* 376	-	929	MPa
Elongación	(i)	11	-	30	% strain
Dureza-Vickers	(i)	183	-	415	HV
Resistencia a fatiga para 10 <sup>7</sup> ciclos	(i)	* 295	-	483	MPa
Tenacidad a fractura	(i)	* 32	-	71,9	MPa.m <sup>0.5</sup>
Coefficiente de pérdida mecánica (tan delta)	(i)	* 3,9e-4	-	8,9e-4	

### ILUSTRACIÓN 54. PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ACERO.

De todas estas propiedades, destacamos el módulo de Young, límite elástico, resistencias tanto a la tracción como a la compresión ya que estará sometido a los dos esfuerzos y su gran tenacidad a fractura.

En cuanto a sus propiedades térmicas se destaca su máxima temperatura en servicio: 350°C.

Otro factor que es llamativo en él y por lo que favorece su uso es que sea reciclable, al ser piezas que se producen en grandes series, es necesario poder reciclarlo posteriormente ya que la industria del motor, en concreto las motocicletas seguirá avanzando y sacando nuevos modelos por lo que estos antiguos se irán dejando de lado y así lograremos no perder todo ese material usado.

### Reciclado del material: energía, CO2 y fracción reciclable

Reciclaje	(i)	✓			
Contenido en energía, reciclado	(i)	* 8,12	-	8,96	MJ/kg
Huella de CO2, reciclado	(i)	* 0,638	-	0,703	kg/kg
Fracción reciclable en suministro habitual	(i)	40	-	44	%
Reciclado inferior	(i)	✓			
Combustión para recuperar energía	(i)	✗			
Vertedero	(i)	✓			
Biodegradable	(i)	✗			
Ratio de toxicidad	(i)	No tóxico			
Fuente renovable	(i)	✗			

### Aspectos Medioambientales

La energía necesaria para producir acero es relativamente baja, por unidad de peso es la mitad que en polímeros, por ejemplo. Por unidad de volumen, sin embargo, es el doble. Los aceros al carbono son fáciles de reciclar, y la energía necesaria es pequeña.

### ILUSTRACIÓN 55. PROPIEDADES MEDIOAMBIENTALES DEL ACERO.

Una vez conocido el material de la pieza original se pueden plantear las alternativas al mismo para el prototipo.

Tras investigar sobre los materiales más usados en los procesos de fabricación de chasis tanto para motocicletas, coches y demás vehículos, los tres materiales seleccionados para investigar y comparar son: Acero, Aluminio y titanio.

En anteriores apartados ya se ha hablado tanto del aluminio en la elección de materiales para el prototipo del asiento, como del acero en el apartado inmediatamente posterior a este, en el material de la pieza original.

### **Titanio.**

El nombre de este material viene del Dios Griego Titán haciendo referencia a su gran tamaño y fuerza.

Las aleaciones de este material representan la mayor relación resistencia vs peso frente a las aleaciones de aluminio y acero.

La aleación más utilizada es Ti con V entre el 4-6% y es la que se somete a estudio en este proyecto.

Características generales:

- Densidad: 4790 kg/m<sup>3</sup>.
- Precio: 21.9€/kg.
- Máxima temperatura de servicio: 487°C.
- Reciclable.

Al igual que los otros 3 materiales sometidos a estudio se han de destacar sus propiedades mecánicas.

### Propiedades mecánicas

Módulo de Young	①	110	-	120	GPa
Módulo de cortante	①	38	-	45	GPa
Módulo en volumen	①	110	-	120	GPa
Coefficiente de Poisson	①	0,33	-	0,35	
Límite elástico	①	701	-	1,09e3	MPa
Resistencia a tracción	①	763	-	1,19e3	MPa
Resistencia a compresión	①	* 680	-	1,15e3	MPa
Elongación	①	6	-	20	% strain
Dureza-Vickers	①	223	-	373	HV
Resistencia a fatiga para 10 <sup>7</sup> ciclos	①	* 412	-	636	MPa
Tenacidad a fractura	①	51,3	-	86,1	MPa.m <sup>0.5</sup>
Coefficiente de pérdida mecánica (tan delta)	①	* 0,001	-	0,002	

### ILUSTRACIÓN 56. PROPIEDADES MECÁNICAS TITANIO.

Por la posición que ocupará en la motocicleta es interesante destacar su durabilidad frente a gasolinas, aceites y solventes.

### Durabilidad: gasolinas, aceites y solventes

Acetato de amilo	①	Excelente
Benceno	①	Excelente
Tetracloruro de carbono	①	Uso limitado
Cloroformo	①	Excelente
Crudo	①	Excelente
Diesel	①	Excelente
Lubricantes	①	Excelente
Parafinas, keroseno	①	Excelente
Petróleo (gasolina)	①	Excelente
Siliconas líquidas	①	Excelente
Toluenos	①	Excelente
Terpenos	①	Excelente
Aceites vegetales (general)	①	Excelente
Gasolina Blanca	①	Excelente

### ILUSTRACIÓN 57. DURABILIDAD DEL TITANIO FRENTE A GASOLINAS, ACEITES Y SOLVENTES.

Para realizar la comparación entre las tres opciones expuestas, se debe añadir una última sección: Compatibilidad con el material del chasis, ya que como se ha explicado en anteriores apartados, según la Directiva Marco 2007/46/CE esta nueva pieza deberá ir en los mismos puntos de anclaje con el chasis que usaba la original, los cuales irán soldados por lo que no todos los materiales se comportarán igual en esta unión. Cabe destacar que el material del chasis es acero.

Para la comparación se usará el siguiente código de colores: Verde para cualidades positivas, amarillo para neutras y rojo para negativas.

	Acero	Titanio	Aluminio
Propiedades mecánicas	Verde	Verde	Rojo
Durabilidad frente a gasolinas, aceites y solventes	Verde	Verde	Verde
Propiedades medioambientales	Verde	Verde	Verde
Precio	Verde	Rojo	Amarillo
Máxima temperatura de servicio	Verde	Verde	Amarillo
Peso	Verde	Amarillo	Amarillo
Compatibilidad con el material del chasis	Verde	Amarillo	Rojo

TABLA 2. COMPARACIÓN ENTRE LAS 3 OPCIONES PLANTEADAS PARA EL NUEVO SUBCHASIS.

Es destacable que en cuanto al peso de las 3 opciones el más positivo es el acero ya que en este apartado no solo se ha de tener en consideración la densidad del material, sino el volumen necesario del mismo para ser capaz de realizar su función.

Una vez realizado el proceso de investigación y comparación se puede determinar que la alternativa óptima es el acero, igual que el material de la pieza original.



### III.4. ESTUDIO Y DEFINICIÓN DE CONDICIONES DE CONTORNO.

#### ASIENTO

En este apartado se definen los diferentes contactos entre componentes, así como sus puntos de anclaje.

El asiento constará con puntos de anclaje sobre el subchasis de la motocicleta, uno en la parte vertical, situado entre la parte final del depósito y sobre el chasis y 5 en su parte final situados sobre el subchasis.

Para la primera sujeción se utilizará un saliente del depósito y una barra horizontal del chasis de la motocicleta, donde encajaremos esa parte del asiento con forma de "C". Gracias a esto evitamos tener que añadirle tornillos o puntos de soldadura que conllevarían un aumento del peso de la pieza, esta sujeción es la misma que usa la pieza original simplemente la hemos mantenido en la nueva pieza, consiguiendo no tener que modificar nada en la parte de sujeción de la motocicleta.

Con esta sujeción limitamos el movimiento en el eje vertical de la pieza.



ILUSTRACIÓN 58. SUJECIÓN EJE VERTICAL PARA EL ASIENTO.

Respecto a las sujeciones traseras, sobre la base del nuevo asiento se realizarán 5 taladros cercanos al extremo para que queden cerca del subchasis, por los que se pasaran unos tornillos que a continuación atravesarán las pletinas soldadas sobre el nuevo subchasis y cada uno con su tuerca correspondiente se ajustará, con esto se limita el movimiento del asiento en el eje horizontal.

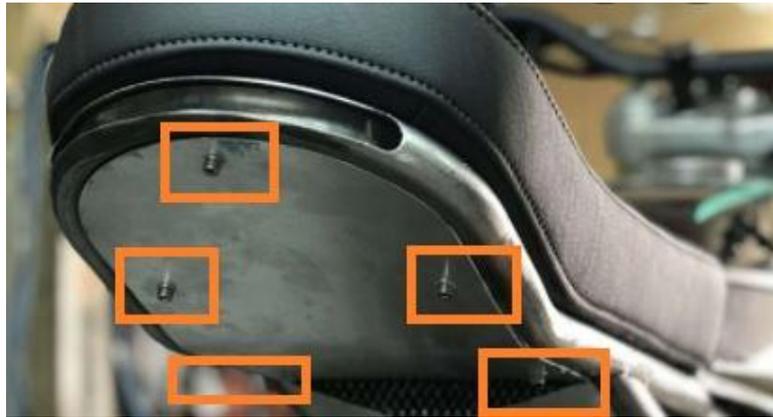


ILUSTRACIÓN 59. 5 SUJECIONES TRASERAS PARA EL ASIENTO.

Con estas sujeciones se ha conseguido limitar completamente el movimiento del asiento.

## **SUBCHASIS**

Para la sujeción del subchasis se trabajará con el mismo proceso por el cual se sujetaba el subchasis original, mediante soldadura.

Se retirará la pieza original y sobre los mismos puntos donde estaba soldada, se colocarán los nuevos tubos que formarán el subchasis que se han diseñado, se mantendrá el mismo diámetro exterior de los tubos y el ancho respetando las líneas del diseño original.

La mejor alternativa para abordar este proceso de unión, es la soldadura por arco con electrodo revestido.



ILUSTRACIÓN 60. PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO CON ELECTRODO REVISTIDO.

Para visualizar mejor la localización de estos 3 puntos de anclaje se va a mostrar, el chasis original de la motocicleta sobre la que se está trabajando.

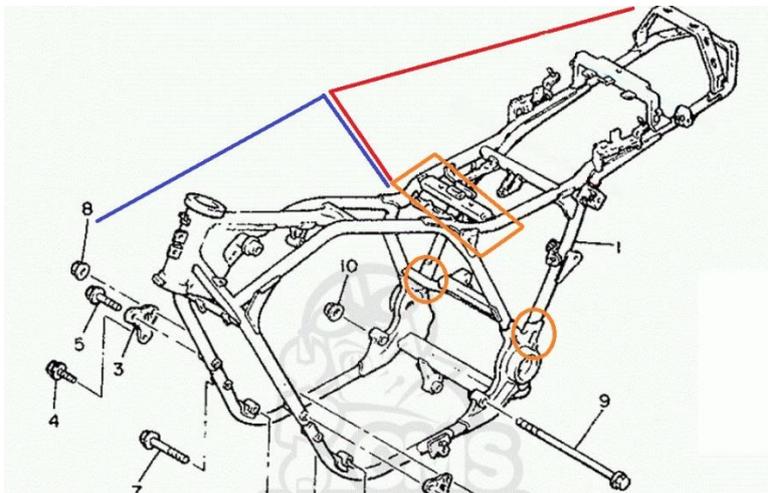


ILUSTRACIÓN 61. BOCETO DEL CHASIS ORIGINAL DEL PROYECTO.

AZUL	ROJO	NARANJA
CHASIS	SUBCHASIS	PUNTOS DE ANCLAJE

TABLA 3. CROQUIS DE COLORES USADOS EN EL BOCETO DEL CHASIS.

La zona delimitada por la línea azul se mantendrá ya que en España no está permitido cambiar el chasis de una motocicleta, sino posteriormente no se podrá homologar el proyecto, como indica la directiva marco 2007/46/CE

y el manual de reformas para vehículos revisión 6º expedido por el ministerio de industria comercio y turismos de España. Mientras que toda la parte roja se retirará y sustituirá por el nuevo diseño de subchasis utilizando esos mismos 3 puntos de anclaje marcados en naranja.

## III.5. SIMULACIÓN MEDIANTE FEM.

### ASIENTO

Primero se va a realizar la simulación sobre la pieza original.

Dentro del software de Soliworks se irá a la ventana de simulaciones una vez ahí se tendrán que rellenar todos los datos de la pieza que solicita el programa para poder simular.

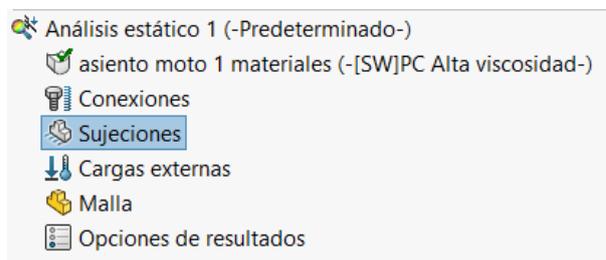


ILUSTRACIÓN 62. PARÁMETROS PARA SIMULAR.

Como se conoce el material que es PC, se introduce en su pestaña.

