



UNIVERSITAT
JAUME·I

ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA I CIÈNCIES EXPERIMENTALS

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

***DISEÑO MECÁNICO PARA LA ADAPTACIÓN A
PROPULSIÓN ELÉCTRICA DE UN KART-CROSS
DE COMPETICIÓN***



TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

AUTOR

Carles Serrano Soler

DIRECTOR

Pablo Jesús Rodríguez Cervantes

Castellón, noviembre de 2020

AGRADECIMIENTOS

El proyecto contenido en este documento considero que tiene como objetivo materializar una apuesta estratégica con una importancia considerable para la universidad, que consiste en la realización de un vehículo de competición 100% eléctrico, el cual debe disponer de unas altas prestaciones a nivel mecánico.

Como ingeniero, agradezco la confianza que se ha depositado en mí para la realización del diseño de los elementos necesarios para la conversión del kart-cross existente a propulsión eléctrica. Con esto, mis agradecimientos en este aspecto son para el coordinador de este proyecto, Enrique Belenguer y para Miguel Ángel Casado, gerente de la escuela de pilotaje *Maralba* y colaborador del mismo, por contar con mi participación en este proyecto. Así como para David Oliver, participante en el desarrollo de este proyecto, aportando el sistema acumulador desde la empresa *Abervian*, con el cual he mantenido una comunicación constante para resolver del mejor modo posible los problemas y desafíos comunes que nos aparecían.

Por otra parte, por su supervisión, consejos y ayuda en la resolución de dudas a lo largo de la generación de este documento, mis agradecimientos son para el profesor Pablo Jesús Rodríguez Cervantes, director de este proyecto.

No puedo olvidarme de mi familia y mi pareja por su apoyo y ánimos incondicionales, así como de todas las amistades que de un modo u otro aportan su parte como apoyo y motivación para realizar este proyecto.



ÍNDICE

1. MEMORIA.....	1
1.1. Introducción del proyecto.	1
1.2. Características de un Kart-cross.	2
1.2.1. Descripción general.....	2
1.2.2. Características y configuración original del kart-cross.....	3
1.3. Objetivo y alcance del proyecto.	4
1.4. Metodología del proyecto.	5
1.5. Introducción de las tareas de diseño.....	6
1.6. Definición de requisitos del diseño.	7
1.7. Ingeniería inversa.	8
1.7.1. Metrología y selección de instrumentos de medición.....	8
1.7.2. Medición y modelado 3D del chasis.....	11
1.8. Características de los componentes del sistema de propulsión eléctrico.	18
1.9. Selección del sistema de transmisión.....	20
1.9.1. Opciones propuestas para evaluar su incorporación:	20
1.9.2. Estudio y selección.	21
1.9.3. Dimensionado del sistema de transmisión seleccionado.	22
1.10. Diseño del soporte del motor y sus anclajes al chasis.	29
1.10.1. Requerimientos del diseño.....	29
1.10.2. Proceso de diseño y justificación de la solución adoptada.....	30
1.10.3. Análisis estructural del soporte del motor.	35
1.10.4. Análisis modal o de frecuencia del soporte del motor.....	45
1.10.5. Análisis estructural de los anclajes del soporte del motor.	47
1.10.6. Conclusiones y resultado.....	55

1.11. Distribución y emplazamiento del resto de componentes eléctricos de potencia en el vehículo.....	56
1.12. Diseño del soporte del controlador y sus anclajes al chasis.	58
1.12.1. Requerimientos de diseño.	58
1.12.2. Proceso de diseño y justificación de la solución adoptada.	58
1.12.3. Análisis estructural del soporte del controlador.	60
1.12.4. Conclusiones y resultado del diseño.....	68
1.13. Diseño del soporte del acumulador de energía eléctrica.	69
1.13.1. Requerimientos de diseño.	69
1.13.2. Proceso de diseño y justificación de la solución adoptada.	69
1.13.3. Análisis estructural del sistema de apoyo y anclaje del acumulador.	74
1.13.4. Conclusiones y resultado del diseño.....	87
1.14. Diseño de los utillajes necesarios para la soldadura de los conjuntos.	88
1.14.1. Utillajes soldadura soporte motor:.....	88
1.14.2. Utillajes soldadura anclajes soporte motor a chasis.....	89
1.14.3. Utillajes soldadura soporte controlador.	90
1.14.4. Utillajes soldadura bases apoyo batería y anclajes.	90
1.15. Comparativa de capacidades dinámicas del kart-cross resultante.....	92
2. ANEXOS.....	96
2.1. Materiales.	96
2.1.1. Acero de construcción al carbono 1.1191 (C45)	96
2.1.2. Chapa de acero estructural S275JR	97
2.1.1. Acero estructural S355J2+N	98
2.1.2. Chapa de aluminio 5083.	99
2.1.3. Caucho NBR nitrilo.....	101
2.2. Tabla de pasos para la rosca métrica, paso normal y paso fino.	102



3. PLANOS	103
3.1. Explicación breve sobre el conjunto de planos.	103
3.2. Conjunto de planos.....	105
4. PLIEGO DE CONDICIONES.....	107
4.1. Introducción.....	107
4.2. Condiciones generales.....	107
4.3. Condiciones técnicas.	108
4.3.1. Conocimientos de Normativa.....	108
4.3.2. Requerimientos mínimos de herramienta.	108
4.3.3. Especificaciones de gestión documental.	110
4.3.4. Especificaciones de materiales y conformado.....	112
4.3.5. Especificaciones de los materiales comerciales.....	112
4.3.6. Especificaciones de soldadura.	113
4.3.7. Descripción de las indicaciones proporcionadas en los planos.	114
4.3.8. Verificación del producto fabricado.....	115
5. PRESUPUESTO	116
5.1. Introducción.....	116
5.2. Metodología seguida para la determinación del presupuesto.	116
5.3. Coste de fabricación.	118
6. BIBLIOGRAFÍA.....	121

1. MEMORIA

1.1. Introducción del proyecto.

El presente Trabajo de Final de máster recoge el proceso y el desarrollo de diseño mecánico que se ha realizado en colaboración Área de Ingeniería Eléctrica de la universitat Jaume I, para la conversión a propulsión eléctrica de un kart-cross de competición.

Para alcanzar el objetivo de mi parte en este proyecto, he realizado tareas de distintos tipos cuyos procedimientos y resultados se incluyen en este documento, enumeradas a continuación:

- Mediciones de las distintas partes de interés y elementos que componen la parte de ciclo del kart-cross existente.
- Modelado CAD 3D de los elementos medidos para generar la base sobre la que hay que disponer y montar los componentes que forman el sistema de propulsión eléctrica y sus elementos auxiliares.
- Diseño de los soportes y anclajes para fijar los componentes necesarios al chasis del vehículo.
- Estudio y comprobación mecánica de los soportes y elementos estructurales diseñados empleando software de cálculo mediante el método de los elementos finitos (MEF).
- Análisis del conjunto resultante frente al conjunto inicial para valorar las prestaciones dinámicas del vehículo.

En esta memoria se expone toda la información generada y necesaria para justificar coherentemente los procedimientos seguidos y la validación de los resultados obtenidos.

1.2. Características de un Kart-cross.

1.2.1. Descripción general.

Se conoce como Kart-Cross, Car Cross o Crosscar en Francia, a los vehículos monoplace de cuatro ruedas, (dos motrices traseras y dos directrices delanteras), que a diferencia del clásico *Kart* de circuito, disponen de suspensiones independientes en las cuatro ruedas, jaula de seguridad y cinturones de arnés.



Ilustración 1 - Kart-Cross Ya-Car - Maralba Circuit

Por otro lado, al igual que el kart de circuito, incorpora un sistema de transmisión por cadena al eje trasero, bloqueado al 100%, sin diferencial de ningún tipo.



Ilustración 2 - Kart "Tony Kart"

Estas características ligadas a un potente propulsor y un peso contenido, dotan a este tipo de vehículos de unas prestaciones dinámicas, mecánicas y de seguridad equiparables a vehículos súper-deportivos, y que además permite su utilización tanto en asfalto liso como en tierra irregular, gracias al sistema de amortiguación.

Por todo esto resultan una opción muy atractiva para pilotos de todos los niveles y disciplinas.



1.2.2. Características y configuración original del kart-cross.

A continuación, se detallarán las características habituales de este tipo de vehículos:

Característica	Descripción
Tipo de chasis	Multitubular, en acero aleado CrMo.
Tipo de propulsor	Motor de combustión interna tetra-cilíndrico, procedente de motocicleta deportiva, con una cilindrada máxima de 600CC de serie y potencias máximas alrededor de 120CV
Sistema de transmisión	Transmisión del motor al eje trasero por cadena de eslabones y rodillos de acero, del tipo empleado en motocicletas habitualmente.
Sistema de suspensión	<ul style="list-style-type: none"> - Delantera: Independiente de doble trapecio (paralelogramo deformable). - Trasera: Independiente de simple o doble trapecio.
Sistema de dirección	<ul style="list-style-type: none"> - Cremallera con recorrido corto sin asistencia
Dimensiones vehículo	<ul style="list-style-type: none"> - Largo: 2600mm - Ancho: 1600mm - Alto: 1200mm
Peso en vacío	320Kg
Dimensiones llantas	<ul style="list-style-type: none"> - Delanteras: 6"x10" - Traseras: 8"x10"
Dimensiones neumáticos	<ul style="list-style-type: none"> - Delanteros: 165/70/10 - Traseros: 225/40/10
Disposición de los elementos	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema de propulsión trasero - Depósito de combustible trasero - Sistema de refrigeración trasero por extracción de aire forzado - Piloto en posición central
Superficies transitables	Lisas, planas, rugosas, bacheadas, o con distintos tipos de adherencia, siempre y cuando no deriven en hundimiento del vehículo.
Competiciones en las que se emplea	<ul style="list-style-type: none"> - Rallyes - Tramos de subida de montañas - Carreras de autocross en circuito cerrado
Organismos técnicos que lo regula a nivel nacional	<ul style="list-style-type: none"> - RFEa (Real federación española de automovilismo) - CEAX (Campeonato de España de Autocross)

Tabla 1 - Características Kart-cross estándar

1.3. Objetivo y alcance del proyecto.

El objetivo general de este proyecto es el diseño, mediante el software CAD (*Computer Aided Design*; Diseño asistido por computadora) *SolidWorks*, de los elementos mecánicos necesarios para la adaptación a propulsión eléctrica de un kart-cross de competición, equipado originalmente con un sistema de propulsión de combustión interna convencional.

Este proyecto presenta un gran interés tanto desde un punto de vista académico como práctico, pues la información que se genere en la realización del mismo tiene como fin su posterior implementación en un prototipo real. Sobre dicho prototipo, se realizarán pruebas de puesta a punto, configuraciones y estudios de comportamiento del sistema de gestión de potencia de los dispositivos electrónicos por parte del grupo de EEA (Electricidad, Electrónica y Automática) de la Universitat Jaume I. Por ello, un diseño mecánico adecuado puede favorecer al correcto desempeño de ésta parte del vehículo.

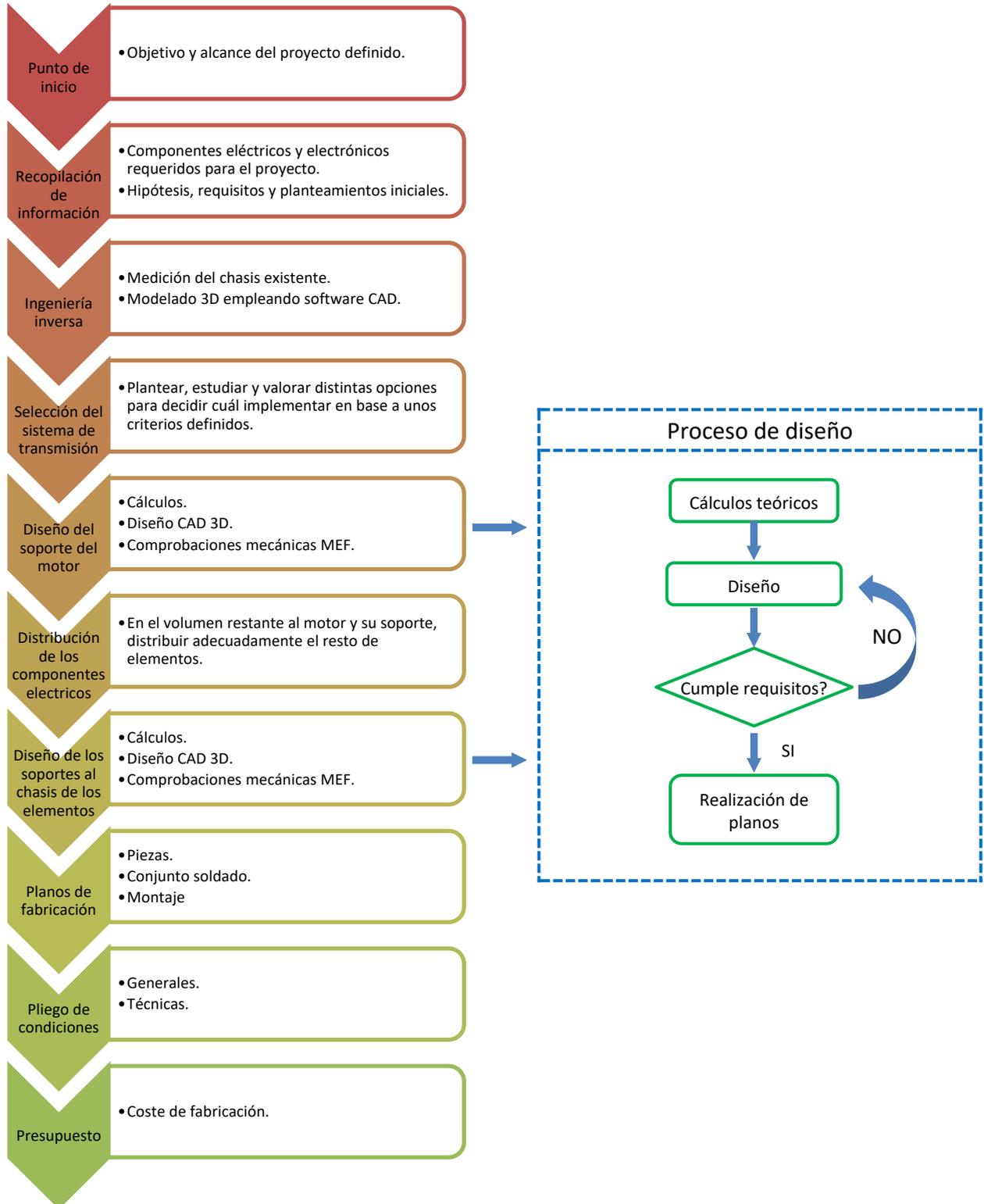
Por tanto, el alcance de este proyecto involucra las siguientes partes:

- Medición y modelado en 3D mediante ingeniería inversa del chasis del vehículo para generar el modelo base sobre el cual trabajar virtualmente en la disposición de los distintos componentes requeridos para el funcionamiento del sistema de propulsión eléctrica.
- Estudio, valoración y selección del sistema de transmisión de potencia entre el motor y el eje motriz.
- Ubicación de los distintos componentes que se requieren en el sistema de propulsión eléctrica en el espacio disponible para tal fin, teniendo en cuenta en todo momento el efecto de la distribución de masas en el vehículo y su efecto en el comportamiento mecánico.
- Diseño de los distintos soportes mecánicos para sostener con seguridad dichos componentes.
- Realización de cálculos teóricos y mediante software FEM (*Finite Element Method*; Metodo de los elementos finitos) para la comprobación de las prestaciones mecánicas de dichos soportes en condiciones habituales de funcionamiento del vehículo.
- Realización de planos para la fabricación de los elementos diseñados y su unión con el chasis del vehículo.