Conexiones no tiene ya que no es un ensamblaje sino una pieza compacta, por lo que el siguiente apartado sobre el que trabajar son las sujeciones, como nombramos en el apartado de diseño de la pieza se realizó unas líneas de partición que son las que se van a usar, para ello se usará una geometría fija:

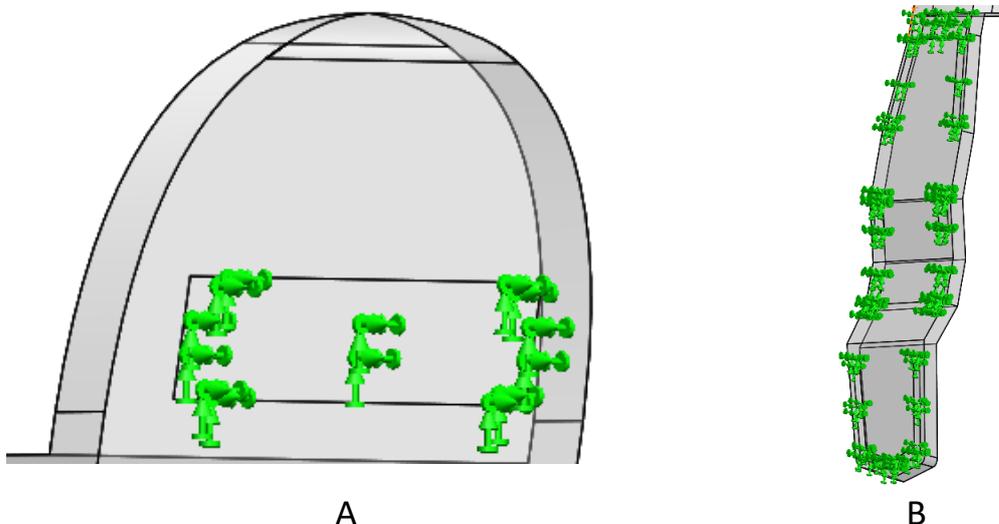


ILUSTRACIÓN 63. A) GEOMETRÍA FIJA EN LA SUJECIÓN VERTICAL. B) GEOMETRÍAS FIJAS EN LAS SUJECIONES HORIZONTALES.

Una vez introducidas las sujeciones, limitando así el movimiento de la pieza, se procede a introducir las cargas que va a soportar, este asiento está diseñado para poder transportar a dos personas adultas, se tomará como masa de cada una 75kg que es algo medio, con un factor de seguridad del 2% lo que nos supone 1765.2N, soportados en el eje vertical.

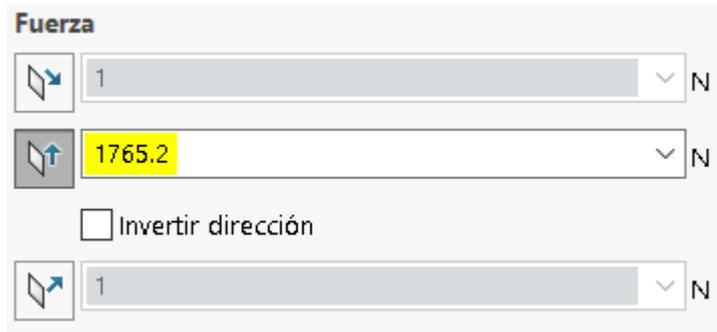


ILUSTRACIÓN 64. FUERZA APLICADA EN NEWTONS SOBRE EL ASIENTO.

Sobre la pieza saldrán representadas con flechas violetas indicándonos la disposición de esa fuerza.

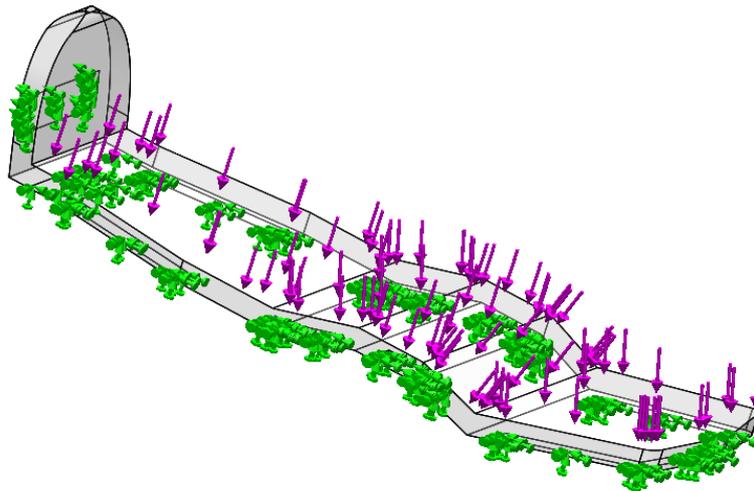


ILUSTRACIÓN 65. REPRESENTACIÓN Y DIRECCIÓN EN VIOLETA DE LA FUERZA APLICADA.

Por último, se pasa a la malla que es el procedimiento mediante el cual los programas de elementos finitos permiten discretizar una pieza.

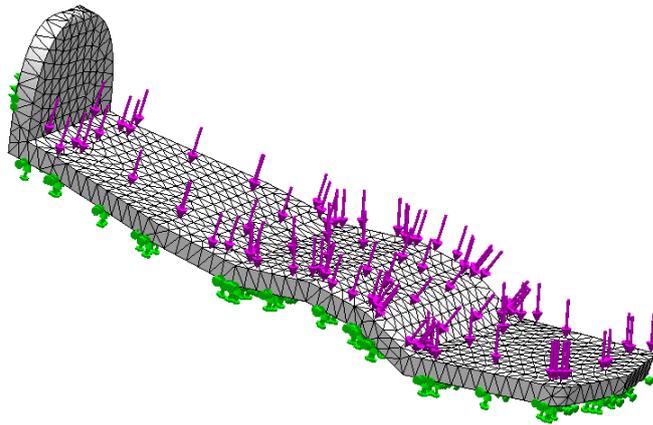


ILUSTRACIÓN 66. MALLA PARA DISCRETIZAR LA PIEZA.

Con todos estos parámetros definidos ya se puede ejecutar la simulación y ver los resultados obtenidos.

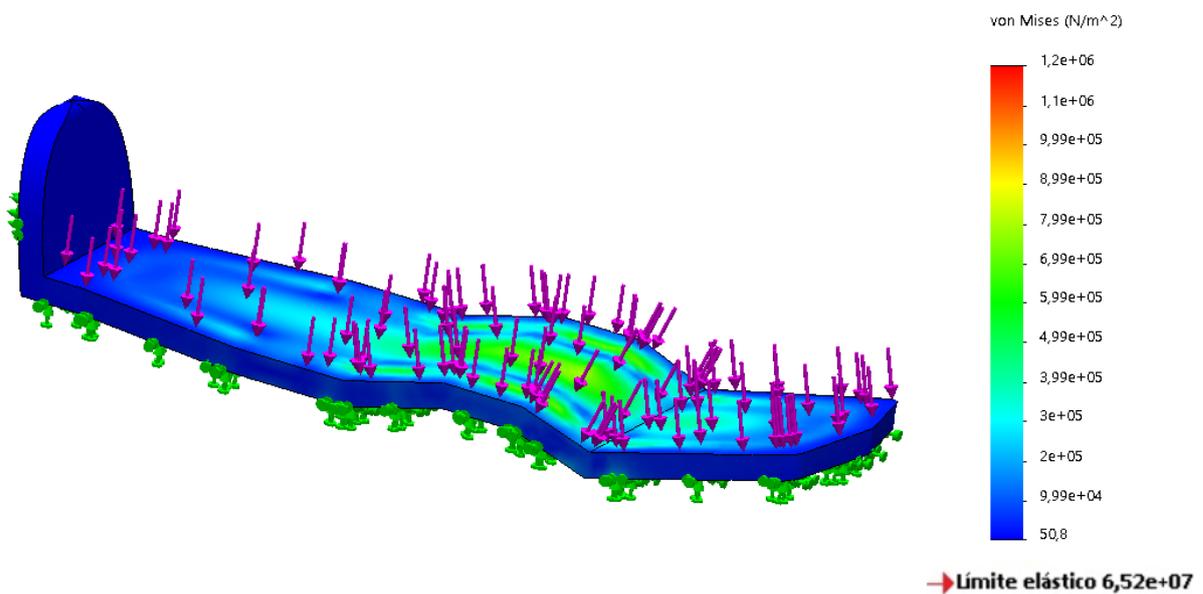


ILUSTRACIÓN 67. RESULTADOS DE TENSIONES, CON ESCALA DE COLORES.

Como se observa en las imágenes se comprueba que el material encuentra su peor zona en su parte interior, flectando, pero es un resultado dentro de los parámetros de normalidad al ser un material plástico. En ningún momento llega a superar su límite elástico.

Desde la escala de desplazamientos:

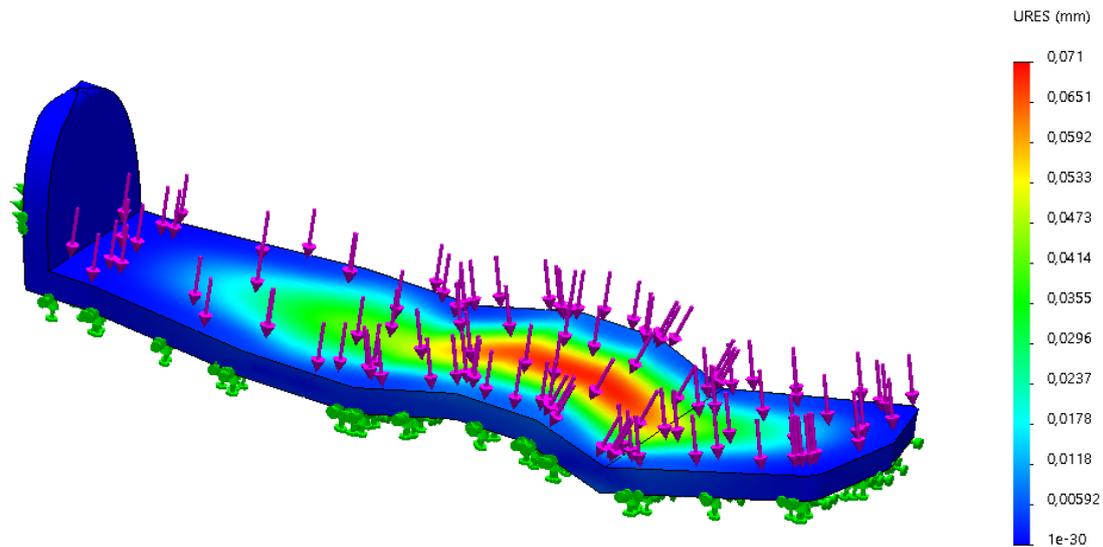


ILUSTRACIÓN 68. RESULTADO DE DESPLAZAMIENTOS, CON ESCALA DE COLORES.

Las dos zonas más afectadas son, la parte media y la parte final de la pieza en su zona central, con un máximo de 0.071mm de desplazamiento un valor que no supone un parámetro crítico para la pieza.

### Factor de seguridad de la pieza.

Viene determinado por la expresión =

$$\frac{\text{Límite elástico del material}}{\text{Esfuerzo máximo de Von Misses}} = \frac{6.52e+07}{1.2e+06} = 54.3$$

Ahora se procede a realizar la misma simulación siguiendo los mismos pasos para la pieza que se ha diseñado.

Se tiene que volver a rellenar el árbol de datos que el software demanda para poder realizar la simulación, se colocará el mismo tipo de sujeciones con una geometría fija sobre las líneas de partición que ya teníamos sobre la pieza, las cuales se realizaron en el proceso de diseño de la misma, la carga será la misma de 1765.2N aplicada de forma vertical ya que en este nuevo diseño se mantendrá la función de transportar a dos personas simultáneamente.

La diferencia que hay respecto a la anterior simulación es que se va a trabajar con un material compuesto, por lo que se tiene que introducir unos parámetros para definirlo dentro del software de Solidworks. Para definir este nuevo material en Solidworks se deben usar las propiedades ortotrópicas del material no las isotrópicas. Esto significa que es un material que se caracteriza por tener propiedades en las tres dimensiones las cuales habrá que definir.

Tipo de modelo:

ILUSTRACIÓN 69. PROPIEDADES ORTOTRÓPICAS.

Para saber las propiedades mecánicas de este material se utilizará un modelo de chamis realizado en Excel, este proceso consiste en trabajar en una hoja de Excel detallando por un lado las propiedades mecánicas de la resina epoxi en este caso y por otro las propiedades mecánicas de las fibras de carbono, el modelo de chamis mediante fórmulas calcula las propiedades del material compuesto resultante teniendo en cuenta la cantidad de cada material, que componen el material compuesto. Este nuevo material se llamará material para proyecto y estos son los valores que obtenemos del modelo de chamis.

Nombre:

Criterio de fallos predeterminado:

Descripción:

Origen:

Sostenibilidad:

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico en X	266498.4	N/mm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad en Y	16624.7	N/mm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad en Z	16624.7	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson en XY	0.245	N/D
Coefficiente de Poisson en YZ	0.245	N/D
Coefficiente de Poisson en XZ	0.1915	N/D
Módulo cortante en XY	7297.31	N/mm <sup>2</sup>
Módulo cortante en YZ	7297.31	N/mm <sup>2</sup>
Módulo cortante en XZ	6976.39	N/mm <sup>2</sup>
Módulo cortante en XZ	6976.39	N/mm <sup>2</sup>
Densidad de masa	1544	kg/m <sup>3</sup>
Límite de tracción en X	1750	N/mm <sup>2</sup>
Límite de tracción en Y	47.9	N/mm <sup>2</sup>
Límite de compresión en X	1050	N/mm <sup>2</sup>
Límite de compresión en Y	89.7	N/mm <sup>2</sup>
Límite cortante en XY	47.9	N/mm <sup>2</sup>
Límite elástico	1575	N/mm <sup>2</sup>

Ilustración 70. Datos aportados por el modelo de chamis.

Para definir este material compuesto, una vez se tiene sus propiedades mecánicas, se continua con su composición por capas, se entra en la opción definir vaciado por caras seleccionadas y se seleccionan todas las caras de la pieza y la opción de tipo compuesto.

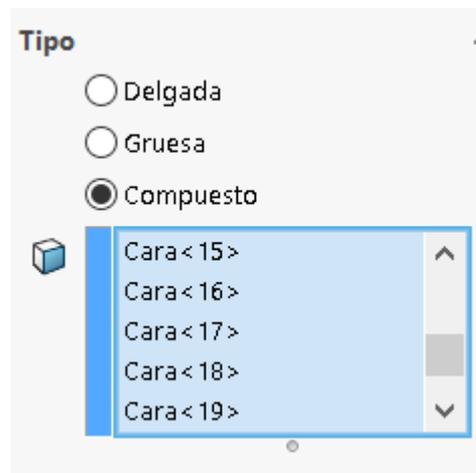


ILUSTRACIÓN 71. DEFINICIÓN MATERIAL COMPUESTO.

Se usará un espesor de capa de 1mm, por lo que con el espesor de la pieza sobre la que trabajamos, el número total de capas será de 20.

Para su orientación de capas se usará un ángulo de 0°, 45°, -45° y 90°. Que se irá repitiendo hasta completar la orientación de todas las capas, teniendo un patrón simétrico.

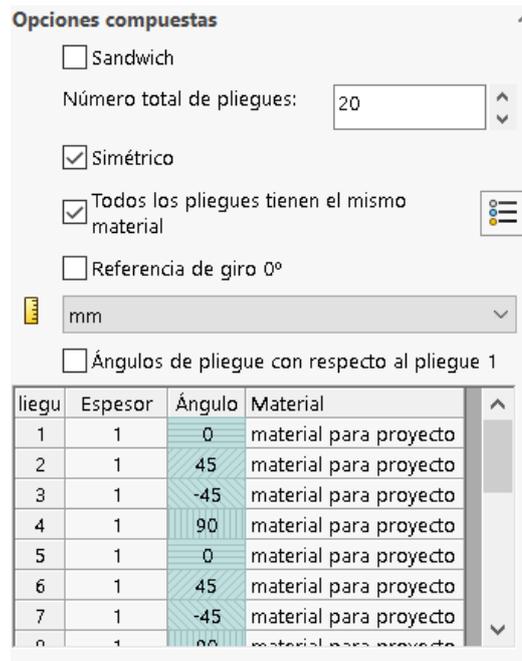


ILUSTRACIÓN 72. COMPOSICIÓN DE LAS CAPAS DEL MATERIAL PARA PROYECTO.

Con todos estos parámetros definidos la pieza quedará así:

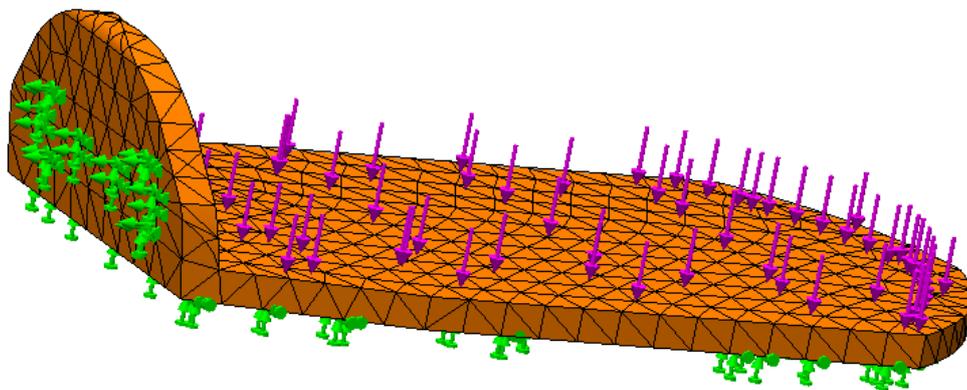


ILUSTRACIÓN 73. PROTOTIPO CON TODOS LOS PARÁMETROS ESTABLECIDOS PARA PODERREALIZAR LA SIMULACIÓN.

Ya se puede ejecutar la simulación y comprobar los resultados obtenidos:

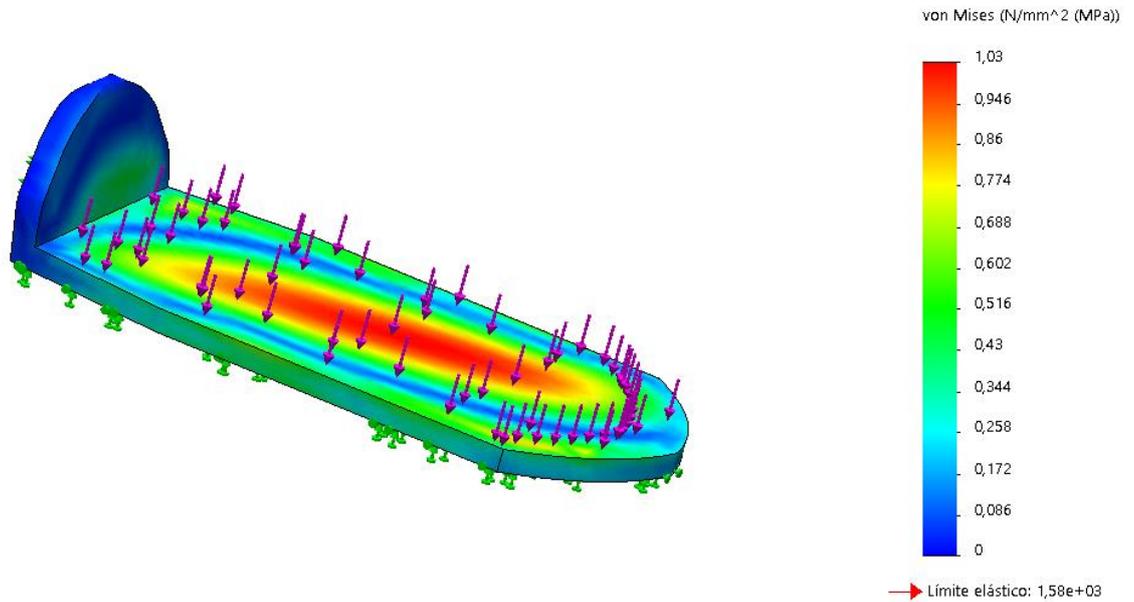


ILUSTRACIÓN 74.RESULTADOS DE TENSIONES DE LA SIMULACIÓN.

Observando estos resultados, se comprueba que la pieza en ningún momento supera el límite elástico y está muy lejos del mismo, pudiendo aguantar la carga sin problemas.

Observando la pieza desde la gráfica de desplazamientos:

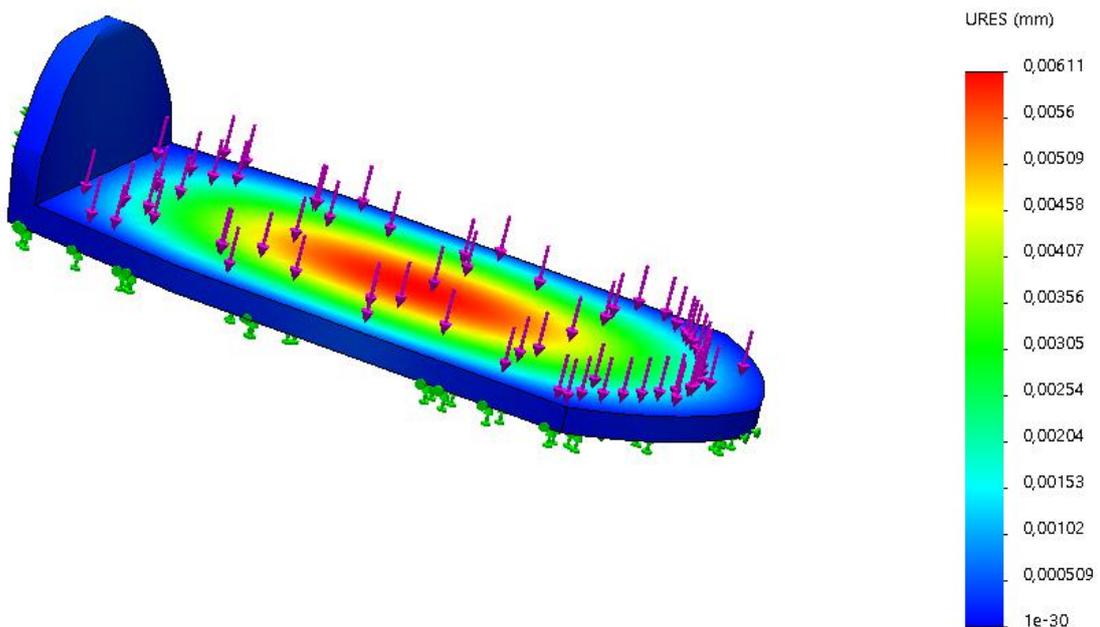


ILUSTRACIÓN 75.RESULTADOS DE DESPLAZAMIENTOS DE LA SIMULACIÓN.

Las conclusiones que se sacan de esta simulación es que la pieza tiene su punto crítico en el centro tanto a lo largo como a lo ancho, siendo este de 0.00611mm, por lo que no supone ningún riesgo para la integridad de la pieza a la hora de desempeñar su función. En ningún momento se supera el límite elástico del material por lo que la pieza aguantaría sin romperse.

### Factor de seguridad de la pieza.

Viene determinado por la expresión =

$$\frac{\text{Límite elástico del material}}{\text{Esfuerzo máximo de Von Misses}} = \frac{1580}{1.03} = 1534$$

### SUBCHASIS

En primer lugar, se va a realizar la simulación sobre el subchasis original.

Para ello como ya se ha hecho con el asiento se entrará dentro del software de Solidworks en la función simulación y se seleccionará nuevo estudio, seleccionando como tipo, estático.

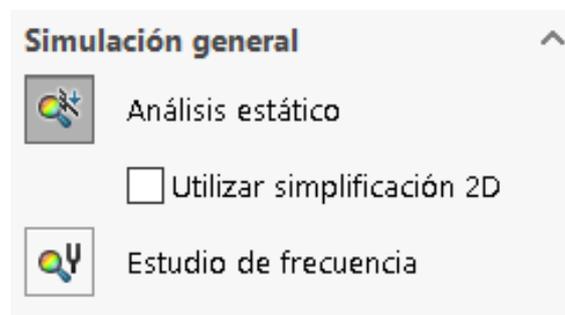


ILUSTRACIÓN 76. OPCIÓN DE ANALISIS ESTÁTICO PARA LA SIMULACIÓN.

A continuación, se va a ir rellenando todos los apartados con las características de la pieza:

El material como ya se ha explicado es acero al carbono con un nivel medio de contenido de carbono, este material se puede seleccionar en la base de datos que incorpora Solidworks.

En el apartado de conexiones no se tiene que introducir nada ya que no tenemos un ensamblaje, esta opción consigue en los ensamblajes evitar los movimientos relativos entre piezas.

En las sujeciones, este apartado hace referencia a la geometría fija que se debe introducir para fijar la pieza en el espacio, ya que se está trabajando con un modelo estático. De todos los tipos de sujeciones que permite usar el programa se va a trabajar con geometría fija.

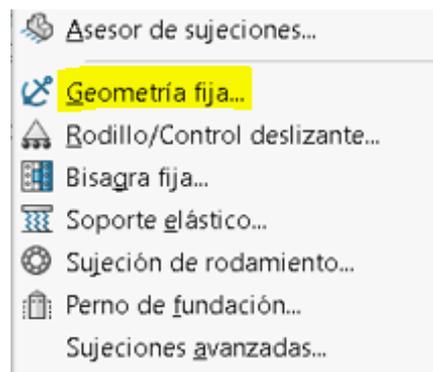


ILUSTRACIÓN 77. PÁRAMETRO DE SUJECIONES PARA LA SIMULACIÓN.

Estas sujeciones se colocarán sobre las 3 áreas de las líneas de partición que se han colocado sobre la pieza, en su fase de diseño.

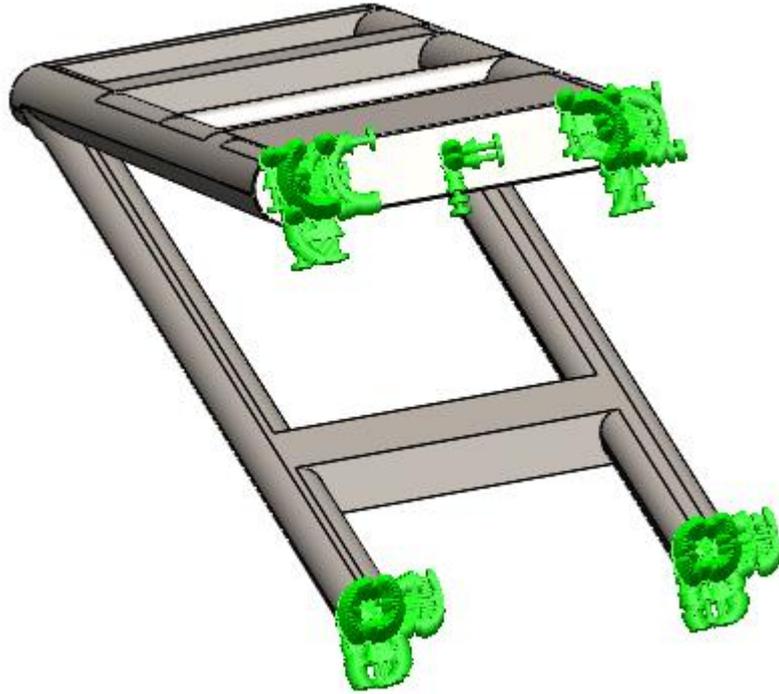
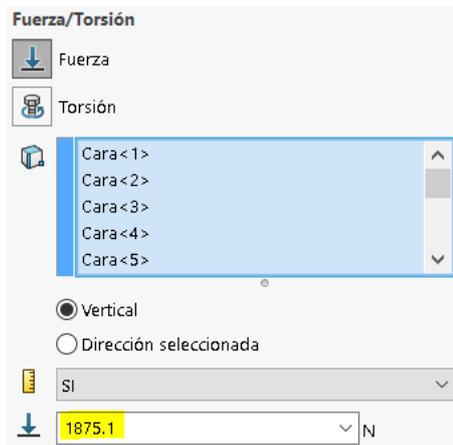
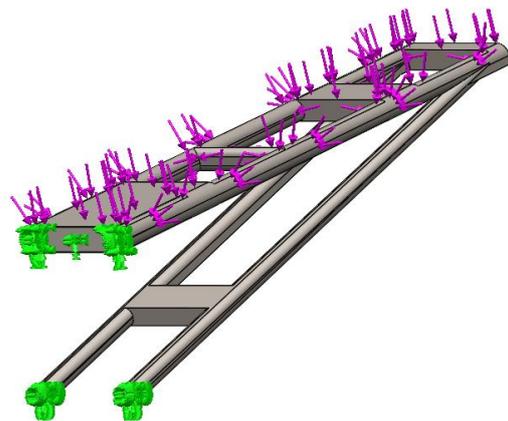


ILUSTRACIÓN 78. GEOMETRÍA FIJA EN VERDE, PARA SIMULAR UN ANÁLISIS ESTÁTICO.