En este proyecto no se evaluarán ni se intervendrá en la posición del piloto dentro del vehículo ni en la re-configuración de la parte de ciclo del vehículo (sistema de amortiguación y dirección).

1.4. Metodología del proyecto.

En este apartado se detalla visualmente el proceso seguido en la realización de este proyecto mediante un diagrama de flujo:



1.5. Introducción de las tareas de diseño.

En este proyecto de ingeniería consiste en el diseño de los elementos mecánicos necesarios para realizar la adaptación de un sistema de propulsión eléctrica al chasis de un vehículo que originalmente es impulsado por un motor de combustión interna.

El diseño de estos elementos mecánicos se realizará empleando la herramienta software CAD SolidWorks

El cliente que solicita este trabajo es el grupo de EEA (Electricidad, Electrónica y Automática) de la Universitat Jaume I, y como tal, presenta una serie de requisitos que se deben tomar en consideración en el momento de realizar las tareas involucradas en el proceso de diseño.

Las tareas que serán realizadas en el proceso de diseño de los elementos necesarios para llevar a cabo este proyecto involucran operaciones de ingeniería inversa (metrología y posterior modelado) y una serie de cálculos, estudios y análisis para la selección de componentes comerciales y la concepción de los elementos necesarios que deben ser diseñados.

En los siguientes puntos se describe el proceso y los pasos seguidos en la realización de las tareas de diseño comentadas, las cuales siguen en todo momento las pautas marcadas por los requisitos de diseño impuestos por el cliente.

1.6. Definición de requisitos del diseño.

A continuación, se enumerarán los distintos requisitos de diseño, clasificados según la naturaleza de su origen.

- Adaptación a las geometrías dadas por los fabricantes de los componentes comerciales.
 - Los soportes diseñados deben adaptarse a la geometría y la forma de los componentes comerciales que componen el sistema eléctrico.
 - Todos los componentes comerciales deben caber adecuadamente en el vehículo evitando interferencias entre sí o con la estructura.
- Requisitos en base a criterios económicos.
 - El coste de fabricación de los componentes y su método de unión con el chasis debe ser el más contenido posible.
 - El coste de los elementos de transmisión de potencia que se incorporen en el vehículo debe estar justificado en base a unos criterios coherentes.
- Requisitos en base a criterios dimensionales.
 - Ninguno de los componentes involucrados en el sistema de propulsión eléctrico ni los soportes destinados a su montaje pueden sobresalir de la estructura ni la carrocería del vehículo.
 - No puede introducirse ningún componente en el habitáculo del piloto.
- Requisitos en base a criterios mecánicos.
 - Los soportes deben ser capaces de sostener los elementos en condiciones operativas habituales del vehículo (cambios de sentido, aceleraciones, saltos y reacciones intrínsecas al comportamiento mecánico del propulsor).
 - Los soportes deben de quedar firmes y sin holguras con los componentes y el chasis después del montaje apropiado.
 - El montaje y desmontaje de los distintos componentes debe ser simple y rápido.
 - El peso de los elementos diseñados debe ser reducido, sin comprometer las capacidades estructurales y mecánicas de los mismos.
 - La distribución de los componentes del sistema de propulsión y alimentación eléctrico debe atender a mantener el centro de gravedad del vehículo centrado, tanto longitudinal como transversalmente al vehículo y a baja altura.
- Requisitos de fabricación.
 - La fabricación de los soportes y elementos de anclaje debe ser factible, y los procesos de conformado deben estar comprendidos entre los siguientes: torneado, corte, soldadura, mecanizado en 3 ejes, corte láser y plegado de chapa metálica.

1.7. Ingeniería inversa.

En este apartado se recogen las tareas realizadas en las actividades de ingeniería inversa, en las que hubo que desarrollar un método y una estrategia para medir el chasis del kart-cross existente para posteriormente ser modelado en 3D mediante el software de diseño CAD.

1.7.1. Metrología y selección de instrumentos de medición.

En este apartado se describen los instrumentos de medida y herramientas que se valoraron para obtener las dimensiones del chasis necesarias para su posterior modelado, y posteriormente se recogen el método empleado y la estrategia para medir el chasis con los instrumentos que se seleccionaron para tal fin.

1.7.1.1. Recopilación de instrumentos de medida y herramientas de apoyo conocidos.

La característica principal del chasis del kart-cross que se dispone es que es de tipo multi-tubular, esta característica morfológica acarrea una serie de hándicaps a la hora de obtener las medidas que lo definen, puesto que consiste en un conjunto de elementos tubulares, con formas arbitrarias y singulares que no favorecen a la hora de identificar sus dimensiones, puesto que el entramado constituye formas caprichosas en las 3 dimensiones. Por este motivo, previamente a proceder en la toma de medidas, se evalúan una serie de instrumentos de medida y herramientas para determinar cuál o cuáles se emplearán para esta tarea.

A continuación, se enumeran dichos dispositivos:

- **Calibre o Pie de rey:** Es un instrumento de medida con una resolución de 0.01mm, y un rango de medida de 0 a 150mm para los modelos más comunes, llegando a valores superiores en la medida superior.

Con este instrumento se pueden realizar tanto medidas de exteriores como de interiores de piezas, así como de profundidad empleando la sonda que incorpora.



Ilustración 3 - Calibre o pie de rey

- **Cinta métrica extensible:** Este instrumento de medida presenta una resolución de 1mm y un rango de medida que va de 0 a 3m en los modelos más contenidos, llegando hasta los 8 metros en modelos auto retráctiles.



Ilustración 4 - Cinta métrica



- **Nivel láser:** Este dispositivo o herramienta no es un instrumento de medida en sí, más bien se trata de un instrumento para determinar nivelaciones o planos de referencia, tanto horizontales, como verticales o arbitrarios, estando especialmente calibrado para ofrecer una perpendicularidad o verticalidad con una gran precisión.



Ilustración 5 - Nivel láser

- **Escuadra:** Con esta herramienta es posible comprobar la perpendicularidad o bien emplearla como referencia de perpendicularidad de un plano. A su vez dispone de una regla de medición para tomar medidas relativas a los planos de apoyo.



Ilustración 6 - Escuadra

- **Metro láser con sensor angular digital:** Con este instrumento de medida es posible medir una distancia en línea recta, desde un punto hasta una referencia lejana, con un gran rango de medida, de 0,2m hasta 50m de distancia, y una precisión de 0.01m. A parte incorpora un sensor angular que permite conocer el ángulo de posicionado del dispositivo con una precisión de 0.1°.



Ilustración 7 - Medidor láser con sensor angular

- **Scanner 3D:** Este instrumento, o herramienta incorpora una serie de emisores de luz y transductores de imagen, luz y posición que le permiten captar las formas de las piezas o superficies a las que se enfoca. Esto combinado con un software dedicado, posibilitan la obtención digitalizada de superficies, cuerpos plasmados en modelos 3D, generados en tiempo real, los cuales conservan la geometría y forma de las partes captadas. Existen distintos modelos en el mercado con distintas precisiones y capacidades.



Ilustración 8 - Scanner 3D

1.7.1.2. Selección de los instrumentos de medición.

Tras evaluar los instrumentos y herramientas enumerados, se seleccionan o descartan los dispositivos en base a las siguientes justificaciones expuestas:

DISPOSITIVO	SELECCIÓN	JUSTIFICACIÓN
Calibre o Pie de rey	Se selecciona	Para la medición de las dimensiones de los tubos, espesores de chapas, pequeñas dimensiones y dimensiones de singularidades como agujeros, ranuras, etc...
Cinta métrica extensible	Se selecciona	Para la medición de distancias entre tubos o entre puntos seleccionados estratégicamente. Pues por su rango de medida es capaz de cubrir la envergadura del chasis en cualquier dirección.
Nivel láser	Se selecciona	Es una herramienta que presenta una gran ayuda en la medición ya que bien empleada puede generar una serie de referencias que pueden ser empleadas a la hora de generar un “origen” virtual de las medidas.
Escuadra	Se selecciona	Puede emplearse como apoyo a la hora de comprobar perpendicularidad entre piezas, así como encontrar planos de referencia en formas complejas apoyándola de canto.
Metro láser con sensor angular digital	Se selecciona	Puede emplearse para realizar ciertas medidas que supongan una complicación a la hora de ubicar la cinta métrica, así como hallar ángulos de algunos elementos.
Scanner 3D	Se descarta	A pesar de ser la herramienta con la que se podría generar más fácilmente las operaciones de ingeniería inversa, pues no requeriría de ningún tipo de tareas de medición manual salvo para escalar el modelo generado, se descarta por su alto coste, no contemplado en la realización del proyecto, lo cual impide la posibilidad de adquirirla.

Tabla 2 – Selección de los instrumentos y herramientas de medida.

1.7.2. Medición y modelado 3D del chasis

1.7.2.1. Definición de la estrategia de medición.

En el momento de realizar las mediciones en el chasis tubular, había que tener en cuenta que éstas aportasen la información necesaria a la hora de realizar su modelado para que su realización sea de la manera más simple.

Como el objetivo de esta tarea es el de conseguir generar adecuadamente un modelo del chasis, lo más parecido al original, en un entorno 3D para el diseño de las adaptaciones que han de sostener los componentes del sistema eléctrico. Es importante definir qué orientación va a tomar el chasis con respecto al sistema de coordenadas con los ejes X, Y, Z que definen el entorno tridimensional, y donde se va a situar el origen de dicho sistema de coordenadas.

En primer lugar, se define la orientación de los tres ejes como se indica a continuación:

• Eje X	En sentido longitudinal al vehículo (largo)
• Eje Y	En sentido transversal al vehículo (ancho)
• Eje Z	En sentido vertical al chasis (altura)

De modo que, con los recursos disponibles, el primer paso a realizar fue el de situar el vehículo, apoyado sobre el chasis y todo lo más nivelado posible horizontalmente para intentar conseguir un plano inferior para el origen de coordenadas que formase parte del mismo chasis, esto se consiguió tal y como se observa en la siguiente imagen:

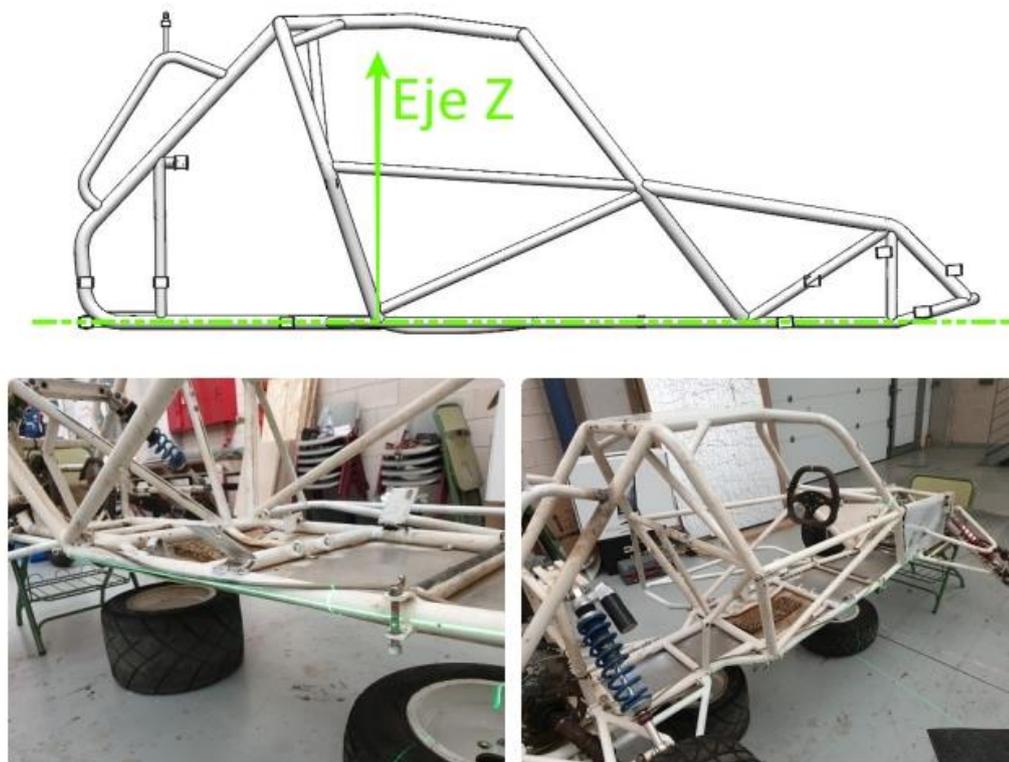


Ilustración 9 - Nivelación horizontal del chasis y origen eje Z



En dicha imagen, se observa mediante una línea discontinua verde sobre una captura del chasis modelado, el plano que se pretendía conseguir, y mediante dos imágenes adicionales, el sistema empleado para tal fin, en el que mediante dos sillas como soporte se apoyó el chasis, comprobando su nivelación mediante el nivel láser (se aprecia en color verde sobre el tubular inferior del chasis).

Con este plano inferior, se referenció el valor cero en el origen del eje Z.

Una vez establecida esta referencia, se emplea el nivel láser como referencia de los planos virtuales definidos, para generar el origen desde el cual se tomarán las medidas que luego se introducirán en el modelado del chasis.

El esquema de situación del nivel láser y el sentido de los ejes y las mediciones se ejemplifica en la siguiente imagen:

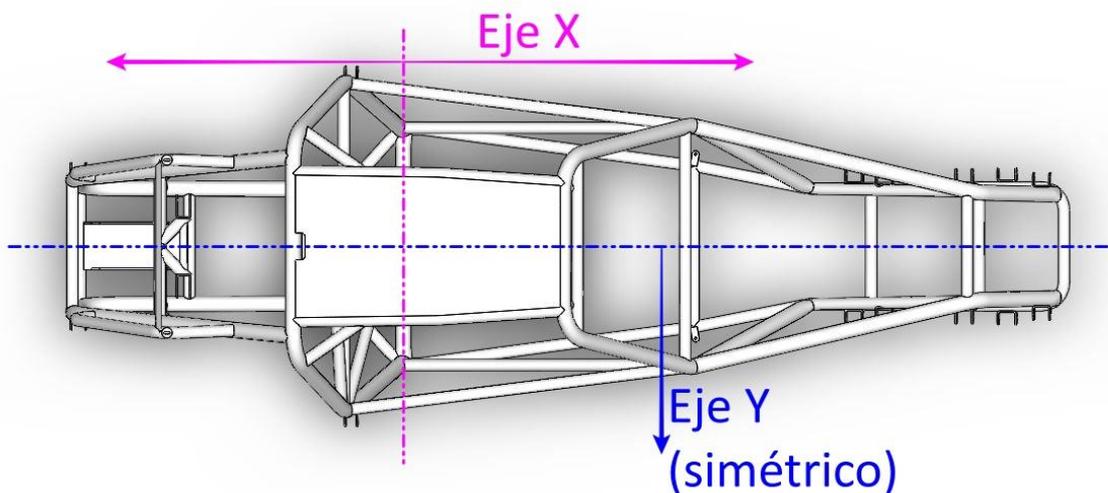


Ilustración 10 - Esquema mediciones Ejes X e Y

Las medidas tomadas longitudinalmente se corresponderán a las cotas en el eje X de los puntos seleccionados para modelar posteriormente. Y las tomadas transversalmente respecto al centro del chasis se corresponderán con las del eje Y.