Para las cargas, esta pieza soportará la misma carga que soportaba el asiento de 180kg más el propio peso del asiento que son 11.14kg, resultando en Newtons un total de 1875.1 N. Aplicada sobre la parte superior de la pieza en el eje vertical.



A



B

ILUSTRACIÓN 79. A) CAMPO PARA INTRODUCIR EL VALOR DE LA FUERA. B) APLICACIÓN VERTICAL DE LA CARGA EN VIOLETA.

Ya se puede pasar al último apartado, crear una malla para discretizar la pieza y que el programa de elementos finitos pueda trabajar.

Con todos estos parámetros definidos, se ejecuta el estudio y estos son los resultados obtenidos:

Primero se observa la pieza en la escala de tensiones, para ver si ha sufrido deformaciones.

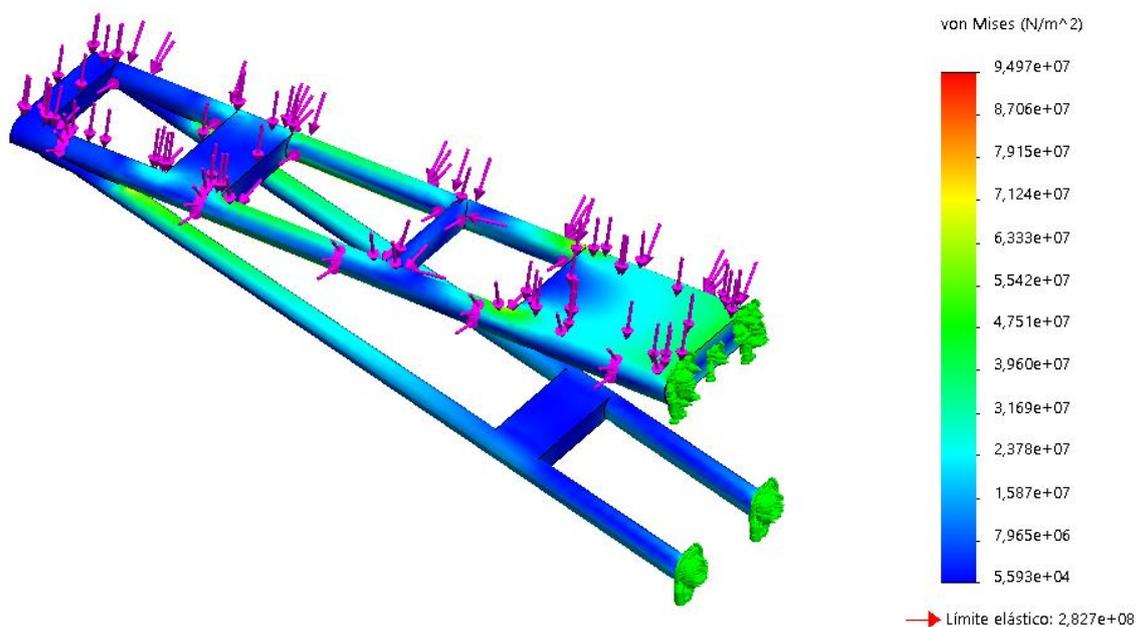


ILUSTRACIÓN 80. RESULTADO DE TENSIONES DE LA SIMULACIÓN.

Toda la pieza se encuentra muy lejos de una zona crítica, que sería si alguna tensión llegase o superase el límite elástico del material. Por lo que la simulación es correcta.

Si se ve la pieza desde la escala de desplazamientos:

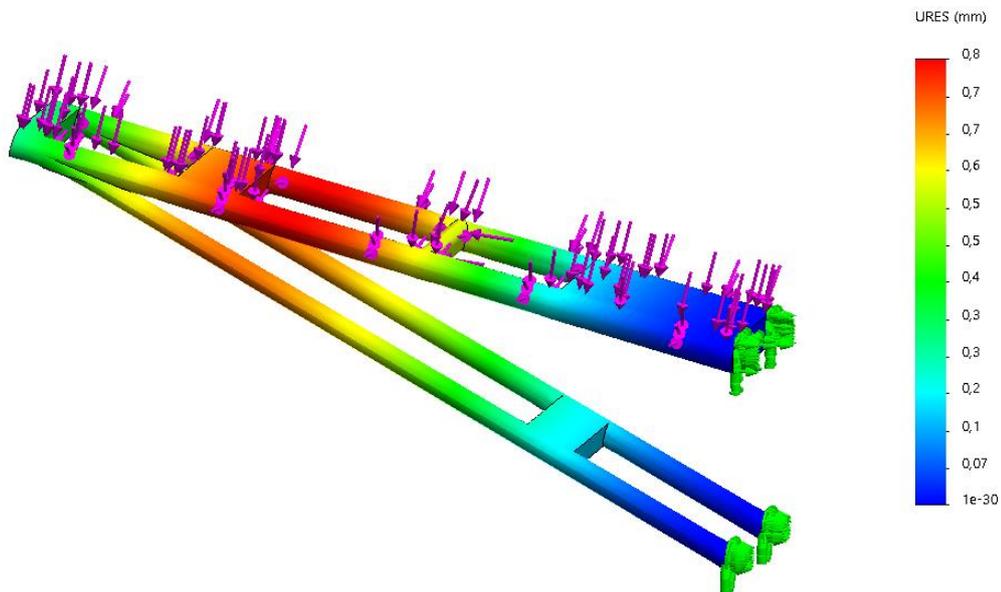


ILUSTRACIÓN 81, REPRESENTACIÓN DE DESPLAZAMIENTOS DE LA SIMULACIÓN.

La zona más afectada es la parte central de las barras superiores e inferiores ya que es la parte más alejada tanto de los puntos de sujeción sobre el chasis, como del punto de unión de las barras superiores con las inferiores, pero el desplazamiento es mínimo, del orden de 0.8mm por lo que está dentro de la normalidad y no afecta a la estructura de la pieza.

#### **Factor de seguridad de la pieza.**

Viene determinado por la expresión =

$$\frac{\text{Límite elástico del material}}{\text{Esfuerzo máximo de Von Misses}} = \frac{2.827e+08}{9.497e+07} = 2.97$$

En la última parte del apartado de simulaciones se va a realizar la simulación sobre el prototipo de subchasis.

Igual que en las 3 simulaciones anteriores se va a ir rellenando todos los apartados.

Este proceso es muy similar a la simulación del chasis original, ya que el material es el mismo y la aplicación de la fuerza también, se debe cambiar el valor de esta fuerza ya que el asiento reduce su peso a 5.43Kg, quedando un total de 1819.1N, una vez introducidos todos los parámetros, así queda la pieza:

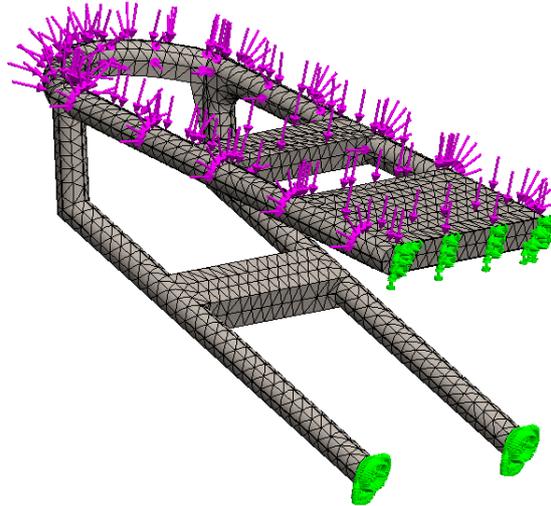


ILUSTRACIÓN 82. VISTA FINAL DE LA PIEZA CON TODOS LOS CAMPOS PARA PODER REALIZAR LA SIMULACIÓN RELLENADOS COMO EN EL APARTADO ANTERIOR.

Se procede a ejecutar la simulación.

Viendo la simulación desde la gráfica de tensiones:

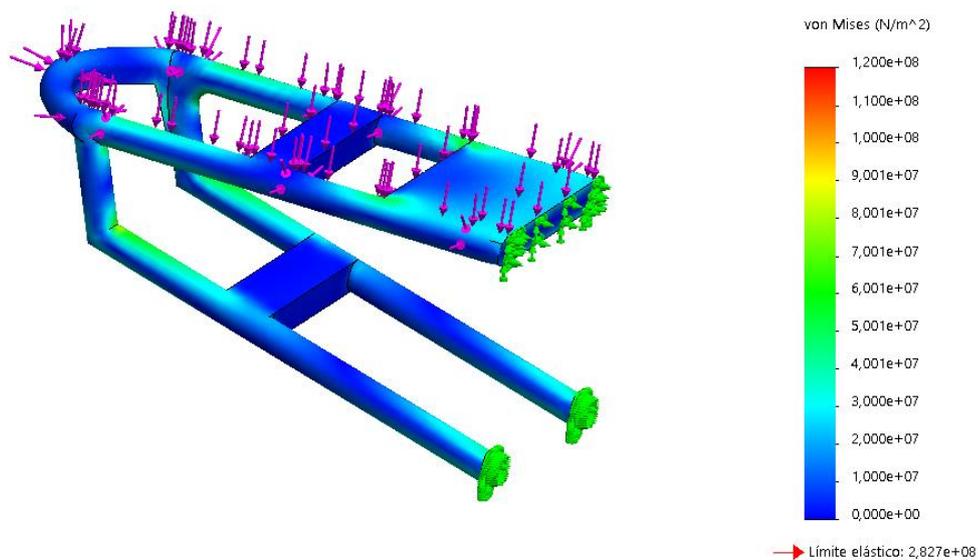


ILUSTRACIÓN 83. REPRESENTACIÓN CON COLORES DE LAS TENSIONES OBTENIDAS EN LA PIEZA, JUNTO CON SU ESCALA Y LÍMITE ELASTICO.

Se comprueba que la pieza soportaría la misma carga que la original sin ningún valor crítico, que nos indicase que debemos cambiar sus características.

Pasamos a observar el resultado en la gráfica de desplazamientos:

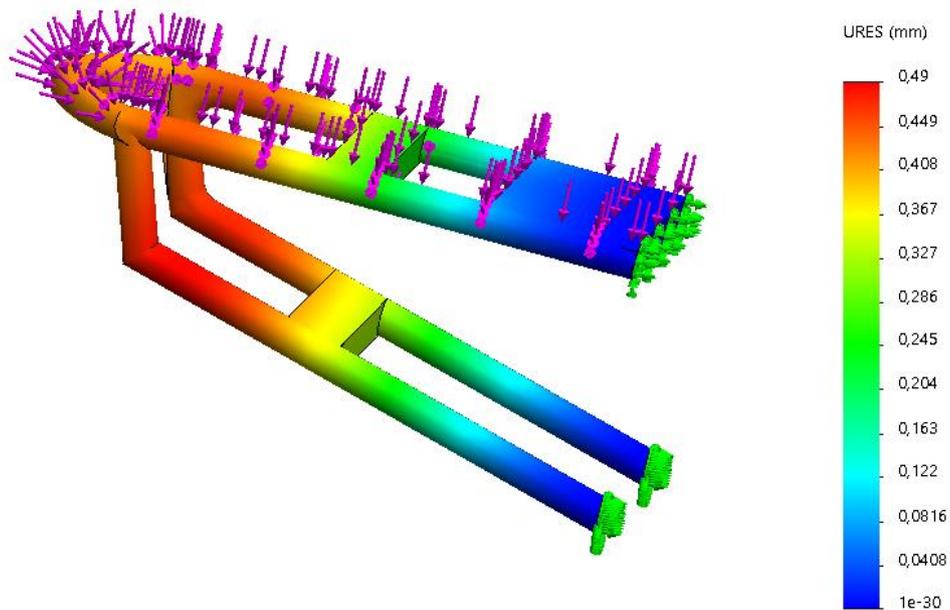


ILUSTRACIÓN 84. REPRESENTACIÓN DE DESPLAZAMIENTOS EN LA SIMULACIÓN.

Los puntos más críticos del prototipo, son las dos barras de unión entre las barras superiores y las inferiores ya que es el punto opuesto a los puntos de unión, cabe destacar que el valor máximo de 0.49mm no supone ningún riesgo para la estructura de la pieza y mejora el valor crítico de la pieza original que era de 0.8mm, al ser esta mucho más compacta y rígida.

**Factor de seguridad de la pieza.**

Viene determinado por la expresión =

$$\frac{\text{Límite elástico del material}}{\text{Esfuerzo máximo de Von Misses}} = \frac{2.827e+08}{1.2e+08} = 2.36$$

A modo de resumen del apartado de simulaciones y diseño, tanto de las piezas originales como de los prototipos, se va a mostrar una tabla con los resultados finales, para poder apreciar la mejora entre piezas originales y prototipos.

	Subchasis original	Subchasis prototipo	Asiento original	Asiento prototipo
Tensiones (MPa)	94.97	120	1.2	1.03
Deformaciones (mm)	0.8	0.49	0.071	0.0061
Factor de seguridad	2.97	2.36	54.3	1534
Peso (Kg)	50.5	35.3	11.14	5.43

Tabla 4. Comparativa de las simulaciones y diseños en 3 dimensiones.