En el siguiente montaje de imágenes se puede observar el método usado para ubicar el plano vertical, longitudinal a lo largo del eje X, que sirve como origen para las cotas del eje Y. Las cuales, por la simetría que presenta el chasis únicamente serán tomadas desde dicho plano central hasta los nodos de interés.

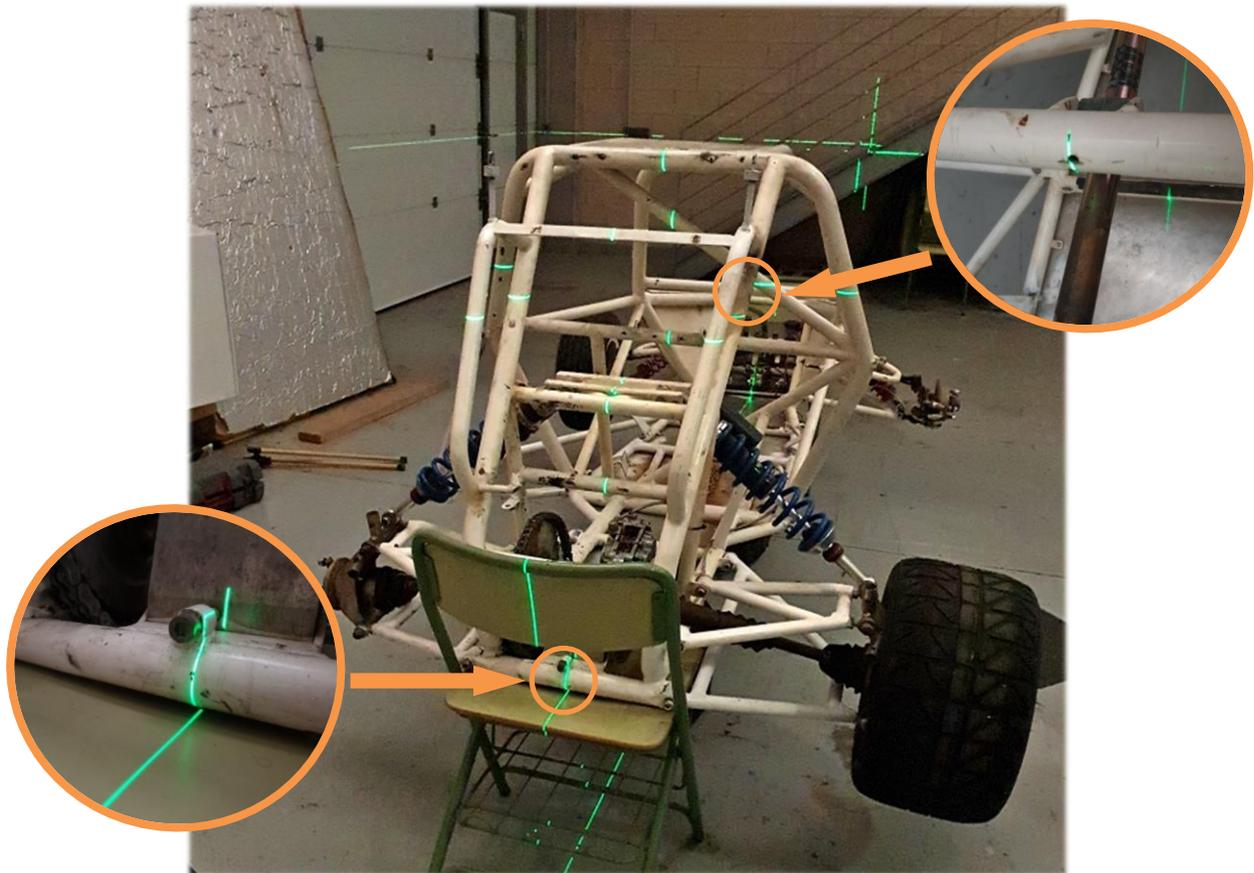


Ilustración 11 - Montaje nivel láser referencia longitudinal

Tal y como se observa en las imágenes de detalle de la ilustración anterior, para conseguir el posicionado correcto del nivel láser a lo largo del plano vertical longitudinal del chasis, se hace coincidir el haz lumínico con unas marcas realizadas previamente en el centro de los tubos del chasis que son “cortados” por la luz a lo largo de su recorrido. La manera de realizar estas marcas ha sido hallando el punto medio de éstos tubos empleando la cinta métrica, asegurando la simetría de dichas marcas respecto a los extremos de los tubos marcados.

Una vez generada esta referencia, se pueden obtener las medidas de los nodos seleccionados situando el gancho de la cinta métrica (0) en el punto buscado, y extendiendo la cinta en dirección normal al plano generado hasta observar en qué cota la cinta interfiere con la luz. El valor de la cota iluminada será la distancia del punto hasta el plano de referencia.

Este procedimiento se repetirá hasta hallar todas las medidas necesarias para generar los croquis que se emplearán para modelar el chasis.

Por otro lado, con el calibre se medirán los diámetros de los tubos que forman la estructura del chasis, así como los espesores de chapas y soportes auxiliares de los elementos del kart-cross que puedan ser de interés para modelarlo.

1.7.2.2. Modelado.

A medida que se van obteniendo las medidas necesarias del chasis, se procede con el modelado del mismo mediante el software 3D Solidworks.

Para realizar el modelo, la estrategia que se sigue consiste en generar croquis en dos dimensiones con las dimensiones recogidas en el proceso de medición. Se generará un croquis “base” en cada uno de los tres planos que definen las tres dimensiones del espacio (alzado, planta y vista lateral o perfil), combinando las cotas halladas en los ejes X, Y y Z, del siguiente modo:

• Plano Alzado	Combinando cotas en Y y Z.
• Plano Planta	Combinando cotas en X e Y.
• Plano Vista lateral o Perfil	Combinando cotas en Z y X.

Los croquis generados quedan tal y como se observa en la siguiente ilustración:

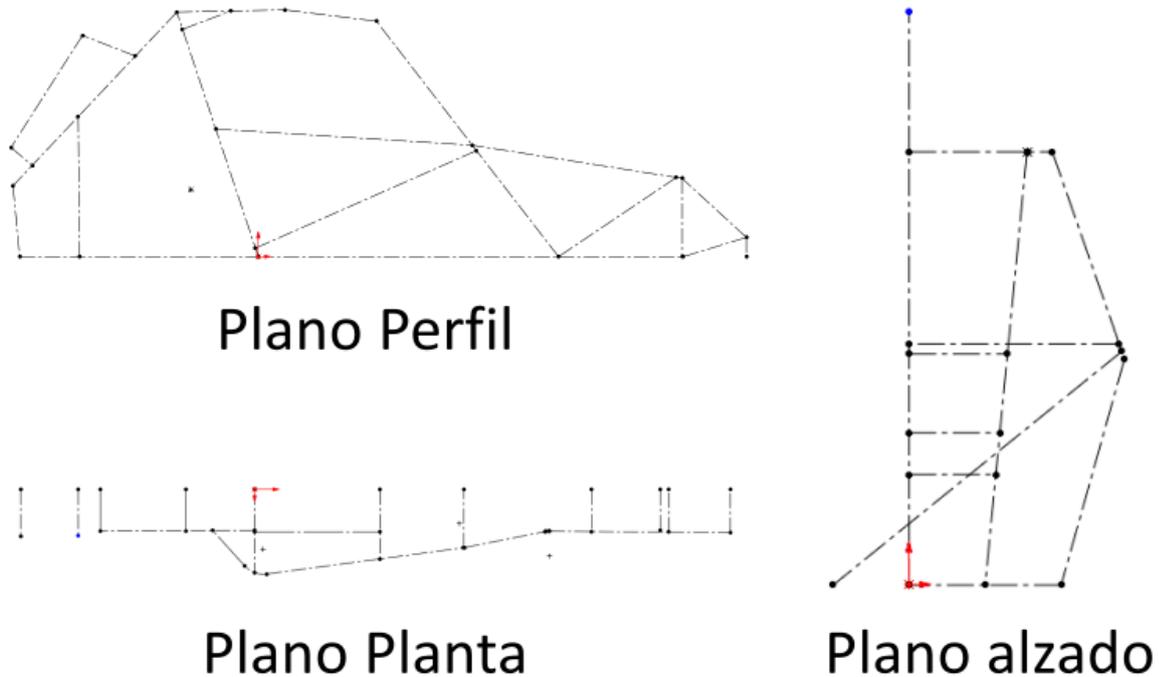


Ilustración 12 - Croquis en tres planos

A partir de estos croquis “base” y con nodos auxiliares adicionales medidos se genera un entramado alámbrico de croquis en tres dimensiones, tal y como se observa en la siguiente ilustración:

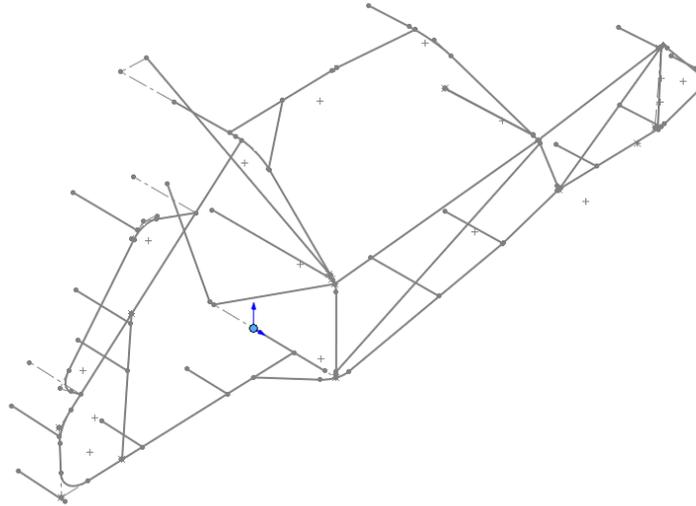


Ilustración 13 - Croquis alámbrico 3D

Y a partir de este croquis se genera con la operación miembros estructurales de soldadura el entramado de perfiles tubulares que forma el chasis, al que se le añadirán las piezas de chapa con disposición simétrica en el chasis, para posteriormente aplicar una operación de simetría y fusión de cuerpos respecto al plano lateral para obtener la envolvente principal del chasis. Tras esto se modelarán los elementos de interés del chasis que no siguen una distribución simétrica en el mismo.

A continuación, se presentan en una ilustración las imágenes que corresponden a este proceso:

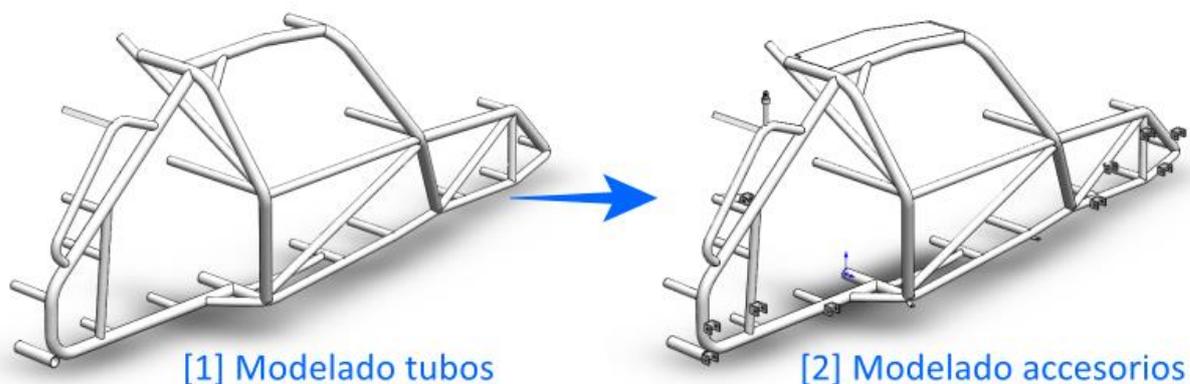


Ilustración 14 - Modelado tubos y accesorios

[3] Simetría y modelado de componentes asimétricos

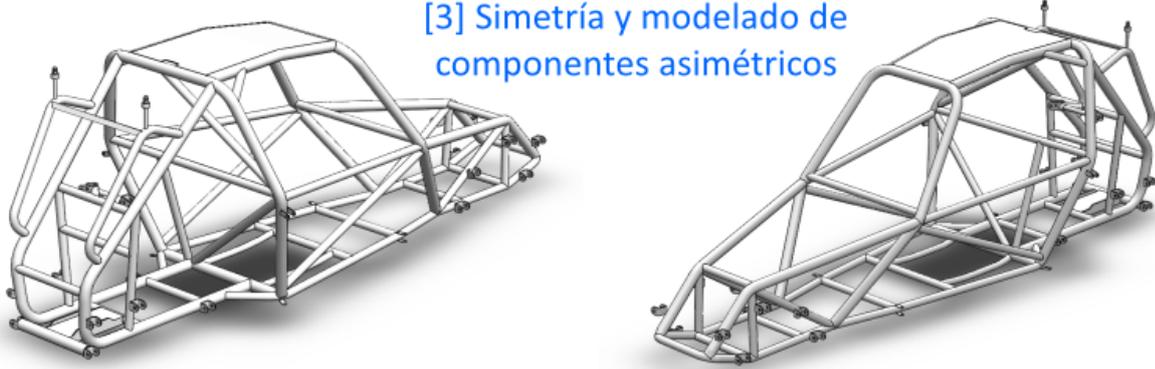


Ilustración 15 - Operación de simetría y componentes asimétricos

Tras modelar el chasis con el nivel de detalle requerido para poder trabajar en la incorporación de los elementos del sistema de propulsión eléctrica y otras posibles modificaciones que se quieran realizar más adelante, se modelan también los brazos de los sistemas de amortiguación delantero y trasero, siendo éste último de importancia, pues en el rango de movimiento de máxima compresión del amortiguador trasero supera la cota del tubular inferior del chasis, y es interesante poder asegurar que no haya interferencias con algún componente que pueda sobresalir de la cuna inferior de la estructura tubular del vano trasero. A parte de esto se modelarán también las ruedas, neumáticos y arcos de seguridad laterales del vehículo para prevenir cualquier interferencia a la hora de introducir los elementos en el vehículo, así como realizar las operaciones de revisión y mantenimiento de conservación.