El factor de seguridad entre el subchasis original y el subchasis del prototipo permanece prácticamente igual ya que se usan los mismos materiales, mismos tubos normalizados y diseño muy parecido al original, solo varía sus dimensiones y por lo tanto su peso. En todos los demás aspectos se comprueba que el prototipo diseñado supera a la pieza original, con mejores propiedades mecánicas y una disminución del peso.

## III.6. DISEÑO FINAL.

A modo de resumen sobre el diseño final, se va a dar una pequeña explicación antes de mostrar el resultado.

### **ASIENTO**

En el apartado del asiento se ha sustituido el material original, usado para grandes producciones en serie, por uno más eficiente a la hora de producir una única pieza, como es el material compuesto de fibra de carbono y resina, esta pieza también será sometida a un rediseño sobre su predecesora, llegando a la conclusión de que con un tamaño mucho menor nos puede aportar las mismas propiedades y llevar a cabo la misma función, consiguiendo una gran reducción de peso y mejor carga aerodinámica frente al viento.

Sobre los materiales secundarios que componen la pieza final, aunque estos materiales no han sido sometidos a estudio, podemos decir que para una gran comodidad de piloto se le ha colocado una base a espuma para tapizar con una ligera capa de latex por encima y finalmente se ha recubierto con cuero negro. Estos materiales también afectan al diseño ya que el asiento cuenta con un colín acolchado para poder transportar a una persona encima, pero si solo cuenta con un conductor la motocicleta, actúa mejorando la aerodinámica frente al viento.



ILUSTRACIÓN 85. FORMA FINAL DEL PROTOTIPO DEL ASIENTO TAPIZADO, VISTA LATERAL.



ILUSTRACIÓN 86. FORMA FINAL DEL PROTOTIPO DEL ASIENTO TAPIZADO, VISTA EN PLANTA.

## SUBCHASIS

Para el nuevo subchasis de la motocicleta todo ha sido más rápido y fácil ya que este diseño ha ido permanentemente guiado por el diseño del nuevo asiento, con respecto a subchasis original se ha mantenido el mismo material, acero y se le ha dado un toque más sencillo, con líneas muy rectas y el característico cierre en “U” de las café racers.

Como ya se ha nombrado en anteriores apartados tanto el diámetro exterior de las barras como la separación entre ellas se ha mantenido ya que estos parámetros vienen definidos por el tamaño del chasis y el depósito los cuales han permanecido como de origen.

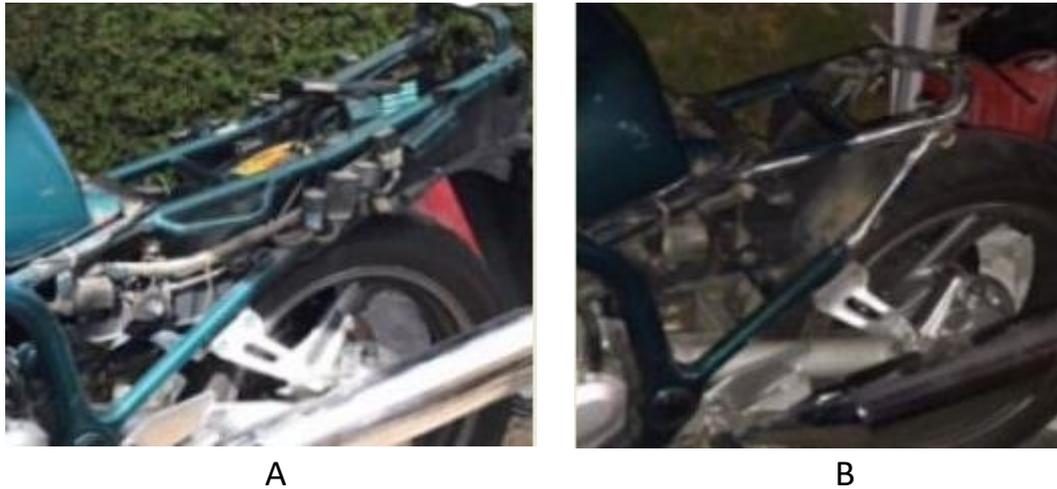


ILUSTRACIÓN 87. A) SUBCHASIS ORIGINAL. B) SUBCHASIS PROTOTIPO DESPUÉS DEL PROCESO DE SOLDADURA.

La misión de estas dos piezas que se han diseñado y sobre las que estamos realizando el estudio es trabajar de forma conjunta por lo que se va a mostrar como quedarían.



ILUSTRACIÓN 88. LAS DOS PIEZAS DEL REESTYLING JUNTAS, MONTADAS EN LA MOTOCICLETA.

Este proyecto se ha centrado en el estudio y diseño de estos dos prototipos, pero el reestyling se realizó sobre la motocicleta al completo.

Aquí se muestra la comparación entre su forma original y la final después del proceso de Reestyling.



ILUSTRACIÓN 87. ESTADO MOTOCICLETA ANTES DEL REESTYLING.



ILUSTRACIÓN 880. ESTA DE LA MOTOCICLETA DESPUÉS DEL REESTYLING.

Uno de los objetivos de este Reestyling era mejorar la carga aerodinámica que tiene que soportar el conductor de esta motocicleta, se muestra una comparativa sobre la forma inicial y final del proyecto.

Comparativa aerodinámica, antes y después del Reestyling.



ILUSTRACIÓN 91. EFECTO DEL VIENTO SOBRE LA CONDUCCIÓN DEPENDIENDO DEL DISEÑO DE LA MOTOCICLETA.

El primer diseño de motocicleta hace referencia al diseño original de la motocicleta sobre la que se ha realizado el Reestyling, la fuerza que ejerce el piloto contra el viento es muy grande, afectando a su capacidad de conducción y control del vehículo, así como a la fuerza necesaria que tiene que desarrollar el motor para avanzar.

El segundo diseño de motocicleta hace referencia a las líneas de diseño que siguen los prototipos diseñados, favoreciendo el avance contra la fuerza del viento, un mejor control sobre el vehículo y una disminución de fuerza por parte del motor a la hora de avanzar.



### III.8. FABRICACIÓN.

Este apartado no solo se va a centrar en los métodos de fabricación de las nuevas piezas, también se quiso conocer un poco como se fabricaron las piezas originales sobre las que se ha trabajado.

#### ASIENTO

Estudiando el asiento original y el modelo de fabricación que siguen esas grandes producciones en serie, se entiende que ha sido fabricado mediante un proceso de inyección, con este tipo de procesos se consigue con un único diseño plasmado en un molde, producir una gran cantidad de piezas. Esto resulta altamente rentable.

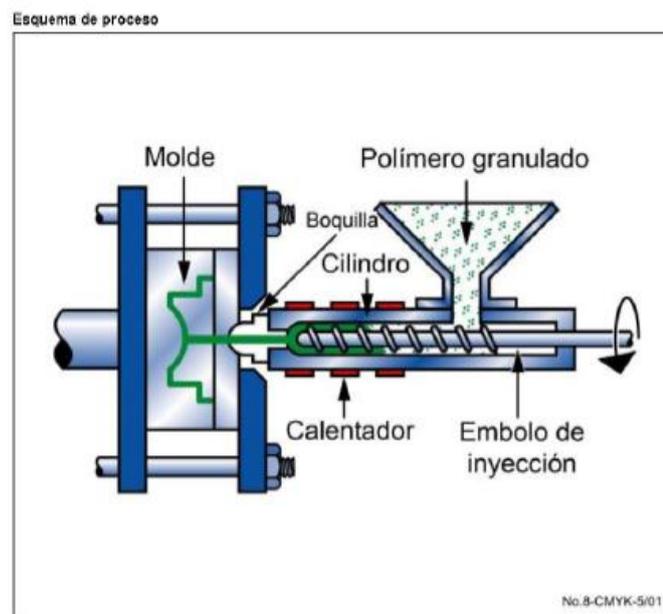


ILUSTRACIÓN92. ESQUEMA DEL PROCESO DE INYECCIÓN.E

Este es el esquema del proceso de inyección.

Gracias al software CesEdupack se puede comprobar que la finalidad de este proceso es generar multitud de piezas iguales consiguiendo cada vez una mayor rentabilidad, por lo que hacer una única pieza así resultaría carísimo, pero a partir de las 10000 piezas se amortiza por completo.

### Modelo de coste y parámetros iniciales

Índice de coste relativo (por unidad)

14,2 - 42,3 EUR

Parámetros: Coste en materiales = 7,16EUR/kg, Masa de la pieza = 1kg, Tamaño de lotes = 1e3, Tasa de costes indirectos = 134EUR/hr, Tasa de Descuento = 5%, Tiempo de amortización del capital = 5yrs, Factor de carga = 0,5

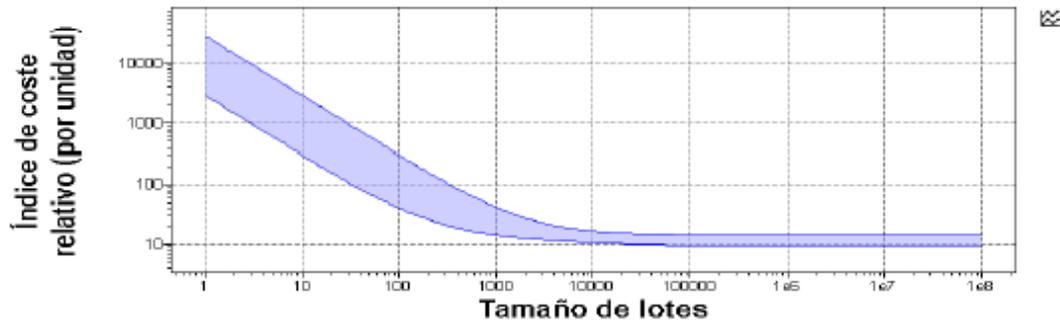


ILUSTRACIÓN 9389. EVOLUCIÓN DEL COSTE FRENTE AL NÚMERO DE PIEZAS PRODUCIDAS.

Por otro lado, para el prototipo al ser solo una unidad se ha utilizado un proceso artesanal, denominado Moldeo por transferencia de resina por vacío (VARTM).

Es un proceso de fabricación con bajo coste de utillaje que puede abordar tanto grandes como pequeñas piezas y formas complejas.

Utillaje necesario:

- Bolsa de plástico para realizar el vacío.
- Molde, en este proyecto de madera y las formas complejas de plastilina.
- Manguera en espiral para el drenaje, Dext = 1.5cm y espesor 1mm.
- Manguera para insertar la resina, Dext= 1.5cm y espesor 1mm.
- Bomba para vacío.
- Sellante en goma (Bituminosa) para sellar la bolsa de vacío.

Materiales necesarios para el proceso:

- Bote de desmoldeante (peel ply).
- Resina epoxi con su reactivo.
- Tejido de fibra de carbono

Una vez se conocen todos los elementos necesarios para el proceso y realizado el molde sobre madera y plastilina, se procede a colocar la bolsa de vacío, cubriendo toda la superficie con algo de sobrante para que no se rompa luego en el proceso de vacío. Se sellará en sus extremos por el sellante en goma.

Por todo el exterior se tiene que colocar el tubo en espiral para un drenaje uniforme de la resina y el aire.

En la parte central colocamos la entrada del tubo para introducir la resina desde la parte central de nuestro molde.



**ILUSTRACIÓN 94. RESULTADO FINAL PARA EL PROCESO VARTM.**

El software CesEdupack, proporciona el esquema del proceso para una mejor comprensión del mismo.

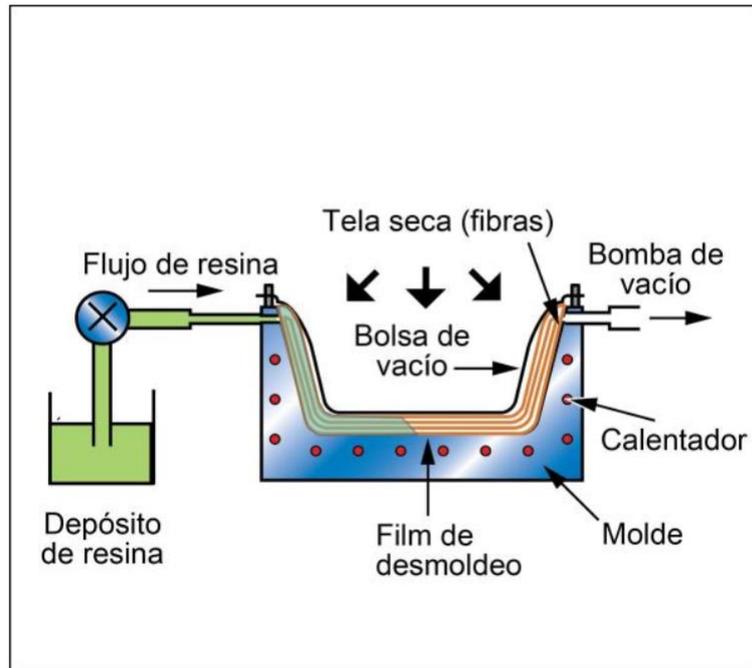


ILUSTRACIÓN 95. ESQUEMA PROCESO VARTM.

A continuación, se muestran los dos materiales que componen el material compuesto final con el que estará fabricado el prototipo.



A



B

ILUSTRACIÓN 90. A) TEJIDO DE FRIBRA DE CARBONO. B) BOTE DE RESINA EPOXI Y SU REACTIVO.

Al reaccionar estos dos materiales juntos conseguimos un material final muy resistente y rígido.

Por su barato coste en utillajes y materiales es la mejor opción para producir solo una pieza con la forma deseada.

**Economía**

El coste de los moldes VARTM es bajo, por lo que el proceso es económico para pequeños lotes.

**ILUSTRACIÓN 97. INFORMACIÓN ECONÓMICA DE CESDUPACK.**

Otra característica que cabe destacar es su excepcional limpieza y cuidado del medio ambiente durante el proceso, al realizarse todo en un ambiente totalmente controlado y cerrado.

**Medio ambiente**

El hecho de que el VARTM tenga lugar en un compartimento totalmente cerrado permite un buen control medioambiental del vapor de los disolventes. El proceso es excepcionalmente limpio.

**ILUSTRACIÓN 918. CARACTERÍSTICA MEDIOAMBIENTALES VARTM.**

Enumeración de las principales ventajas y desventajas del proceso:

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Utillaje barato	Pocos sitios externos que trabajen con esta técnica aceptan encargos de piezas externas a sus líneas de producción, conllevaría realizarlo personalmente.
Capacidad de reproducir cualquier forma, aun siendo complejas.	La parte de la pieza en contacto con la bolsa de vacío tiene peor acabado frente a la que queda en contacto con el molde.
Proceso responsable con el medio ambiente.	Requiere gran precisión a la hora del montaje y realización del molde para conseguir un buen acabado.

**TABLA 5. VENTAJAS Y DESVENTAJAS VARTM.**

## SUBCHASIS

Para el proceso de fabricación tanto de la pieza original como de nuestro prototipo se usan tubos de acero normalizados con las siguientes características:

- Longitud: 6m.
- Diámetro exterior: 30mm.
- Espesor: 2mm.
- Material: Acero con un contenido medio de carbono.

EL tubo de acero se comprará en Ferrospuig.com con las siguientes características:

Referencia	Diámetro Ø	Dimensión e	Longitud	Peso (Kg/m)
FP55578	30 mm	2 mm	6 Metros	1,44 Kg/m

### ILUSTRACIÓN 92. DIMENSIONES TUBO DE ACERO. FERROSPUIG.

Una vez obtenido el material necesario, se ha de medir la longitud que va a tener cada tubo por separado y una vez este aspecto está claro, se llevarán a la tienda de bricolaje más cercana para que nos los corten con sierra, el acabado de este corte se mejorará antes de soldarlo con una lija de grano medio.

Uno de los tubos con dimensión 45cm precisará de un proceso de curvatura para el característico cierrén en “U” de las café racer, por lo que en el mismo sitio donde efectúen el corte de los tubos, se debe solicitar que doblen este tramo descrito.



Ilustración 93.a) Tubos rectos de acero. B) Tubos de acero curvados.

Una vez se tienen todos los tubos por separado a las longitudes necesarias, se procede a unirlos entre ellos para conseguir la forma final del prototipo y posteriormente unir esta pieza al chasis.

Para todo este proceso se utilizará La técnica de soldadura por arco con electrodo revestido, como ya se ha descrito en el apartado III.5. Estudio y Definición de las condiciones de contorno, donde se describió los puntos de unión entre el subchasis y el chasis.

Se precisará de:

- Paquete de electrodos de acero inoxidable de 2.5mm x 350mm.
- Soldadora de electrodo.



ILUSTRACIÓN 101.A) SOLDADORA DE ARCO. B) ELECTRODROS REVESTIDOS DE ACERO INOXIDABLE.



### III.8. ESTUDIO ECONÓMICO.

En este apartado, se realiza el cálculo del presupuesto para los dos prototipos, tanto del asiento como del subchasis.

Para este cálculo se debe tener en cuenta los siguientes parámetros:

- **Maquinaria:** Se calcula su coste por tiempo de uso.
- **Mano de obra:** Se calcula su coste en función de los oficiales que se requieren.
- **Utillaje:** Necesario para el molde y proceso de VARTM.
- **Materia prima:** Precio de venta al por mayor, se comprará el mínimo material posible para fabricar una única pieza.

#### ASIENTO

##### Materia prima para el prototipo del asiento

Denominación	Cantidad	Coste "€"
Desmoldeante	400 ml	13.01
Resina epoxi	500g	16.36
Tejido de fibra de carbono	3 unidades x (31x82cm)	36
	<b>TOTAL</b>	<b>65.37</b>

TABLA 6. COSTE MATERIAS PRIMAS PROTOTIPO DE ASIENTO.

##### Utillaje para el prototipo del asiento

Denominación	cantidad	Coste "€"
Plástico para bolsa de vacío	2m <sup>2</sup>	1.5
Madera molde	1 unidad x (40x60cm)	4.25
Plastilina molde	1 kg	3.52
Manguera en espiral	1m	5.55
Manguera para insertar la resina	1m	5.55
Sellante en goma	1unidad x ( 4mx8mm)	2.64
	<b>TOTAL</b>	<b>23.01</b>

TABLA 7. UTILLAJE PARA EL PROTOTIPO DEL ASIENTO

## Maquinaria

Para este apartado se toma como referencia el precio de 1 hora de uso de 20€.

Denominación	Duración	Coste "€"
Bomba de vacío	20 minutos	6.67
	<b>TOTAL</b>	<b>6.67</b>

TABLA 8. MAQUINARIA PARA EL PROTOTIPO DEL ASIENTO

## Mano de obra

El coste de la mano, de obra viene justificado por la cualificación del trabajador necesario, en este caso un oficial de 2º con un coste de 8€/h.

Denominación	Duración	Coste "€"
Oficial de 2º	20 minutos	2.67
	<b>TOTAL</b>	<b>2.67</b>

TABLA 9. MANO DE OBRA PARA EL PROTOTIPO DEL ASIENTO

Con este apartado ya se han definido todos los costes derivados de fabricar nuestro prototipo del asiento.

**Coste total prototipo asiento = 97.72€**

## SUBCHASIS

### Materia prima para el prototipo del subchasis

Denominación	Cantidad	Coste "€"
Tubo normalizado de acero	1 unidad x 6m	18.95
	<b>TOTAL</b>	<b>18.95</b>

TABLA 10. MATERIA PRIMA PARA EL PROTOTIPO DEL SUBCHASIS

## Utillaje para el proceso de soldadura

Denominación	Cantidad	Coste "€"
Electrodos revestidos de acero inoxidable	1 unidad x 5kg	9.68
	<b>TOTAL</b>	<b>9.68</b>

TABLA 11. UTILLAJE PARA EL PROCESO DE SOLDADURA.

## Maquinaria.

Denominación	Duración	Coste de 1h en "€"	Coste de uso en "€"
Sierra automática para corte de metal	1 hora	25	25
Curvadora de tubos de acero	10 minutos	25	4.167
Soldadora de arco	2 horas	35	70
		<b>TOTAL</b>	<b>99.167</b>

TABLA 12. MAQUINARIA PARA EL PROCESO DE SOLDADURA

## Mano de obra

El coste de la mano de obra viene justificado por la cualificación del trabajador necesario en este caso un oficial de 2º con un coste de 8€/h.

Denominación	Duración	Coste "€"
Oficial de 2º	3 horas y 10 minutos	25.33
	<b>TOTAL</b>	<b>25.33</b>

Tabla 13. Mano de obra para la fabricación del prototipo del subchasis,

**Coste total prototipo Subchasis = 153.127€**

Sumando entre las dos piezas un coste global de producción de **250.847€**

Es muy importante a la hora de realizar un proyecto, tener presente el apartado económico y tratar de conocer de antemano las posibilidades de éxito, la rentabilidad, los beneficios y la viabilidad del proyecto.

Para ello se han de analizar los indicadores financieros VAN y TIR (Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno).

El VAN de determina mediante la actualización de los flujos de gastos e ingresos futuros, si el resultado es positivo, por lo que nos reporta una ganancia se conoce como proyecto viable.

El TIR es el porcentaje de beneficio o pérdida que se puede obtener en una inversión.

A pesar de que el proyecto de remodelación de una motocicleta engloba el gasto total y venta posterior de la misma, vamos a focalizarlo solo en las dos piezas sobre las que se ha focalizado el proyecto.

Para calcular el VAN utilizamos esta fórmula:

$$VAN = - I_0 + \sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1+k)^t}$$

F <sub>t</sub>	Flujos de caja
I <sub>0</sub>	Inversión inicial
n	Número del periodo
K	Tipo de interés exigido

TABLA 14. TÉRMINOS FÓRMULA VAN.

Para calcular el VAN, se simularán 3 producciones de una pieza de asiento y subchasis cada una, ya que tanto la segunda como la tercera producción

de estas piezas, genera más beneficio al no tener que comprar diversos materiales ya comprados en la primera como: Desmoldeante, resina epoxi, electrodos revestidos etc... y poder usar las materias primas que han sobrado de la primera Producción.

Otro aspecto que genera menos gasto es el uso de maquinarias y horas de trabajo de los oficiales ya que por ejemplo cortar el triple de tubos no supone el triple de trabajo ya que se ahorran el tiempo de algunos parámetros realizados en la primera pieza como: preparación inicial de la máquina, elección de velocidad de corte etc...

**Para el asiento:** Tras un análisis del mercado hemos visto que estas piezas artesanales una vez terminadas se venden entre 150-200€, mientras que su producción ha supuesto una inversión inicial de 97.72 €

**Para el subchasis:** En este caso es muy difícil dictaminar el precio de venta que tendría ya que por separado no es posible encontrar este tipo de pieza, consultando muchas páginas y tiendas que se dedican a este tipo de reformas, hemos observado que con este tipo de proyectos en global se consigue un beneficio de unos 2500€, siendo esta reforma del subchasis la parte menos problemática y más rápida de realizar, por lo que supone un precio de venta de 200€, mientras que en el proyecto ha supuesto 153,127:

**Flujo de caja 1º producción: 124.153€**

**Flujo de caja 2º producción: 135€**

**Flujo de caja 3º producción: 140€**

**Suponemos que la tasa de tipo de interés exigido “K” es del 2%.**

**Inversión inicial: 250.847€**

Una vez están claros todos los parámetros que se deben introducir en la formula, se puede calcular el VAN:

$$\mathbf{VAN = 132.55\text{€}}$$

A modo de conclusión del término VAN, queda claro que este es un proyecto rentable al ser  $VAN > 0$ .

Para calcular el TIR usaremos la misma fórmula que en el VAN pero esta vez, tomaremos como valor del  $VAN = 0$  y tendremos que despejar el valor de  $K$ . Se puede decir que el TIR es la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero, es decir la tasa de interés máxima a la que es posible endeudarse para financiar el proyecto sin que genere pérdidas.

$$\mathbf{VAN = -I_0 + \sum_{t=0}^n \frac{Ft}{(1+k)^t}}$$

Tras sustituir nuevamente en la fórmula y despejar “ $K$ ” obtenemos:

$$\mathbf{TIR = 2.67\%}$$

A modo de conclusión se deduce que el proyecto es rentable ya que  $K_{TIR} > K$ , por lo que el proyecto de inversión tendrá aceptación, la tasa de rendimiento interno obtenida es superior a la tasa mínima de rentabilidad exigida en la inversión.

#### IV. APÉNDICES

# APÉNDICES



## IV.1. NORMATIVA.

Las normas son un idioma en común para todos los procesos que se realizan que protegen el bienestar general. A lo largo de este proyecto se hará referencias a diferentes normas que se van a usar en cada apartado.

En primer lugar, a la hora de realizar el reestyling sobre un vehículo se deben conocer dos ficheros, los cuales nos indican sobre que partes de en este caso una motocicleta podemos realizar el proceso de reestyling y que características tienen que cumplir los nuevos prototipos para posteriormente poder homologarlos y poder circular con el vehículo:

- **Directiva marco 2007/46/CE.** Por la que se establece un marco legal de homologación para todos los países de E.E.E. (Espacio Económico Europeo) y así estar todos de acuerdo en la homologación de vehículos y sus componentes.
- **Manual de reformas para vehículos revisión 6º** expedido por el ministerio de industria comercio y turismo de España, donde se dan a conocer que reformas se pueden realizar en un vehículo.

### **Para elaborar la redacción del proyecto**

- **UNE 177001:2014.** Aborda los criterios para elaborar el documento de un proyecto técnico.
- **ISO 690:2013.** Aborda los criterios para las citas y bibliografía del documento.

### Para los diseños

- **UNE-EN ISO 7251-1:2017.** Define las medidas y referencias del cuerpo humano que se tienen que tener en cuenta para los diseños de los prototipos.

### Para los ensayos

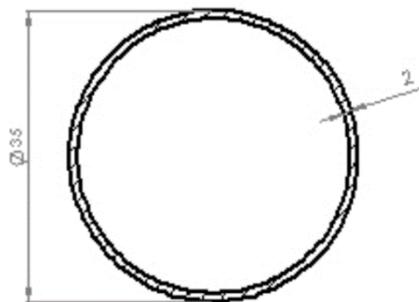
- **UNE-EN ISO 4506:2018.** Regula las características y parámetros que se deben tener en cuenta en los ensayos de tensión y compresión sobre metales, en este proyecto comprende el subchasis original y el prototipo.
- **UNE-EN ISO 844:2015.** Regula las características y parámetros que se deben tener en cuenta en los ensayos de tensión y compresión sobre plásticos, en este proyecto comprende el asiento original.
- **UNE-EN ISO 14126/AC:2002.** Regula las características y parámetros que se deben tener en cuenta en los ensayos de tensión y compresión sobre material compuesto de resina con refuerzo de fibras de carbono, en este proyecto comprende el prototipo de asiento.