Tras tomar las medidas pertinentes en las partes del vehículo mencionadas en el anterior párrafo, el conjunto del modelo 3D obtenido del kart-cross queda tal y como se observa en la siguiente ilustración:

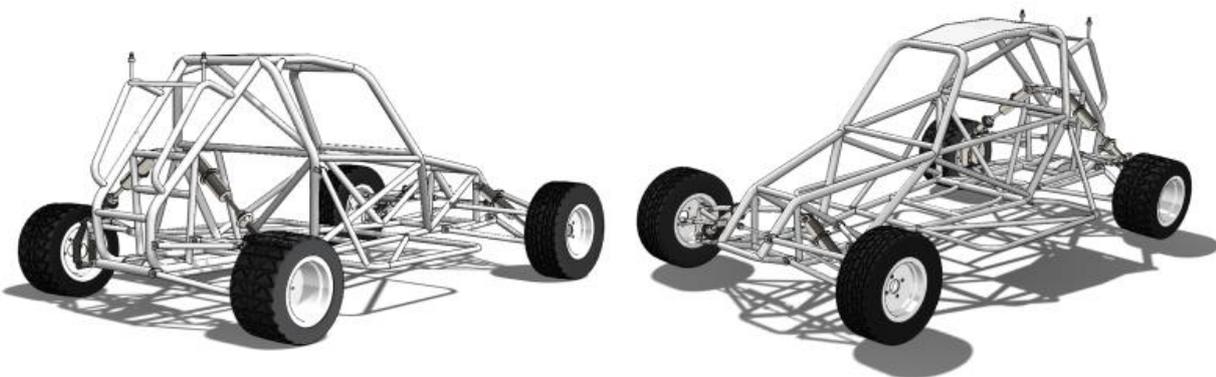


Ilustración 16 - Conjunto parte ciclo kart-cross Modelado

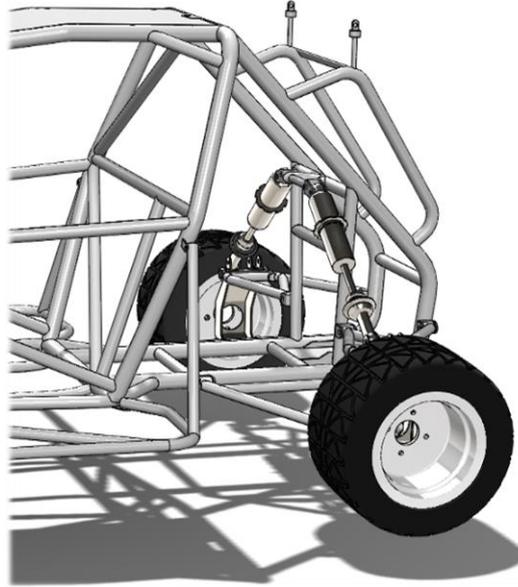


Ilustración 17 - Detalle vano trasero chasis kart-cross

Con este modelo en 3D resultado de las tareas de ingeniería inversa, se consigue tener una fuente de información valiosa y suficiente para realizar el diseño de los soportes de los elementos involucrados en el sistema de propulsión eléctrica del vehículo, con una fiabilidad aceptable respecto al elemento real, lo cual reduce las probabilidades de cometer errores en el diseño que acarreen dificultades en la fabricación de las piezas.

Por otro lado, en cuanto al nivel de confiabilidad del diseño obtenido respecto a la realidad, se puede estimar que, debido a los instrumentos de medida disponibles para la adquisición de las medidas, la desviación que puede haber en las dimensiones sea de un 0,25%, con lo que se asume un error de 2,5mm por cada 1000mm.

1.8. Características de los componentes del sistema de propulsión eléctrico.

Al igual que el sistema de propulsión de combustión interna de origen de este vehículo, el sistema de propulsión alimentado por energía eléctrica que se pretende incorporar en este vehículo consta de tres partes principales e indispensables para el funcionamiento de un vehículo aisladamente.

Cada una de estas tres partes cumple una función básica y necesaria para el funcionamiento del vehículo. A continuación, se indica el componente encargado de cada una de estas funciones en cada sistema de propulsión:

Función	Componente encargado en el sistema de combustión interna	Componente encargado en el sistema de propulsión con energía eléctrica
<i>Acumulación de fuente de energía</i>	Depósito de gasolina	Batería o acumulador eléctrico.
<i>Control y comando</i>	Sistema de inyección electrónica o carburación	Controlador o <i>driver</i> electrónico.
<i>Propulsión</i>	Motor de combustión interna de explosión, con ciclo de cuatro tiempos convencional.	Motor eléctrico de imanes permanentes.

A continuación, se identifican los componentes concretos que forman el sistema de propulsión eléctrica, indicando las características de los mismos:

- Batería de acumulación de energía eléctrica:** Se trata de una batería hecha a medida por la empresa Abervian para alimentar el sistema eléctrico del vehículo. Para tal efecto emplea celdas con química LiFePO4 (litio-hierro) con una gran capacidad de entrega energética. El diseño de la misma ha sido adaptado a las necesidades de montaje y sujeción del vehículo y su masa es de 65 Kg aproximadamente.
- Controlador o Driver:** Se trata de un equipo electrónico de potencia, encargado de gestionar y adecuar el flujo de energía que le llega al motor, absorbiendo corriente continua de la batería y transformándola en corriente alterna rectificada para alimentar el motor. Para el caso es un equipo de la marca DMC GmbH, modelo SuperSigma2, programable, y refrigerado por agua, con una capacidad de trabajo de 24 a 96V y de 250 a 600 Amps, y un peso de 6.2Kg.

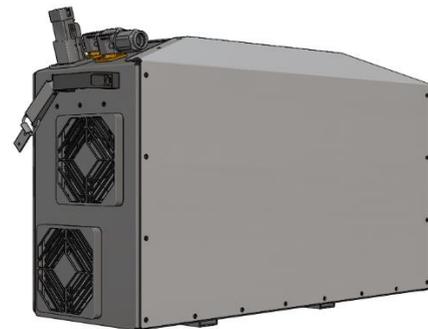


Ilustración 18 – Batería Abervian



Ilustración 19 – Controlador SuperSigma

- **Motor eléctrico:** Para dotar al vehículo de unas capacidades motrices comparables o superiores en aceleración al motor original de combustión interna, el cliente ha seleccionado un motor síncrono de imanes permanentes refrigerado por agua, del fabricante ENGIRO, modelo 205W-08009-ABC con una potencia de 19KW a régimen nominal, y de 39KW de pico, con una entrega de par máximo de 189N·m. y un peso de 37Kg.

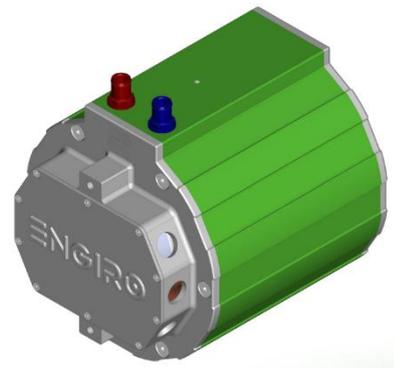


Ilustración 20 – Motor Engiro

Para estos componentes indicados se han de diseñar los soportes oportunos, y por esto es de gran importancia disponer de las características físicas, dimensionales y mecánicas de éstos componentes para su correcta adaptación.

- En cuanto a las características físicas se conoce peso de cada componente, indicado por el fabricante y reflejado en la descripción anterior de cada uno de ellos.
- En cuanto a las características dimensionales se dispone de los archivos CAD en formato 3D proporcionados igualmente por el fabricante.
- Y en cuanto a las características mecánicas, conocemos el tipo de anclajes que van a disponer a partir del mismo modelo 3D facilitado por el fabricante y a parte en el caso del motor se conocen las prestaciones de par motor máximo que es capaz de entregar.

Con la información indicada ya se dispondría de los datos y parámetros necesarios para poder realizar los dimensionados oportunos a la hora de diseñar cada uno de los soportes y posteriormente hacer los cálculos de las comprobaciones necesarias.

1.9. Selección del sistema de transmisión.

Tras realizar la ingeniería inversa sobre la estructura del vehículo y conociendo las características dimensionales, mecánicas y físicas de los elementos que componen el sistema de propulsión eléctrico, se tiene toda la información necesaria para empezar a dimensionar, seleccionar y diseñar elementos mecánicos para realizar la adaptación a propulsión eléctrica del kart-cross.

En primer lugar, se opta por seleccionar el sistema mecánico comercial que se empleará en la transmisión de la energía motriz del eje del motor al tren de transmisión del eje trasero, que es por defecto el propulsor. Esto es porque en función del sistema que se escoja de entre las distintas opciones evaluadas condicionará la disposición del motor y en consecuencia el espacio restante disponible para el reparto y la ubicación de los componentes restantes.

1.9.1. Opciones propuestas para evaluar su incorporación:

[1] Caja reductora con reenvío angular: Tal y como se observa en la ilustración, se trata de una etapa de transmisión compuesta por dos engranajes cónicos con disposición ortogonal entre sí. Se puede seleccionar la relación de transmisión de estos engranajes entre las ofertadas por el fabricante, y su funcionamiento consiste en una transmisión permanente, sin holguras y bajo mantenimiento, pues la zona de engrane y los rodamientos disponen de lubricación permanente en un recinto estanco.



Ilustración 21 – Reductora con reenvío angular

[2] Variador centrífugo continuo con correa sintética: Consiste en un mecanismo de dos poleas cónicas con geometría variable por medio de un sistema de rodillos centrífugos que a medida que aumenta la velocidad de giro de la polea impulsora, va variando la relación de transmisión de “corta” a “larga” entre ambas poleas. En este caso para la transmisión de movimiento se emplea una correa sintética que fricciona sobre las poleas.



Ilustración 22 – Variador centrífugo con correa

[3] Transmisión por correa dentada: Como su nombre indica consiste en un mecanismo formado por dos poleas cilíndricas dentadas y una correa síncrona con el dentado complementario al de las poleas. Este mecanismo permite un sincronismo perfecto entre ambas poleas y un bajo nivel de vibraciones, aunque es sensible a la suciedad.



Ilustración 23 – Correa dentada

[4] Cadena de eslabones y rodillos: Este sistema de transmisión es muy similar al de la correa dentada, a diferencia de que emplea una cadena de eslabones y rodillos para conectar un piñón y una corona dentada. Este mecanismo permite una gran transmisión de potencia, con un nivel de sincronismo elevado, pero con ciertas vibraciones debido a la geometría poligonal que genera la cadena sobre los rodillos, pero por otro lado es menos sensible a la suciedad que la correa.



Ilustración 24 - Transmisión cadena eslabones

1.9.2. Estudio y selección.

A continuación, se estudiará cuál de las opciones anteriormente descritas será la más adecuada para emplearla como mecanismo de transmisión desde el eje de salida del motor hasta el eje trasero. Para ello se va a aplicar una metodología cuantitativa, teniendo en cuenta una serie de características deseadas, y ponderándolas porcentualmente según la importancia que tengan respecto a las demás.

Para realizar la metodología indicada, se empleará una tabla, en la que se indicará la característica buscada, su valor ponderado sobre el 100% y posteriormente el valor de cumplimiento (ponderado sobre 1) que cada sistema de los propuestos tiene respecto al resto si son comparables.

CARACTERÍSTICA DESEADA	VALOR (%)	Reenvío angular	Variador centrífugo	Correa dentada	Cadena
A. Facilidad para cambiar la relación de transmisión	10	0	0,70	0,15	0,15
B. Eficiencia	10	0,15	0,05	0,40	0,40
C. Menor coste	25	0,08	0,12	0,30	0,50
D. Baja complejidad adaptación	20	0,10	0,10	0,30	0,50
E. Menor volumen ocupado	15	0,05	0,15	0,30	0,50
F. Menor peso	5	0,10	0,10	0,40	0,40
G. Bajas vibraciones y ruido	5	0,30	0,30	0,30	0,10
H. Fiabilidad	10	0,50	0,10	0,10	0,30
Letra característica de cada sistema [L]		R	V	D	C

A continuación, se calcula la puntuación obtenida a partir del valor de cumplimiento de cada característica y el valor ponderado que supone dicha característica, para cada elemento, siguiendo la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Sistema} = \%A \cdot L + \%B \cdot L + \%C \cdot L + \%D \cdot L + \%E \cdot L + \%F \cdot L + \%G \cdot L + \%H \cdot L$$

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Reenvío} &= \%A \cdot R + \%B \cdot R + \%C \cdot R + \%D \cdot R + \%E \cdot R + \%F \cdot R + \%G \cdot R + \%H \cdot R \\
 &= 10 \cdot 0 + 10 \cdot 0.15 + 25 \cdot 0.08 + 20 \cdot 0.1 + 15 \cdot 0.05 + 5 \cdot 0.1 + 5 \cdot 0.3 + 10 \cdot 0.5 \\
 &= \mathbf{13.25\%}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Variador} &= \%A \cdot V + \%B \cdot V + \%C \cdot V + \%D \cdot V + \%E \cdot V + \%F \cdot V + \%G \cdot V + \%H \cdot V \\
 &= 10 \cdot 0.7 + 10 \cdot 0.05 + 25 \cdot 0.12 + 20 \cdot 0.1 + 15 \cdot 0.15 + 5 \cdot 0.1 + 5 \cdot 0.3 + 10 \cdot 0.1 \\
 &= \mathbf{17.75\%}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Correa} &= \%A \cdot D + \%B \cdot D + \%C \cdot D + \%D \cdot D + \%E \cdot D + \%F \cdot D + \%G \cdot D + \%H \cdot D \\
 &= 10 \cdot 0.15 + 10 \cdot 0.4 + 25 \cdot 0.3 + 20 \cdot 0.3 + 15 \cdot 0.3 + 5 \cdot 0.4 + 5 \cdot 0.3 + 10 \cdot 0.1 \\
 &= \mathbf{28\%}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Cadena} &= \%A \cdot C + \%B \cdot C + \%C \cdot C + \%D \cdot C + \%E \cdot C + \%F \cdot C + \%G \cdot C + \%H \cdot C \\
 &= 10 \cdot 0.15 + 10 \cdot 0.4 + 25 \cdot 0.5 + 20 \cdot 0.5 + 15 \cdot 0.5 + 5 \cdot 0.4 + 5 \cdot 0.1 + 10 \cdot 0.3 \\
 &= \mathbf{41\%}
 \end{aligned}$$

El resultado tras los cálculos de la puntuación para cada sistema ha sido en orden descendiente del 41% a favor del sistema de transmisión por cadena de eslabones y rodillos, 28% para la Correa dentada, 17,75% para el variador y 13,25% para el sistema de caja reductora con reenvío angular.

De este modo queda como mejor opción el sistema de **cadena de eslabones y rodillos**.

1.9.3. Dimensionado del sistema de transmisión seleccionado.

Se conoce que el vehículo montaba originalmente una cadena como sistema de transmisión del motor de combustión hasta el eje propulsor trasero, conservando el mismo sistema de propulsión que incorpora el motor al tratarse de un modelo diseñado para una motocicleta.

Se partirá en la operación de dimensionado, enfocándola más bien como una operación de comprobación de la compatibilidad operativa del sistema de transmisión original con las prestaciones mecánicas que ofrece el nuevo motor eléctrico. A modo de intentar reducir los costes en la adaptación del kart-cross al nuevo sistema de propulsión.

Por tanto, en primer lugar, se toman las medidas del sistema original, extrayendo que incorpora una cadena de paso 15,875mm, 5/8" o bien 10B-1, que en términos de nomenclatura de motocicleta equivaldría al modelo 520 y se dispone una corona en el eje trasero que consta de 49 dientes, que prácticamente sería el mayor tamaño que se puede incorporar observando el espacio disponible.

Para recabar los datos necesarios para dimensionar la cadena, se realizan en primer lugar unos cálculos para hallar el número de dientes que habrá de disponer el piñón de salida del motor para conseguir la relación de transmisión buscada, en base a la velocidad y empuje del vehículo deseable a régimen de máximo par del motor. Por tanto, será necesario conocer el par máximo del motor y el valor del régimen de revoluciones donde se entrega, así como el máximo número de revoluciones que pueda alcanzar el motor para conocer la máxima velocidad a la que podría llegar el vehículo teóricamente.