## IV.2. PLANOS ACOTADOS.

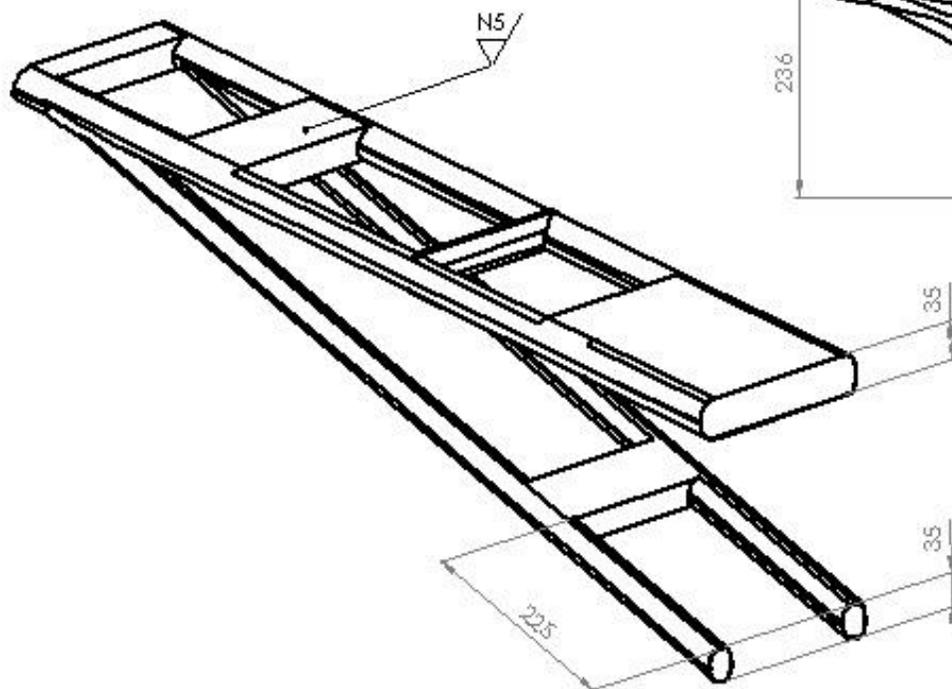
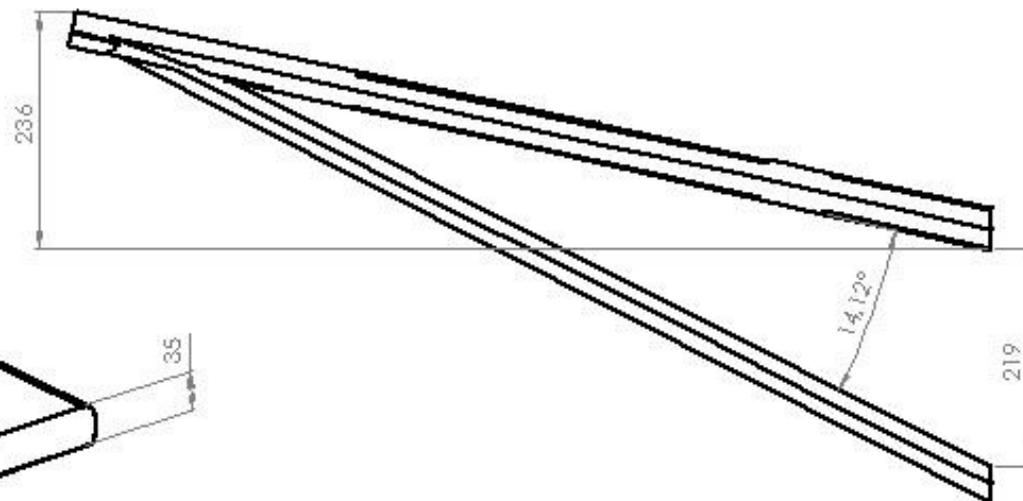
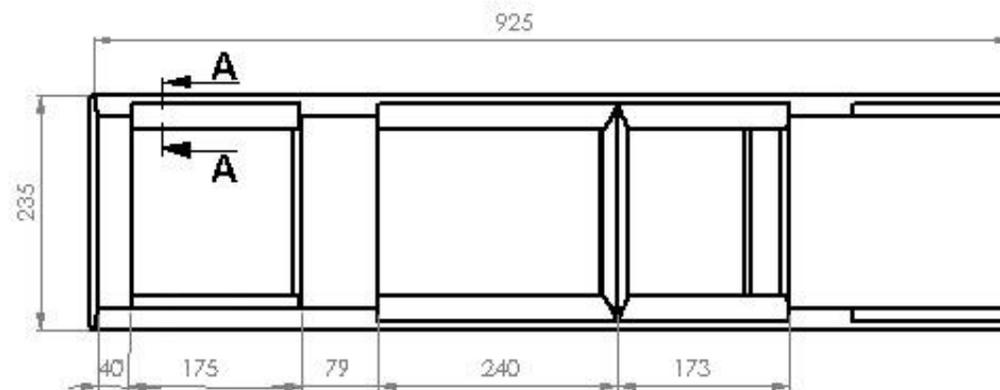
### ÍNDICE DE PLANOS.

- Plano subchasis original.
- Plano prototipo de subchasis.
- Plano asiento original.
- Plano prototipo de asiento.

N5/  
(TODA LA PIEZA)



SECCIÓN A-A  
ESCALA 1:1



TRABAJO FINAL DE GRADO EN  
INGENIERÍA MECÁNICA



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Proyecto

Estudio y propuesta para  
el Reestyling de una  
motocicleta antigua.

Fecha: Julio 2021

Escala: 1/5

Plano:

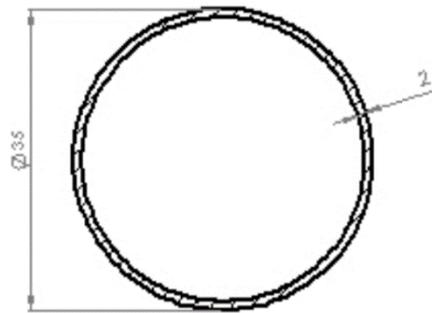
Nº Plano:

Subchasis  
original.

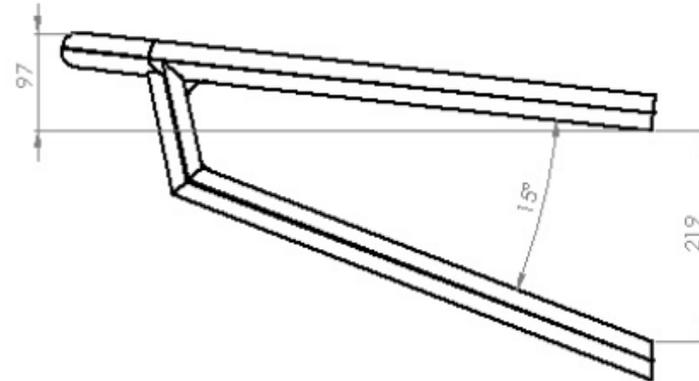
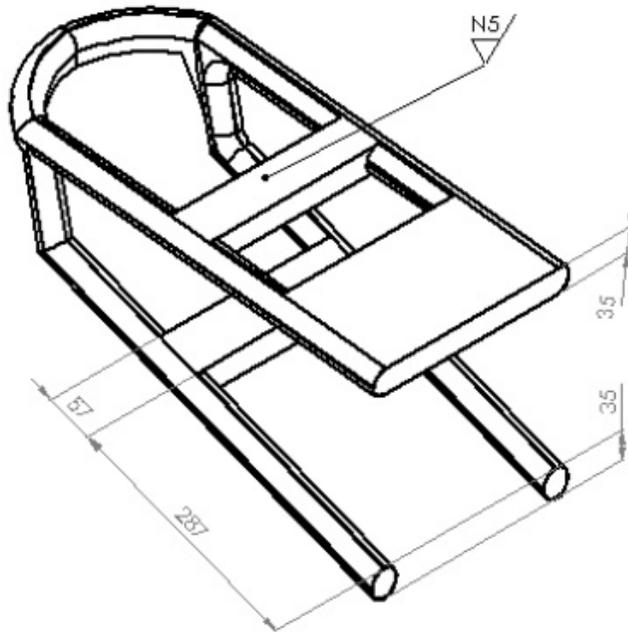
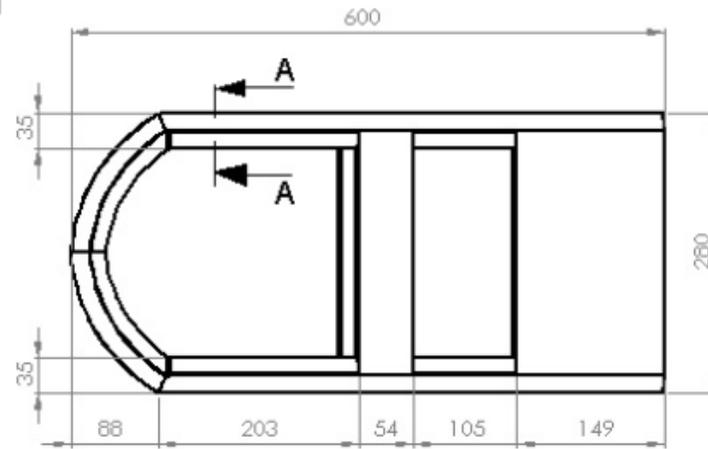
1

Cristóbal Vera Abellán  
Autor del proyecto

N5/  
▽ (TODA LA PIEZA)



SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 : 1



TRABAJO FINAL DE GRADO EN  
INGENIERIA MECÁNICA



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

**Proyecto**

Estudio y propuesta para  
el Reestyling de una  
motocicleta antigua.

Fecha: Julio 2021

Escala: 1/5

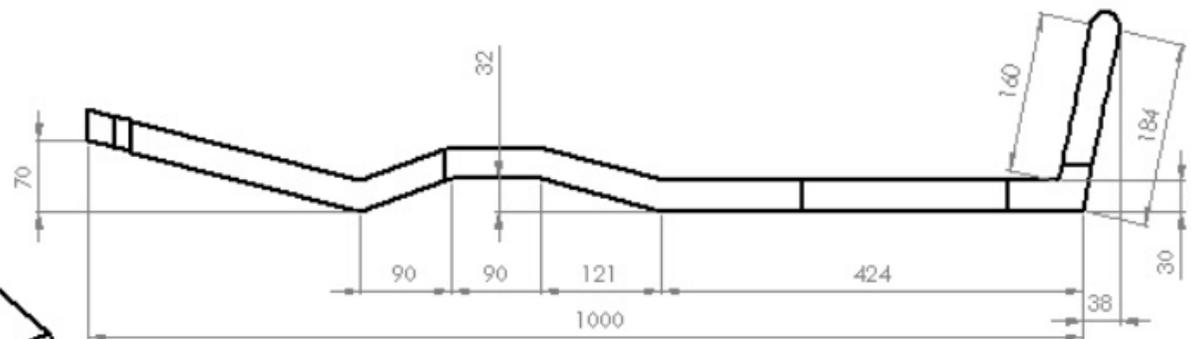
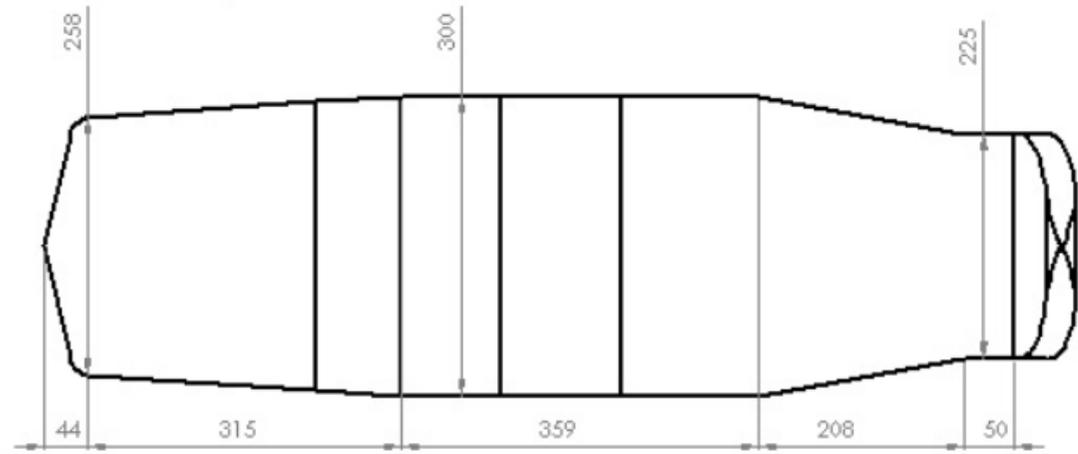
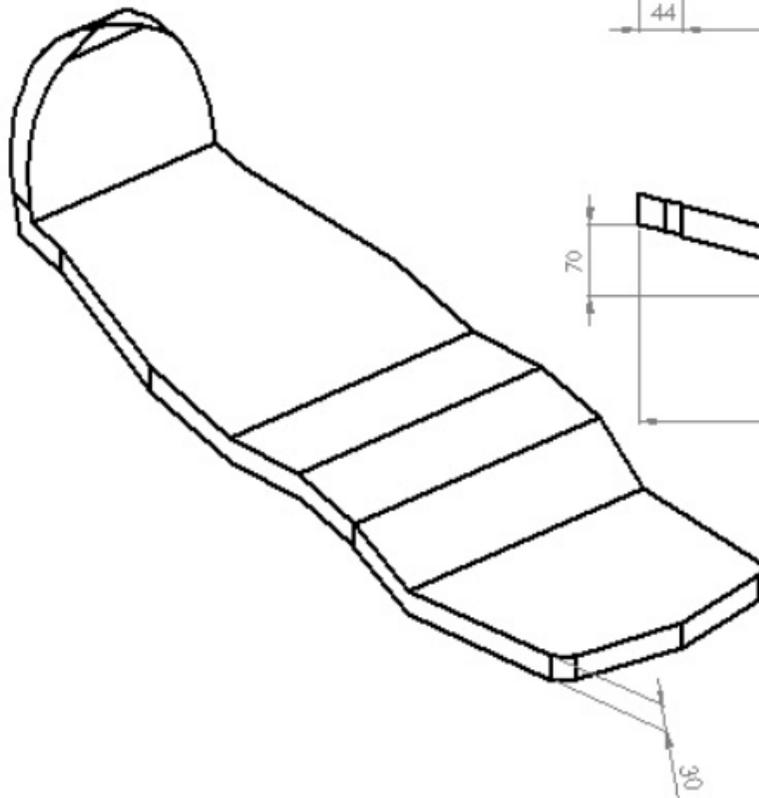
Plano:

Nº Plano:

Subchasis  
prototipo.