Para realizar estos cálculos es necesario conocer los parámetros de funcionamiento del motor eléctrico que se va a instalar, por tanto, se acude al gráfico y las tablas proporcionadas por el fabricante, recogidos en la siguiente ilustración:

Nominal Operation (S1, cooling as specified below)			
Torque	\bar{T}_{nom}		76 Nm
Power	P_{nom}		19 kW
Speed	n_{nom}		2360 rpm
Phase rms-current	I_{nom}		472 A
Battery voltage (DC)	U_{nom}		48 V
Electric frequency	$f_{el,nom}$		157 Hz
Power factor	$\cos(\varphi)$		0.70
Maximal Values (S2, 10s, cooling as specified below)			
Torque	\bar{T}_{max}		189 Nm
Power	P_{max}		39 kW
Phase rms-current	I_{max}		1385 A
Battery voltage (DC)	U_{max}		96 V
Speed	n_{max}		6180 rpm
Electric frequency	$f_{el,max}$		412 Hz

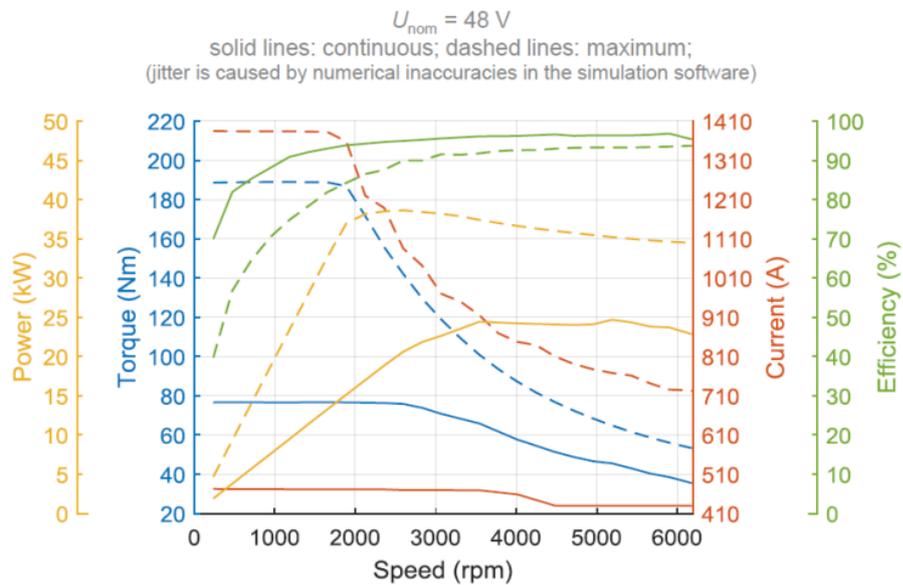


Ilustración 25 - Prestaciones motor eléctrico

De esta ilustración se puede extraer la velocidad del motor en revoluciones por minuto y la cantidad de par entregado en función de éstas, tanto en funcionamiento a potencia nominal y potencia pico.

Con estos datos y los conocidos del sistema de transmisión del kart-cross, se realiza una tabla de cálculo para conocer qué relación de transmisión habría que disponer entre el motor y el eje trasero para obtener distintas velocidades deseables en el vehículo cuando el motor está entregando el par máximo, o sea, hasta que el motor llegue a las revoluciones donde termina el máximo par a régimen de potencia nominal (2765 rpm), observando de igual manera que se obtenga una velocidad máxima razonable en el límite del régimen de giro del motor (6000 rpm).

La secuencia de operaciones realizadas para realizar estos cálculos se describe a continuación:

Se tienen las siguientes variables y valores de partida indicados para las variables fijas conocidas:

- velocidad deseable en el régimen de máximo par en km/h [V]
- Velocidad de giro de la rueda en rpm [ω_{eje}]
- Velocidad de giro del motor en rpm [ω_m]
- Velocidad de giro máxima del motor en rpm [ω_{m_max}]
- Diámetro rueda trasera [$\phi_{rt}=430\text{mm}$]
- Número dientes corona [$Z_c=49$]
- Relación transmisión [RT]
- Par a la rueda trasera en N·m [M_{eje}]
- Par del motor en N·m [M_m]
- Fuerza de empuje del vehículo en Kg [F]
- Velocidad máxima alcanzable en km/h [Vmax]
- Número dientes piñón [Z_p]

En primer lugar, se calculan las revoluciones a las que debería girar el eje trasero para obtener la velocidad deseada:

$$\omega_{eje} = \frac{V \cdot \frac{1000}{3600}}{\frac{\phi_{rt}}{1000 \cdot 2} \cdot 2 \cdot \pi} \cdot 60$$

En función de estas revoluciones y las del giro del motor se obtiene la relación de transmisión entre el motor y el eje trasero:

$$RT = \frac{\omega_m}{\omega_{eje}}$$

Conociendo la relación de transmisión se puede conocer el par al eje trasero:

$$M_{eje} = M_m \cdot RT$$

A partir de este par y conociendo el diámetro de la rueda trasera se puede conocer la fuerza de empuje del vehículo:

$$F = \frac{M_{eje}}{\frac{\phi_{rt}}{1000 \cdot 2} \cdot 9,8}$$

Por otro lado, conociendo la velocidad de giro del vehículo al régimen de giro del motor cuando entrega el par máximo, podemos hallar la velocidad cuando el régimen de giro del motor sea la máxima, y, por ende, la máxima velocidad teórica del vehículo:

$$V_{max} = \omega_{m_{max}} \cdot \frac{V}{\omega_m}$$

Y para terminar, se hallará el número de dientes del piñón de salida del motor como el cociente entre el número de dientes de la corona del kart-cross y la relación de transmisión hallada. Se toma el número de dientes de la corona actual puesto que es el mayor tamaño que se puede incorporar, y por defecto el que proporcionará una relación de transmisión más corta, para obtener unas mejores prestaciones de aceleración. Por tanto:

$$Z_p = \frac{Z_c}{RT}$$

Con estos cálculos, la tabla resultante es la siguiente:

V [km/h] máximo par	RPM eje trasero	Relacion de transmisión	Par a la rueda (Nm)	Fuerza empuje [Kg]	Max vel teorica [km/h]	Dientes piñón Zp
40	493,50	5,60	425,81	202,09	86,80	9
45	555,19	4,98	378,50	179,64	97,65	10
50	616,88	4,48	340,65	161,68	108,50	11
55	678,57	4,07	309,68	146,98	119,35	12
60	740,26	3,74	283,87	134,73	130,20	13
65	801,94	3,45	262,04	124,37	141,05	14
70	863,63	3,20	243,32	115,48	151,90	15
75	925,32	2,99	227,10	107,78	162,75	16
80	987,01	2,80	212,91	101,05	173,60	17

Tal y como se puede apreciar en la tabla, la máxima velocidad con la que se esperaría llegar a circular disponiendo del máximo par del motor sería a 80km/h, lo cual equivaldría a una fuerza de empuje de 101Kg y una máxima velocidad teórica de 173,6 km/h. Para ello bastaría con incorporar un piñón de 17 dientes.

No se han calculado resultados para mayores valores, puesto que esta clase de vehículos de origen no suelen alcanzar velocidades máximas mayores a la calculada (173,6 Km/h) y para el tipo de competiciones en las que se emplean, se requieren grandes aceleraciones en espacios cortos de tiempo, lo cual se consigue con relaciones de transmisión con una mayor desmultiplicación o más “cortas”, montando piñones con menor un bajo número de dientes.

Tras los resultados obtenidos se estipula incorporará como mínimo un piñón de 13 dientes, para obtener un buen valor de la aceleración sin perjudicar excesivamente con el efecto de la



irregularidad en la velocidad que genera la poligonal de los piñones cuanto menor es su número de dientes, sobre todo para valores menores a 17 o 19 dientes.

Para realizar los cálculos de la resistencia de la cadena, es interesante conocer también la longitud aproximada que va a tener y la distancia entre centros del piñón y la corona. Esto lo podemos estimar a partir del modelo CAD, situando el motor en una posición aproximada a la definitiva y con ello obtener una estimación de estos valores. Esta operación se puede observar en la siguiente ilustración:

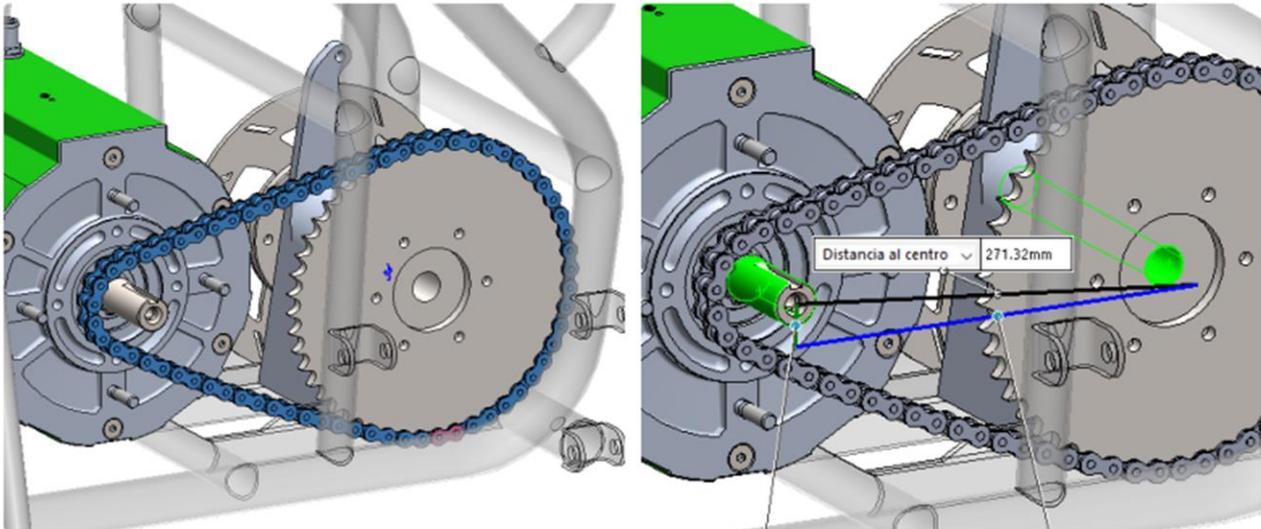


Ilustración 26 - Estimación CAD del número eslabones de la cadena

Tal y como se observa, el software indica que entre el piñón y la corona hay una distancia de 271mm, y que para conectarlos se requieren 34 pares de eslabones, con lo que habría que montar una cadena con un total de 68 eslabones, y una longitud de $68 \cdot 15,875\text{mm} = 1079,5\text{mm}$.

Con la información recogida, se consultan algunos prontuarios de cálculo de transmisiones por cadena realizados por distintos fabricantes de cadena, y al menos en todos los consultados se observa que para este caso particular de transmisión por cadena no hay ninguna solución plausible en primera instancia, pues tanto en el parámetro de revoluciones máximas del piñón conductor como en el bajo número de pasos o eslabones de la cadena que se tienen ningún prontuario ofrece resultados razonables.

Esto se debe a que en maquinaria convencional la velocidad en los piñones o ruedas conductoras no suele ser tan elevada como la que se llega a alcanzar en este motor, pues los motores habitualmente suelen estar acoplados a cajas reductoras previas a la transmisión por cadena, o en caso de ser motores trifásicos acoplados directamente no suelen girar a una velocidad mayor a $3000\text{ rpm} < 6000\text{ rpm}$ de este motor, salvo aplicaciones especiales, que el mismo fabricante de cadenas ofrece consultar con los equipos de ingenieros de sus empresas.

Por otro lado, la corta longitud de la cadena también afecta al efecto de desgaste de la misma, pues la frecuencia con la que los rodillos sufren sollicitaciones es mayor que para una cadena de mayores dimensiones.

Con todo esto no se puede obtener un resultado preciso para el caso aparentemente. Pero a pesar de esto se dispone de un parámetro clave del motor que se puede emplear como factor limitante o restrictivo a la hora de dimensionar la cadena. Ese parámetro es el par máximo del motor, el cual se conoce que se da entre 0 y 2000 rpm, a partir del cual se puede hallar la tensión a la que la cadena puede llegar a estar sometida, pues valores superiores a este ya serían perjudiciales para el mismo motor, derivando en una posible rotura del mismo antes que de la cadena.

Por tanto, para comprobar la resistencia a la tensión de la cadena que incorpora actualmente el vehículo, vamos a tomar un caso crítico hallando el factor de seguridad de la misma con respecto a la tensión que le genera el motor si se dispone un piñón de 13 dientes en su eje.

Empezamos con los datos límite conocidos para la cadena y los característicos del piñón:

- Tensión máxima: 28,1 kN

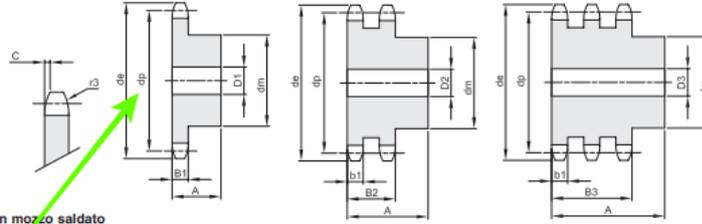
Denominación	Paso (Distancia entre eje de los pines)	Diametro del Diente	Ancho entre placas interiores	Diametro del Pin	Longitud del Pin	Diametro externo eslabon	Espesor de la placa del eslabon	Resistencia a la tracción
	P	d1	b1	d2	L	h2	T	KN
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	KN
25H	6.35	3.3	3.18	2.31	8.88	6.0	1.0	4.9
270H	8.5	5	4.75	3.28	13.15	8.45	1.8	9.9
420	12.7	7.77	6.25	3.96	14.9	12.0	1.5	16.2
420H	12.7	7.77	6.25	3.96	15.0	12.0	1.55	17.4
428	12.7	8.51	7.75	4.45	16.7	11.8	1.6	18.9
428H	12.7	8.51	7.75	4.45	18.7	11.8	2.03	20.8
520	15.875	10.16	6.25	5.08	17.5	15.09	2.03	26.7
520H	15.875	10.16	6.25	5.08	18.9	15.09	2.42	28.1
530	15.875	10.16	9.4	5.08	20.7	15.09	2.03	26.7
530H	15.875	10.16	9.4	5.08	22.1	15.09	2.42	28.2

Ilustración 27 - Datos cadenas

- Diámetro paso piñón: 66,32mm

5/8" x 3/8"
15,875 x 9,65 mm
 Rullo 10,16 mm
10B - 1 - 2 - 3

B1	B2	B3	b1	C	r3
9,1	25,5	42,1	9	1,6	16



Materiale acciaio C45 / *Materiale Fe - con mozzo saldato

Z	de	dp	semplici				doppi				tripli			
			dm	D1	A	Kg.	dm	D2	A	Kg.	dm	D3	A	Kg.
8	48,4	41,48	25	10	25	0,12	25	12	40	0,19	25	12	55	0,27
9	53,3	46,42	30	10	25	0,16	30	12	40	0,27	30	12	55	0,38
10	58,3	51,37	35	10	25	0,22	35	12	40	0,36	35	16	55	0,47
11	63,2	56,34	37	12	30	0,29	39	16	40	0,43	39	16	55	0,61
12	68,2	61,34	42	12	30	0,37	44	16	40	0,55	44	16	55	0,78
13	73,2	66,32	47	12	30	0,46	49	16	40	0,68	49	16	55	0,96

Ilustración 28 - Datos piñones

Y con ellos se calcula la tensión de la cadena:

En primer lugar, se obtiene el factor de corrección debido a la irregularidad derivada del número de dientes reducido del piñón conductor, tomando como referencia el valor de 19 dientes, tal y como indican los prontuarios consultados:

$$f_c = \frac{19}{13} = 1,461$$

Ahora se calcula la tensión con la siguiente fórmula:

$$T = \frac{M}{\frac{\varnothing_{paso}}{2}} \cdot f_c = \frac{189}{\frac{0,06632}{2}} \cdot 1,461 = 8327,17N$$

Y el factor de seguridad de la cadena:

$$FS = \frac{28100}{8327,17} = 3,37$$

Según los parámetros calculados, la cadena soportaría la tensión con un factor de seguridad de 3,37 la tensión ejercida por el motor, contemplando un factor incremental de corrección de 1,46 debido a la irregularidad cordal derivada del reducido número de dientes del piñón. Según recomiendan algunos fabricantes, el factor de seguridad en el dimensionado de cadenas debería estar por encima de 12 para asegurar una duración prolongada de la cadena, >15000h. Pero teniendo en cuenta el uso esporádico que se le va a dar a este vehículo y los intervalos de mantenimiento e inspección regular que se va a dar prácticamente en cada uso del vehículo, este factor no sería relevante, pues es un factor más enfocado a una aplicación del tipo industrial, para maquinaria que trabaja de forma continua en jornadas de 8 o 16h o bien ininterrumpidamente entre los periodos de mantenimiento.

Como comparación se puede observar que el cambio del kit de transmisión de cadena para los vehículos como este, que la emplean como transmisión al eje motriz, se estipula como máximo cada 40000 Km, que a una velocidad media de 50 Km/h, equivaldría a unas 800h de uso aproximadamente.

Por tanto, como conclusión se determina que mantener el sistema de transmisión actual del vehículo es una solución plausible, pero sin ser la mejor ni la más eficiente. Pero como el factor económico para este prototipo es determinante, se acepta conservar este sistema hasta nueva orden ya que es capaz de soportar las sollicitaciones mecánicas del motor en situaciones límite de funcionamiento. Aunque a pesar de esto es muy recomendable realizar una inspección periódica del sistema y el pertinente engrase y limpieza.

1.10. Diseño del soporte del motor y sus anclajes al chasis.

Tras seleccionar el sistema mecánico para la transmisión de potencia entre el motor y el eje propulsor trasero del vehículo, se puede pasar a diseñar el soporte del motor, pues es el elemento más crítico dentro del sistema propulsor, debido a las acciones mecánicas y dinámicas que lleva asociadas, debido a su peso y a su función como elemento propulsor que genera toda la energía mecánica para impulsar el vehículo.

Esto justifica que su ubicación sea la más crítica, tomando prioridad sobre la del resto de elementos.

1.10.1. Requerimientos del diseño.

Para realizar este diseño, en primer lugar, se deben recoger los requisitos particulares que debe cumplir en este caso, a parte de los requisitos de diseño generales descritos anteriormente en esta memoria, para obtener la solución que aporte el mayor grado de satisfacción posible.

Los requisitos definidos son los siguientes:

- El soporte debe adaptarse a la posición del motor que posibilite la unión directa del mismo con el eje trasero, mediante un piñón situado sobre el mismo eje del motor conectado con la corona dispuesta en el eje trasero.
- El soporte debe resistir las reacciones generadas en la entrega de par del motor y los esfuerzos mecánicos derivados de los cambios de aceleración a los que va a estar sometido el motor en el uso habitual del vehículo.
- El motor debe fijarse únicamente empleando los encajes, anclajes y sistemas de fijación destinados a esta función.
- El soporte debe contemplar la amortiguación de vibraciones derivadas de la irregularidad cordal de la cadena debida al empleo de piñones con número de dientes inferior a 17.



1.10.2. Proceso de diseño y justificación de la solución adoptada.

En primer lugar, se ubica de forma definitiva el motor en una posición lo más baja posible, para reducir la cota del centro de gravedad. Además, dicha posición será cercana al tren de transmisión trasero, para dejar el mayor espacio disponible en el vano trasero para el resto de elementos. Esta posición se observa en la siguiente ilustración:

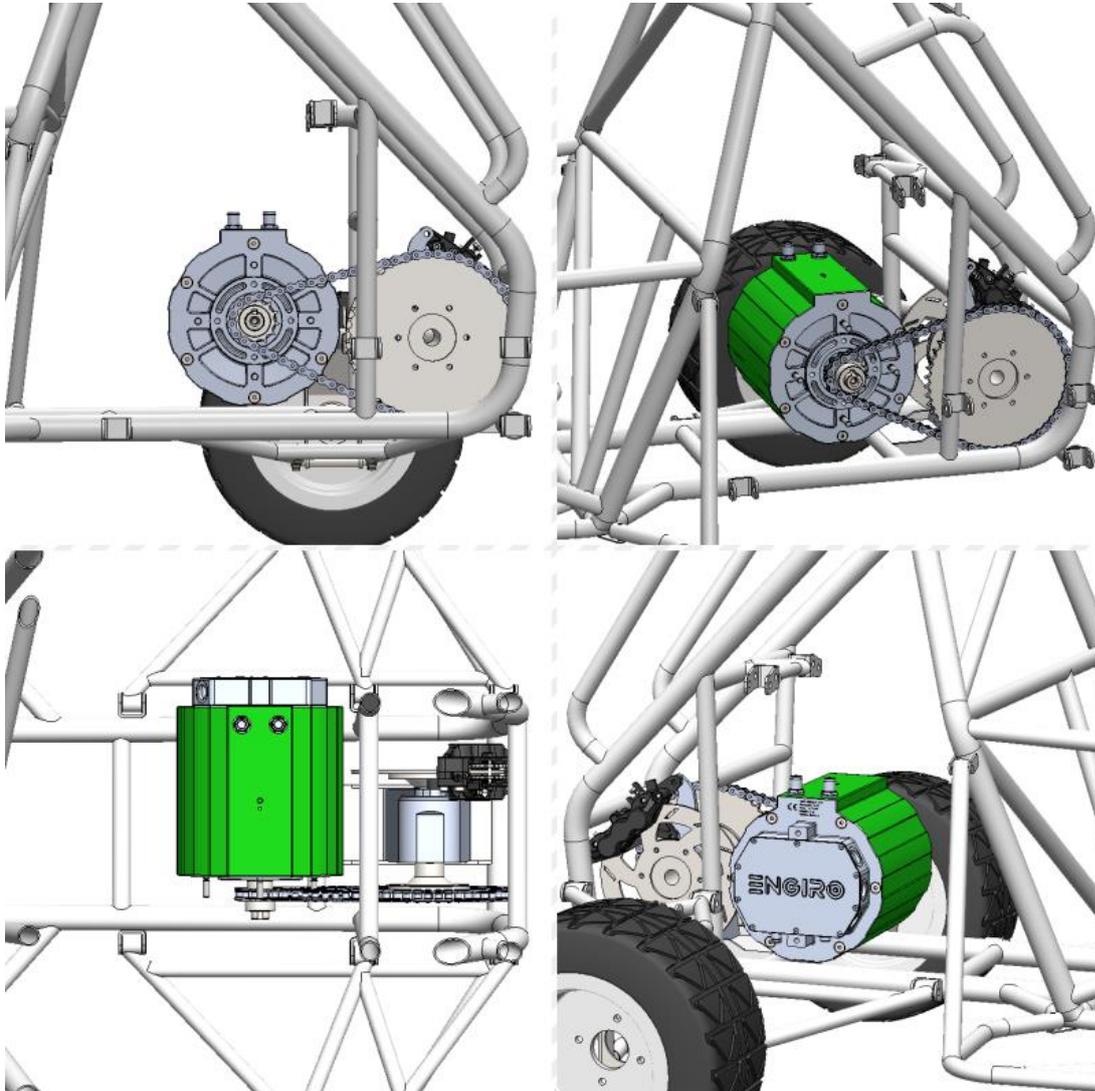


Ilustración 29 - Disposición del motor en el chasis

Con la posición definida, se plantea una solución para sostener el motor, que permita el paso de la cadena de transmisión y que disponga el anclaje para éste por la cara en la que sale el eje, puesto que es donde se tienen los pernos salientes dispuestos para la fijación del mismo.

Con estas condiciones de contorno, se plantea un soporte para que se ancle al chasis por tres puntos que formen un triángulo, de este modo se restringen todos los grados de libertad de un cuerpo. Y para evitar en la medida de lo posible una sobrecarga de los rodamientos del eje del motor por fatiga, en estos puntos de unión con el chasis puesto se incorporan silentblocks cilíndricos montados con apriete mediante un ajuste por interferencia sobre el mismo soporte.

De este modo se reduce también la transmisión de vibraciones por la irregularidad cordal derivada del bajo número de dientes del piñón incorporado en el eje del motor.

El diseño de este soporte se realizará pensando en que sea fabricado en acero, empleando los métodos de fabricación de corte por láser de chapa y plegado de la misma, mecanizado y soldadura.

Puesto que se pretende incorporar silentblocks comerciales en los puntos de fijación en el chasis, es necesario realizar un pre-dimensionado de las cargas que pueden darse aproximadamente en los puntos de anclaje. Para ello se calculará a partir del par máximo del motor y el diámetro de paso del piñón mínimo a disponer (Z13) la tensión que se va a generar en la cadena. Y a dicha tensión, se le añadirá mediante el teorema de Pitágoras el valor de tres veces el peso del motor (en N), puesto que dichas fuerzas siguen direcciones prácticamente perpendiculares entre sí, y el valor resultante lo dividiremos entre tres apoyos:

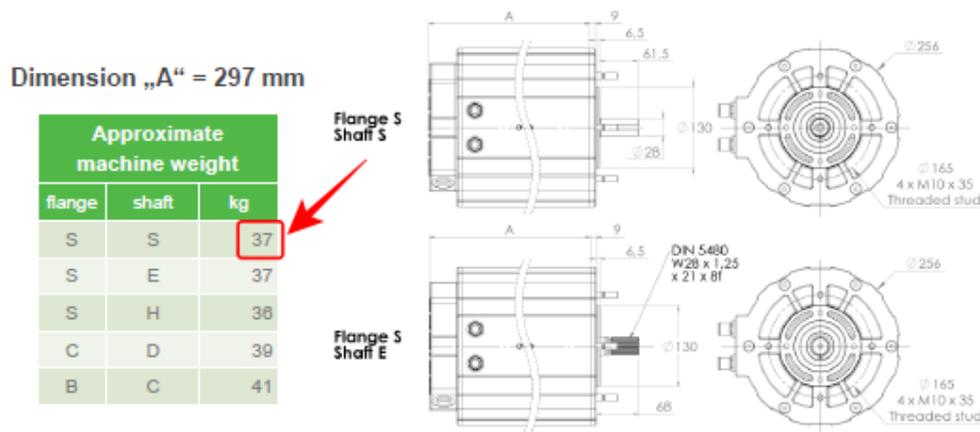
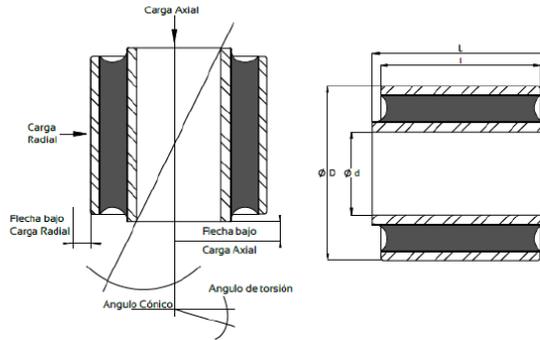


Ilustración 30 - Peso del modelo del motor

$$T_s = \frac{\sqrt{\frac{M}{\frac{\varnothing_{paso}}{2}}^2 + (3 \cdot P_m \cdot 9.8)^2}}{3} = \frac{\sqrt{\frac{189}{\frac{0.06632}{2}}^2 + (3 \cdot 37 \cdot 9.8)^2}}{3} = 1934N = 197.34Kg$$

Conociendo este valor de fuerza aproximada para cada apoyo, del catálogo de silentblocks comerciales se seleccionan los modelos de articulaciones elásticas con resistencia a cargas superiores a la calculada y que presenten unas dimensiones razonables para ser incorporados en el soporte fácilmente. En la siguiente ilustración se pueden observar las referencias y las dimensiones de los modelos pre-seleccionados:



ESFUERZOS Y DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS												
						RADIAL		TORSIÓN		AXIAL		CÓNICA
Ref.	d mm	D mm	L mm	I mm	Dureza	Fr Max Kg	Sr Max mm	Mt Max Nm	Angulo Max °	Fa Max Kg	Sa Max mm	Angulo Max °
951326	16	32	54	50		330	0,05		20°	220	0,4	1°
951329	16	32	66	60		450	0,05		20°	300	0,4	1°



Ilustración 31 - Referencias y dimensiones de los silentblocks pre-seleccionados

Con estos componentes seleccionados ya se puede concebir un soporte al que se puedan incorporar, el cual, tras combinar algunas ideas planteadas, resulta tal y como se observa en la siguiente ilustración:



Ilustración 32 - Soporte motor con silentblocks diseñado



Tal y como se observa en las vistas de la ilustración anterior, se ha diseñado un soporte que sigue una línea estructural enfocada en unir directamente los taladros de fijación del motor con los puntos de fijación del soporte. Esto se materializa mediante una especie de tirantes radiales desde el eje del motor. Por otro lado, se han dispuesto un par de cantos de refuerzo perimetrales para aumentar la inercia del plano de fijación y con ello la resistencia mecánica del soporte.

Por otro lado, se puede observar que los silentblocks quedan montados sobre unos casquillos, con apriete por interferencia, distribuidos de tal manera que el plano formado uniendo sus centros no es paralelo al plano del motor. Esto aporta dos ventajas importantes: la primera es que se permite el paso de la cadena del piñón a la corona, y la segunda es que con esta distribución se facilita la compensación de las cargas de torsión que aparecen en el plano de anclaje del motor, debidas a su propio peso, al tener más base en la parte inferior en sentido perpendicular al vector de dirección para apoyar, evitando esfuerzos axiales y de flexión sobre los silentblocks.

En la siguiente ilustración se puede observar desde distintas vistas el montaje del motor con este soporte y los anclajes dispuestos en el chasis para su fijación.