2

Cristóbal Vera Abellán  
Autor del proyecto



TRABAJO FINAL DE GRADO EN  
INGENIERIA MECÁNICA



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Cristóbal Vera Abellán  
Autor del proyecto

**Proyecto**

Estudio y propuesta para el Reestyling de una motocicleta antigua.

Fecha: Julio 2021

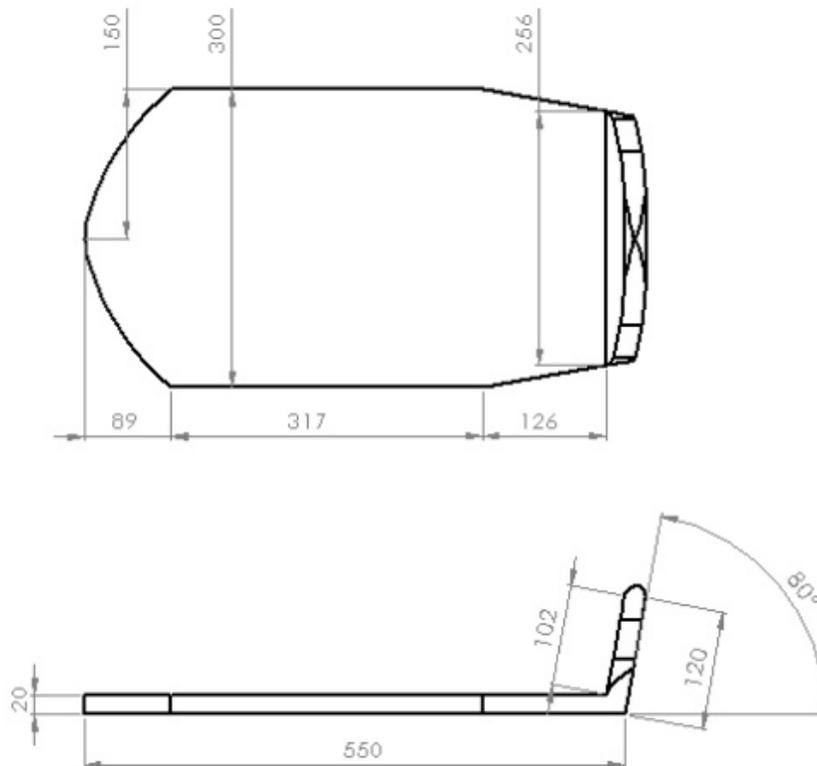
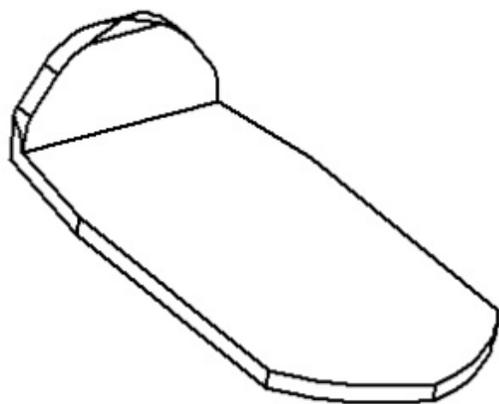
Escala: 1/5

Plano:

Nº Plano:

Asiento original.

**3**



TRABAJO FINAL DE GRADO EN  
INGENIERIA MECÁNICA



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Cristóbal Vera Abellán  
Autor del proyecto

**Proyecto**

Estudio y propuesta para  
el Reestyling de una  
motocicleta antigua.

Fecha: Julio 2021

Escala: 1/5

Plano:

Nº Plano:

Asiento  
prototipo.

**4**



## IV.4. BIBLIOGRAFÍA

La búsqueda de información para realizar el proyecto se ha realizado en el portal de Google y en los datos aportados por el software CesEdupack como se ha mencionado a lo largo del proyecto, obteniendo los siguientes enlaces de interés;

Para la redacción de los antecedentes:

<https://curiosfera-historia.com/historia-de-la-moto/>

<https://blog.verti.es/moto/evolucion-de-la-moto/>

<https://es.wikipedia.org/wiki/Motocicleta>

Para la redacción del movimiento café racer:

<https://caferacerespana.com/velocidad-cafe-y-contracultura-la-historia-del-caferacer-parte-ii/>

<https://www.caferacerpasion.com/cafe-racer-origen-historia/>

<https://caferacertv.com/the-history-of-cafe-racers/>

Para un mayor conocimiento de la normativa café racer

<https://omologic.es/homologar-moto-cafe-racer/>

Para el proceso de fabricación:

En el apartado de metales:

<https://ferrosplanes.com/proceso-fabricacion-tubos-opciones-ventajas/>

<https://corpmetales.com/proceso-de-fabricacion-de-tubos-de-acero-inoxidable-y-tubos/>

<https://wallace78tria.wordpress.com/2019/04/05/introduccion-al-material-compuesto-fibra-de-carbono-y-resina-epoxy/>

<https://todotrial.com/foro/topic/motos-chasis-acero-o-chasis-aluminio/>

[https://es.wikipedia.org/wiki/Acero\\_41xx](https://es.wikipedia.org/wiki/Acero_41xx)

En el apartado de material compuesto:

[https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2791/1/Tesis\\_Diego Jim%C3%A9nez.pdf](https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2791/1/Tesis_Diego_Jim%C3%A9nez.pdf)

Para el presupuesto y cálculo del VAN y TIR:

<https://www.rankia.cl/blog/mejores-opiniones-chile/3391122-tasa-interna-retorno-tir-definicion-calculo-ejemplos>

En el presupuesto, estos son los lugares donde se han comprado los diferentes materiales:

Tubos de acero

<http://www.ferrospuig.com/index.php/es/catalogo/producto/ferros/tubos/tubo-laminado-redondo-soldado-s-235/103000001>

Desmoldeante

[https://www.castrocompositesshop.com/es/desmoldantes-selladores/2121-2897-acmos-82-2405-desmoldante-externo-para-resinas-puep.html#/123-peso-400\\_ml](https://www.castrocompositesshop.com/es/desmoldantes-selladores/2121-2897-acmos-82-2405-desmoldante-externo-para-resinas-puep.html#/123-peso-400_ml)

RESINA

[https://resinpro.es/product/resina-epoxi-trasparente-gr-800/?gclid=CjwKCAjwuIWHBhBDEiwACXQYsetqrZ2EWl1wqUdgaybN3l8Atax-Wncm8Qf4nBPnohSNof4MRatKxhoCP\\_EQAvD\\_BwE](https://resinpro.es/product/resina-epoxi-trasparente-gr-800/?gclid=CjwKCAjwuIWHBhBDEiwACXQYsetqrZ2EWl1wqUdgaybN3l8Atax-Wncm8Qf4nBPnohSNof4MRatKxhoCP_EQAvD_BwE)

Fibra de carbono

[https://www.amazon.es/EsportsMJJ-Carbono-200Gsm-Tejido-Ajuste/dp/B07MMM2RC/ref=asc\\_df\\_B07MMM2RC/?tag=googshopes-21&linkCode=df0&hvadid=343978174221&hvpos=&hvnetw=g&hvrand=1](https://www.amazon.es/EsportsMJJ-Carbono-200Gsm-Tejido-Ajuste/dp/B07MMM2RC/ref=asc_df_B07MMM2RC/?tag=googshopes-21&linkCode=df0&hvadid=343978174221&hvpos=&hvnetw=g&hvrand=1)

[4055394744956752212&hvpones=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=1005501&hvtargid=pla-822942227407&pssc=1](https://www.amazon.es/s?k=4055394744956752212&hvpones=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=1005501&hvtargid=pla-822942227407&pssc=1)

Bolsa para vacio

[https://es.made-in-china.com/co\\_jloncomposite/product\\_Vacuum-Bagging-Film-for-Vartm-Vacuum-Resin-Infusion\\_rngyirung.html](https://es.made-in-china.com/co_jloncomposite/product_Vacuum-Bagging-Film-for-Vartm-Vacuum-Resin-Infusion_rngyirung.html)

Tablero de madera

[https://www.amazon.es/Chely-Siglo-contrachapado-400x600x4-Pirograbado/dp/B07RM6VX8Q/ref=asc\\_df\\_B07RM6VX8Q/?tag=googshopes-21&linkCode=df0&hvadid=300831605497&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=8015558621358128760&hvpones=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=1005501&hvtargid=pla-765766059095&pssc=1](https://www.amazon.es/Chely-Siglo-contrachapado-400x600x4-Pirograbado/dp/B07RM6VX8Q/ref=asc_df_B07RM6VX8Q/?tag=googshopes-21&linkCode=df0&hvadid=300831605497&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=8015558621358128760&hvpones=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=1005501&hvtargid=pla-765766059095&pssc=1)

Plastilina

[https://www.amazon.es/Jovi-86G-Air-dry-endurecible/dp/B000NM4ETI/ref=asc\\_df\\_B01M1GD5L0/?tag=googshopes-21&linkCode=df0&hvadid=297962778610&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=6809485340043132044&hvpones=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=1005501&hvtargid=pla-569203901950&th=1](https://www.amazon.es/Jovi-86G-Air-dry-endurecible/dp/B000NM4ETI/ref=asc_df_B01M1GD5L0/?tag=googshopes-21&linkCode=df0&hvadid=297962778610&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=6809485340043132044&hvpones=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=1005501&hvtargid=pla-569203901950&th=1)

Mangueras

[https://www.amazon.es/silicona-flexible-manguera-metro-metros/dp/B07MZ6Q7MB/ref=asc\\_df\\_B07MZ6HH6C/?tag=&linkCode=df0&hvadid=420407954849&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=12483891831863240699&hvpones=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=9047056&hvtargid=pla-679237733234&ref=&adgrpid=98661084640&th=1](https://www.amazon.es/silicona-flexible-manguera-metro-metros/dp/B07MZ6Q7MB/ref=asc_df_B07MZ6HH6C/?tag=&linkCode=df0&hvadid=420407954849&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=12483891831863240699&hvpones=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=9047056&hvtargid=pla-679237733234&ref=&adgrpid=98661084640&th=1)

Sellante

[https://es.aliexpress.com/item/4000206694780.html?acnt=439-079-4345&aff\\_platform=aaf&ds\\_e\\_device=c&albcpc=11405488241&ds\\_e\\_prod](https://es.aliexpress.com/item/4000206694780.html?acnt=439-079-4345&aff_platform=aaf&ds_e_device=c&albcpc=11405488241&ds_e_prod)

[uct id=es4000206694780&ds url v=2&ds dest url=https%3A%2F%2Fs.ck.aliexpress.com%2Fdeep link.htm%3Faff short key%3DUneMJZVf&ds e product group id=536572975094&sk=UneMJZVf&ds e adid=473728314619&terminal id=3584c04513c54988994acdd049dbf154&tmLog=newDetail&needSmbHouyi=false&albbt=Google 7 shopping&ds e product channel=online&src=google&ds e product country=ES&aff fcid=74878ee95fbf44449419398c95a661b4-1625427660360-03311-UnaMJZVf&gclid=CjwKCAjwuIWHBhBDEiwACXQYsa40d11dAP2-gHumb\\_uzPYtAG4GKRBC239fyVUZBcJ9zdtN-tMwFmhoCUNoQAvD\\_BwE&albag=115612532150&aff fsk=UnaMJZVf&albch=shopping&ds e network=u&albagn=888888&ds e product language=es&isSmbAutoCall=false&ds e product merchant id=106630589&aff trace key=74878ee95fbf44449419398c95a661b4-1625427660360-03311-UnaMJZVf&gclsrc=aw.ds](https://www.aliexpress.com/aff/short-key%3DUneMJZVf&ds_e_product_group_id=536572975094&sk=UneMJZVf&ds_e_adid=473728314619&terminal_id=3584c04513c54988994acdd049dbf154&tmLog=newDetail&needSmbHouyi=false&albbt=Google%20shopping&ds_e_product_channel=online&src=google&ds_e_product_country=ES&aff_fcid=74878ee95fbf44449419398c95a661b4-1625427660360-03311-UnaMJZVf&gclid=CjwKCAjwuIWHBhBDEiwACXQYsa40d11dAP2-gHumb_uzPYtAG4GKRBC239fyVUZBcJ9zdtN-tMwFmhoCUNoQAvD_BwE&albag=115612532150&aff_fsk=UnaMJZVf&albch=shopping&ds_e_network=u&albagn=888888&ds_e_product_language=es&isSmbAutoCall=false&ds_e_product_merchant_id=106630589&aff_trace_key=74878ee95fbf44449419398c95a661b4-1625427660360-03311-UnaMJZVf&gclsrc=aw.ds)

Electrodos

<https://www.tiendaserecon.com/electrodo-rutilo-e6013.html>

Para el conocimiento y comprensión de las normas que acotan el proyecto:

Ensayos en metales

<https://tienda.aenor.com/norma-une-en-iso-4506-2018-n0060628>

Ensayos en plásticos

<https://tienda.aenor.com/norma-une-en-iso-844-2015-n0054340>

Ensayos en materiales compuestos

<https://tienda.aenor.com/norma-une-en-iso-14126-ac-2002-n0027942>

directiva marco 2007/46

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:02007L0046-20180331>

manual de reformas

[http://www.f2i2.net/documentos/IsiF2I2/STO\\_Vehiculos/Reformas/ManualReformasVehiculosRev5.pdf](http://www.f2i2.net/documentos/IsiF2I2/STO_Vehiculos/Reformas/ManualReformasVehiculosRev5.pdf)