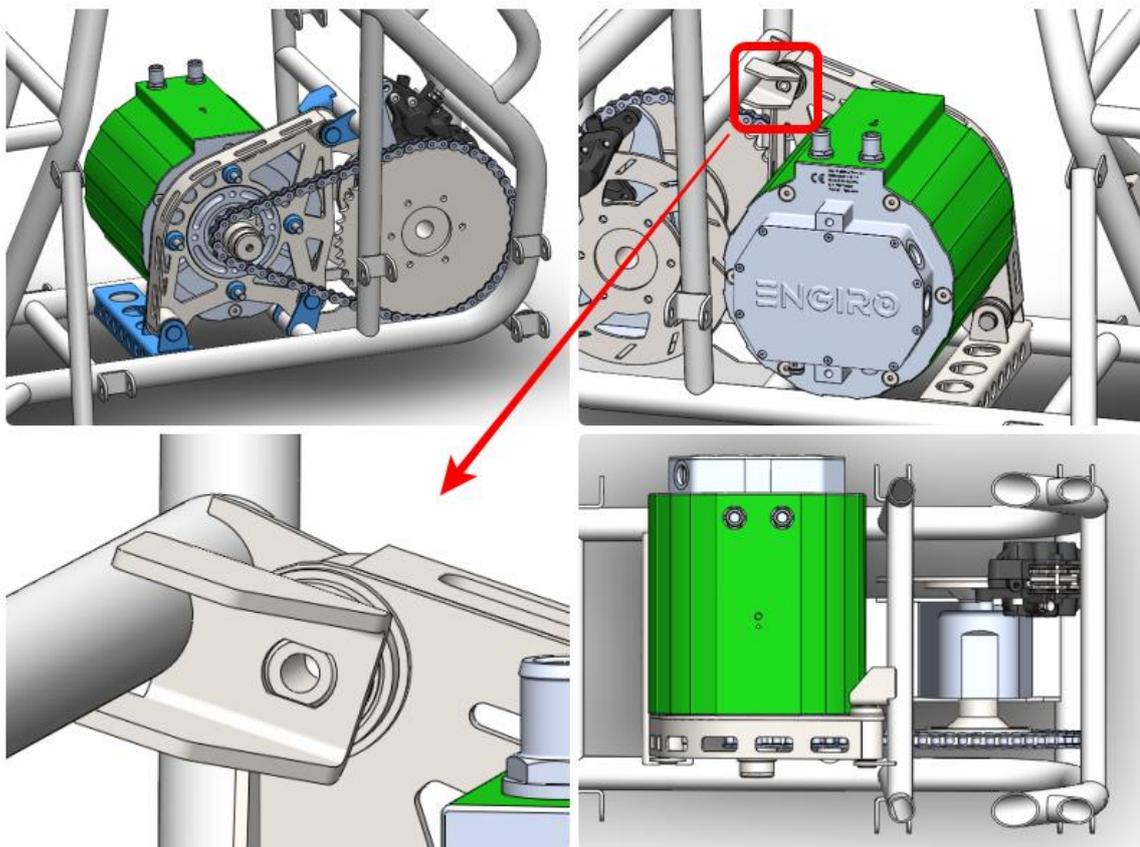


Ilustración 33 - Motor con soporte y anclajes a chasis

En la ilustración anterior se observa mediante cuatro vistas que el soporte queda integrado en el chasis, junto con el motor, gracias a los anclajes dispuestos para su fijación.

En la vista en planta (abajo derecha) se puede observar que se ha utilizado el mismo canto de refuerzo curvado, dispuesto en la cara exterior del soporte, como protección para el resto de elementos del sistema eléctrico frente a proyecciones de la cadena o un impacto de la misma debido a la rotura de la misma a alta velocidad.

Los anclajes diseñados se pueden observar resaltados en color azul en la vista superior izquierda de la ilustración. Se componen de un total de 7 piezas soldadas al chasis, algunas directamente a los tubos del mismo y otras entre sí y posteriormente al chasis. Estas piezas se fabricarán mediante operaciones de corte láser, plegado, y corte láser de tubo.

Además, se han diseñado unos casquillos mecanizados para instalarse como suplementos sobre los pernos roscados del motor para poder apretar el motor al soporte salvando un trozo del perno que no dispone de rosca en la base del mismo.

El soporte del motor se fijará sobre sus anclajes empleando unos bulones mecanizados que disponen de un encaje plano que asienta sobre una figura realizada en los orificios de las pletinas interiores, a modo que restrinja su giro para poder enroscarle el tornillo sobre el mismo para su fijación con el silentblock. Esto se puede observar en el detalle destacado y en la vista inferior izquierda.

Como última indicación, mencionar el detalle de la orejeta de anclaje superior trasera, la cual se puede observar en la vista inferior izquierda, que dispone de dos aletas plegadas para dotarla de una mayor inercia y refuerzo frente a cargas de flexión de la misma. Esto se ha hecho para aumentar su resistencia frente a las cargas que va a ser sometida por el peso propio del motor en aceleraciones verticales del mismo, las cuales derivan en un esfuerzo de torsión en sentido longitudinal sobre el plano del soporte. Dichas cargas derivan en un esfuerzo de torsión en sentido longitudinal sobre el plano del soporte, tendiendo a pivotar sobre los soportes inferiores. Con estas condiciones, el punto de anclaje superior es el encargado de restringir esta rotación. Debido a esto, para garantizar un apoyo firme y resistente, se dispone este refuerzo.

Con esta descripción queda explicado el diseño del soporte del motor y la justificación de las peculiaridades del mismo.

1.10.3. Análisis estructural del soporte del motor.

Para la validación mecánica del soporte y los anclajes diseñados, se realiza un ensayo de resistencia empleando el método de los elementos finitos, mediante el módulo *Simulation* del software *SolidWorks*.

En este ensayo se simulará por una parte el efecto que tendrán sobre el soporte del motor las reacciones generadas por la fuerza de empuje mecánica entregada por el motor, combinadas con la fuerza derivada del peso propio del motor.

Para tomar un valor que se corresponda de la mejor manera al efecto que tiene la aceleración vertical sobre el peso del motor, se realiza adquisición de datos de aceleraciones mediante telemetría en una prueba de conducción real con un kart-cross de similares características, en el circuito de Maralba, ubicado en el término municipal de les Useres, en la provincia de Castellón, que dispone de un trazado diseñado para la conducción deportiva de este tipo de vehículos sobre un firme de tierra sin pavimentar, con las irregularidades características de este tipo de terreno.

En la siguiente ilustración se puede observar el valor máximo registrado de aceleración en el eje Z (vertical), del vehículo:



Ilustración 34 - Telemetría de kart-cross en pista



En la captura de telemetría, se puede observar que el valor máximo registrado es de $-2,91\text{m/s}^2$, aunque las unidades no se muestran adecuadamente. Por tanto, se tomará como valor de referencia de aceleración 3 m/s^2 redondeando este valor al alza para mayor seguridad.

Con este primer ensayo se pretende obtener por un lado los resultados gráficos de la distribución de tensiones y factor de seguridad en el soporte, y por otro los esfuerzos de reacción en los puntos de anclaje del soporte del motor al chasis, a partir de los cuales se podrá comprobar la resistencia de los silentblocks seleccionados y de los anclajes del soporte del motor al chasis, para determinar su capacidad para resistir las reacciones derivadas del motor sin fallar, mediante un nuevo ensayo de elementos finitos.

La condición para determinar el ensayo del soporte del motor como satisfactorio será por una parte que el factor de seguridad mínimo obtenido para el límite elástico sea superior a 1,5, y por otra, que la deformación máxima en cualquier punto sea menor que 1mm. En caso contrario se deberá reforzar la zona crítica y volver a realizar los ensayos para comprobar su desempeño.

Para la realización de este análisis, se emplea el conjunto de los componentes que soldados entre sí componen el soporte del motor, junto con los casquillos empleados para la fijación del motor, y una simplificación del motor para poder simular la acción de las cargas con la mayor semejanza a la realidad.

El modelo empleado se puede observar en la siguiente ilustración:

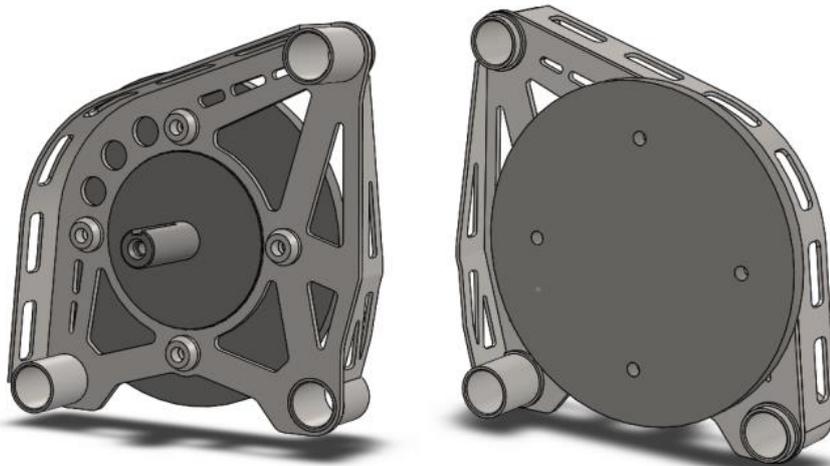


Ilustración 35 - Montaje conjunto análisis soporte motor

A continuación, se recoge el procedimiento seguido para llevar a cabo el análisis:

1. Definición de conexiones y contactos entre componentes.
2. Asignación de sujeciones o puntos de fijación del conjunto de elementos a analizar.
3. Asignación de cargas a los cuerpos solicitados en los puntos requeridos.
4. Mallado.
5. Asignación de materiales.
6. Cálculo y análisis de resultados.

1.10.3.1. Definición de conexiones y contactos entre componentes

Empleando las herramientas que dispone el software se asignan las conexiones y contactos entre componentes requeridos. Para el caso se emplean contactos y conexiones del tipo soldadura, tornillo refrentado, contacto rígido y contacto sin penetración.

La configuración de los contactos de soldadura y perno atornillado tienen las siguientes configuraciones:

- Perno de $\varnothing 10\text{mm}$ y par de apriete 40Nm
- Soldadura con cordón de 4mm.

En la siguiente ilustración se pueden observar las conexiones una vez asignadas en el modelo:

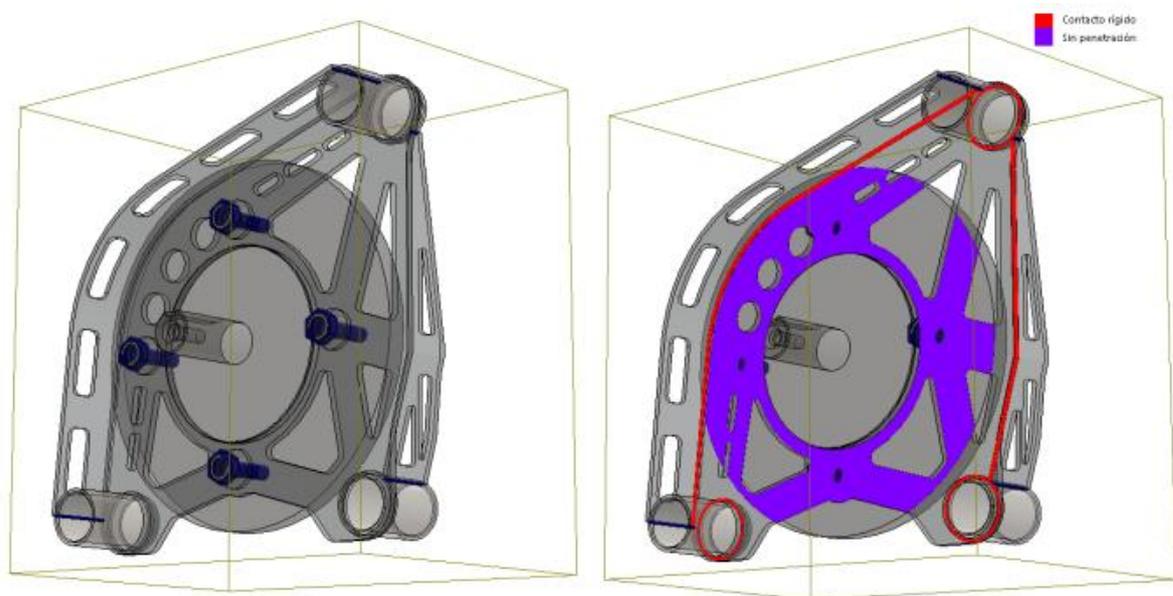


Ilustración 36 - Contactos asignados ensayo motor

En la vista de la izquierda se pueden observar los contactos de perno y soldadura (líneas resaltadas entre los casquillos y las chapas de canto), y en la vista de la derecha se pueden observar los contactos rígidos y las uniones de contacto sin penetración, con coeficiente de fricción de 0,15, dispuestas entre los componentes que van montados al soporte (casquillos y motor simplificado).

1.10.3.2. Asignación de sujeciones o puntos de fijación del conjunto de elementos a analizar

Para la definición de las sujeciones en el “espacio” del conjunto, se ha optado por emplear una fijación del tipo contacto cilíndrico deslizante en el interior de los casquillos, con el desplazamiento axial y radial restringido, pero con libertad para el giro sobre el mismo eje del casquillo, tal y como se comportarían los silentblocks fijados al soporte.

La definición de estas sujeciones y las superficies asignadas se pueden observar en la siguiente ilustración:

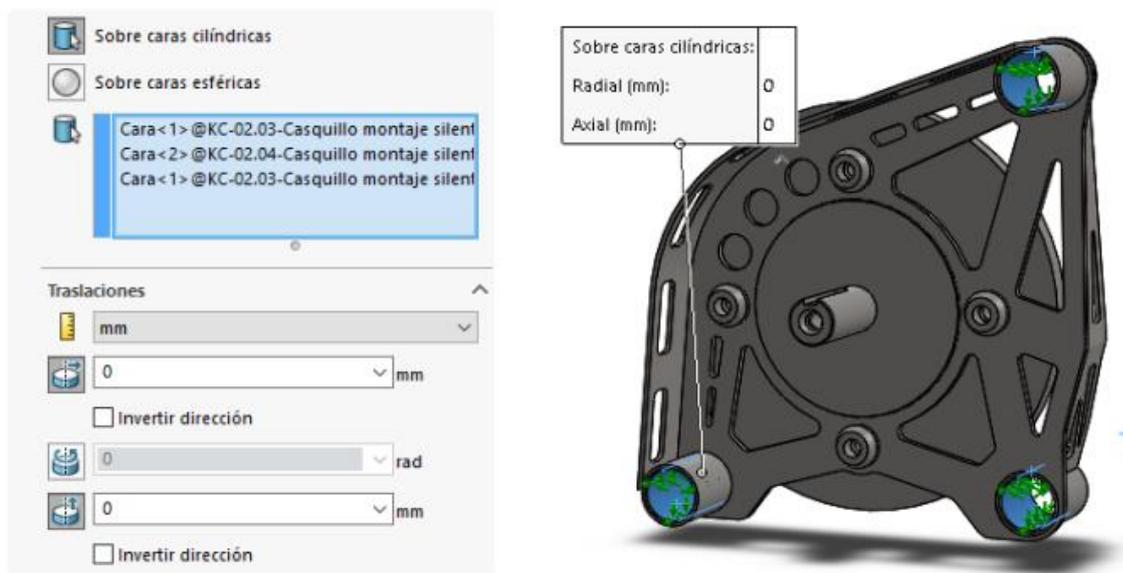


Ilustración 37 - Definición asignación sujeciones ensayo soporte motor

1.10.3.3. Asignación de cargas a los cuerpos solicitados en los puntos requeridos.

Para simular el efecto de las cargas externas a las que se somete el conjunto bajo unas acciones críticas del motor, se asignan dos cargas remotas simultáneas, vinculadas al motor simplificado:

- La primera, posicionada en su centro de gravedad, para simular la acción de su peso propio sometido a una aceleración vertical en sentido descendente de 3 G's. La magnitud de esta carga es de:

$$F_M = 3 \cdot P_m \cdot 9,8 = 3 \cdot 37Kg \cdot 9,8 = 1087,8N \sim 1100N$$

- La segunda, situada en el punto de contacto del piñón con la cadena, en el plano central del piñón, con dirección paralela al ángulo de inclinación de la cadena, para que simule el efecto de la fuerza de tracción del piñón sobre la cadena cuando el motor entrega el máximo par en aceleración del vehículo. La magnitud de esta carga es de:

$$F_T = \frac{M_m}{\frac{\phi_p}{2}} = \frac{189Nm}{\frac{0,06632m}{2}} = 5699N \sim 5700N$$

La asignación de estas cargas de manera simultánea simula una situación crítica que es poco probable que se dé, pues se ha calculado que a partir de una fuerza de 5102N en la cadena, accionando la corona de 49 dientes, se genera un par en el eje trasero, que haría deslizar los neumáticos traseros, suponiendo todo el peso del kart-cros (aproximadamente 300Kg) sobre estos, y que el coeficiente de fricción con el suelo fuera de valor 1, lo cual significa una resistencia a la fricción equivalente a la fuerza normal que ejercen los mismos en el suelo. Con todo esto, se justifica que es una situación de cargas muy poco probable que se dé por limitaciones físicas, pero se simulará para asegurar las prestaciones mecánicas del soporte del motor.

En la siguiente ilustración se observa la ubicación, el sentido y la magnitud de las cargas incorporadas para el cálculo:

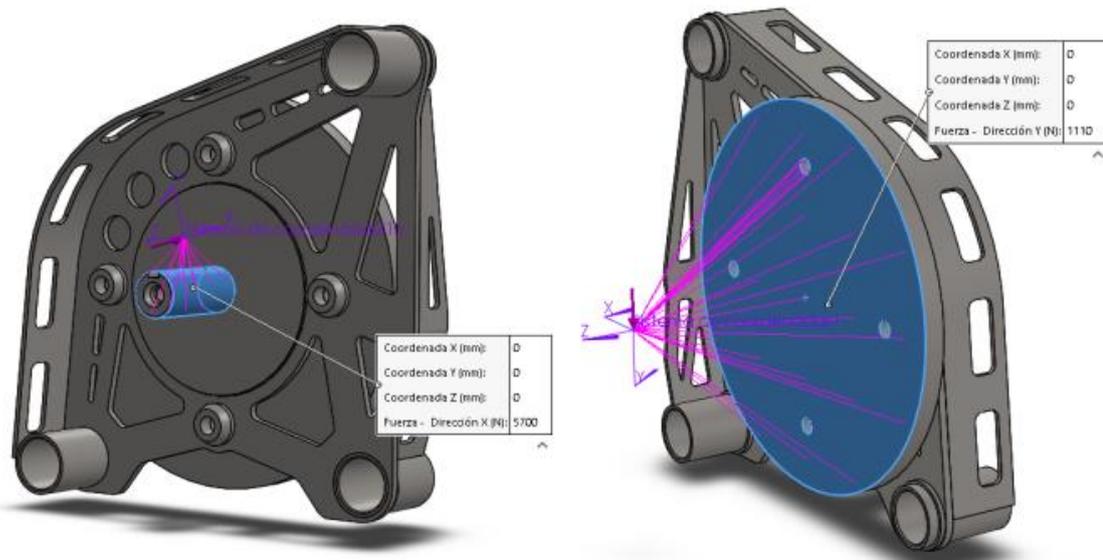


Ilustración 38 - Asignación de las cargas para el ensayo del soporte del motor

1.10.3.4. Mallado.

Para realizar el cálculo de ensayo por elementos finitos, es necesario transformar los sólidos tridimensionales en un conjunto de elementos discretos poliédricos, que suelen ser generalmente tetraedros o cubos, según la configuración que se emplee o el tipo de geometría del sólido a calcular. Esta operación se conoce comúnmente como mallado.

Para el caso de este análisis y con el software empleado, realizaremos un mallado automático del modelo mediante el método basado en curvatura, para el cual se deben introducir los siguientes parámetros, por orden según aparecen en el menú del software:

- el tamaño máximo de los elementos poliédricos que se van a generar.
- el tamaño mínimo de los elementos poliédricos que se van a generar.
- El número mínimo de elementos que se desea que haya en un agujero
- La velocidad de transición de tamaño menor a mayor a medida que se aleja o acerca a una curvatura.

Estos parámetros serán introducidos generalmente buscando un equilibrio entre la precisión de los resultados y el tiempo de cálculo deseado. A mayor número de elementos discretos se obtiene una mayor precisión en los resultados, pero también se aumenta el tiempo de cálculo requerido y la memoria física requerida para ello. Siendo en este caso otro limitante a la hora de realizar cálculos, en función de las capacidades del hardware de la computadora.

Para este ensayo en base al criterio expuesto en el párrafo anterior, se ha realizado la configuración mostrada en la siguiente ilustración:

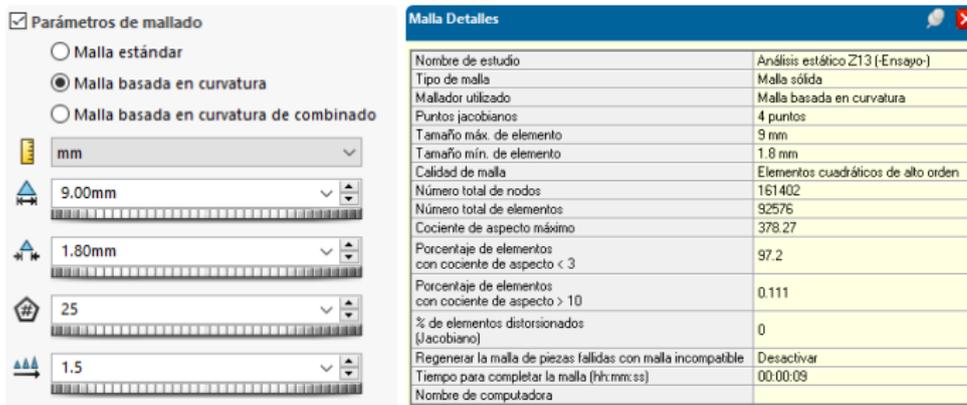


Ilustración 39 - Configuración mallado soporte motor

Obteniendo el mallado mostrado en la siguiente ilustración:

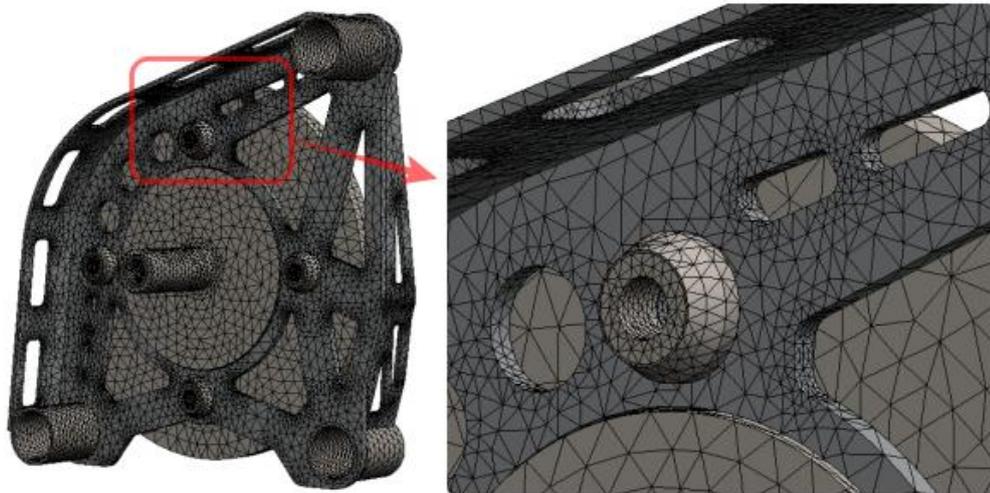


Ilustración 40 - Resultado mallado soporte motor

1.10.3.5. Asignación de materiales

Para obtener las deformaciones resultantes y el factor de seguridad mínimo del conjunto, el software realiza una comparación del valor de la tensión de VonMises calculado en el ensayo con el límite elástico del material de cada pieza, para ello es necesario asignar el material correspondiente a cada pieza de las que forman el conjunto.

Para el caso se asignarán los siguientes materiales según el tipo de conformado de cada pieza:

- Acero [1.1191 (C45)] para los elementos mecanizados.
- Acero [1.0044 (S275JR)] para los elementos fabricados a partir de chapa metálica, mediante corte láser y plegado.
- Acero de herramienta [1.2311 (40CrMnMo7)] para el símil del motor, ya que no se conoce su material de fabricación exacto ni su rigidez, pero vamos a suponerla mayor al resto del soporte.

Material	Módulo elástico	Coef. de Poisson	Densidad	Límite elástico
Acero 1.1191 (C45)	210 GPa	0,28	7.860 kg/m ³	565 MPa
Acero 1.0044 (S275JR)	210 GPa	0,28	7.860 kg/m ³	275 MPa
Acero de herramienta 1.2311 (40CrMnMo7)	205 GPa	0,28	7.860 kg/m ³	821 MPa

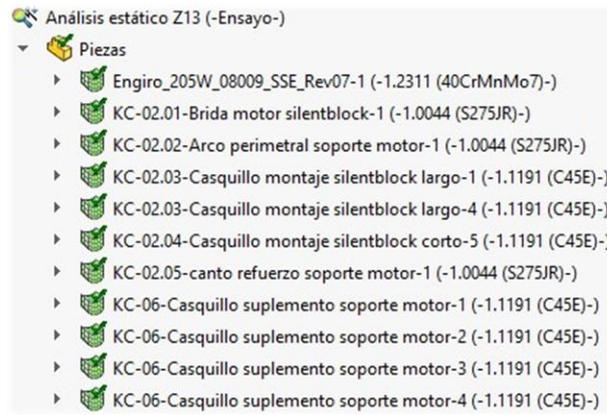


Ilustración 41 - Asignación materiales ensayo soporte motor

1.10.3.6. Resultados del ensayo.

Tras ejecutar el ensayo de carga estática al soporte sometido a las cargas introducidas, se obtienen los siguientes resultados:

- Trazado de desplazamientos del soporte:

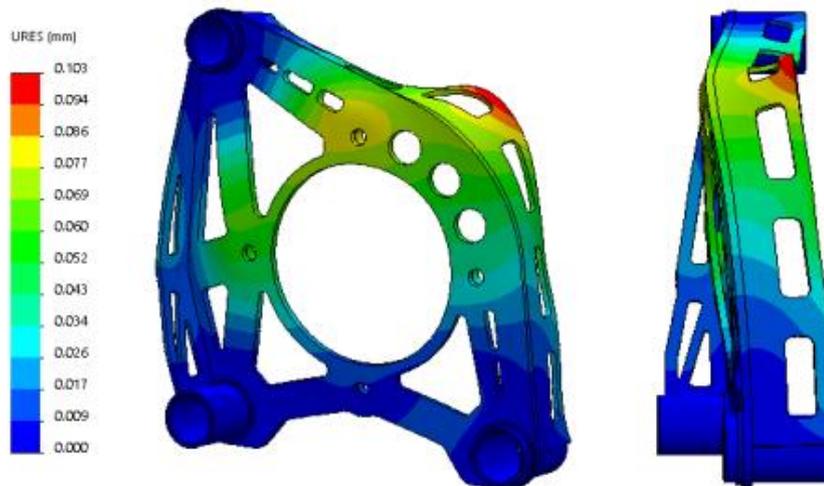


Ilustración 42 - Trazado deformaciones soporte motor

Observando la ilustración se puede apreciar con una escala de deformación 250 veces la real, que la máxima deformación sufrida por el soporte se da en el arco de refuerzo, siendo de una magnitud de 0,1mm y por otro lado el máximo desplazamiento que podría tener el motor en alguno de sus anclajes se daría en el anclaje superior, con un desplazamiento relativo de 0,08mm aproximadamente.

- Trazado de tensiones en el soporte:

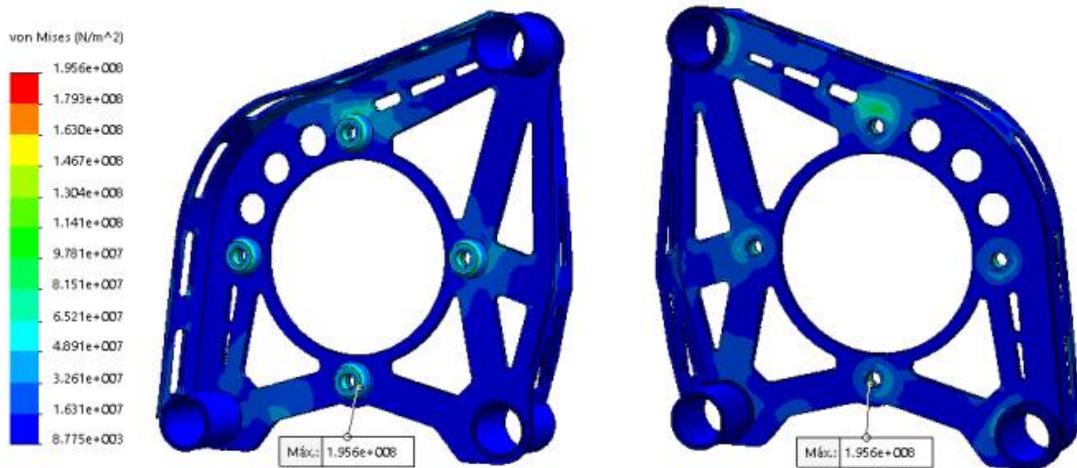


Ilustración 43 - Trazado de tensiones soporte motor

En este trazado se puede observar que efectivamente las mayores tensiones se dan en los puntos de fijación de los pernos del motor sobre el soporte, transmitiéndose hasta las uniones con los casquillos donde se insertan los silentblocks.

El valor máximo de tensión hallado se da en el interior de los agujeros por donde se introducen los pernos para fijar el motor, con un valor de 195 MPa, menor al límite elástico del material S275.

- Reacciones en los puntos de fijación del soporte:

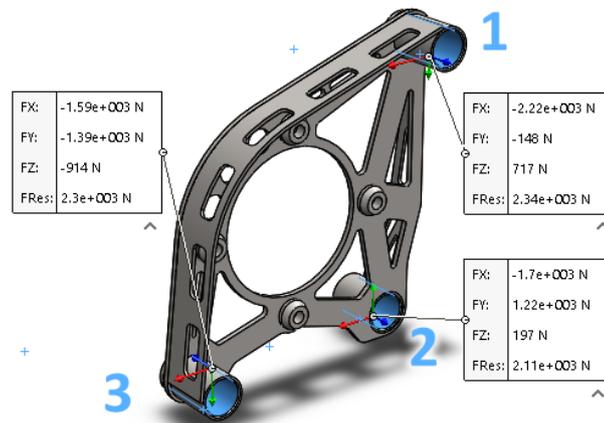


Ilustración 44 - Reacciones anclajes soporte motor

Con estos valores calculados se puede comprobar la validez de los silentblocks seleccionados para anclar el soporte del motor, y por otro lado, comprobar la resistencia de los anclajes diseñados para sostener este soporte al chasis.

Según el criterio de los ejes empleados en la ilustración anterior, el eje X e Y combinados representan los esfuerzos radiales que han de soportar los silentblocks, y el eje Z los esfuerzos axiales. Por tanto, se tienen los siguientes resultados:

Silentblock	Esf. radiales	Esf. axiales	Res. radial	Res. axial	Validez
1	2225 N	717 N	4410 N	2940 N	SI
2	2092 N	197 N	3234 N	2156 N	SI
3	2112 N	914 N	4410 N	2940 N	SI

Tabla 3 - Comprobación validez silentblocks

- Trazado del factor de seguridad:

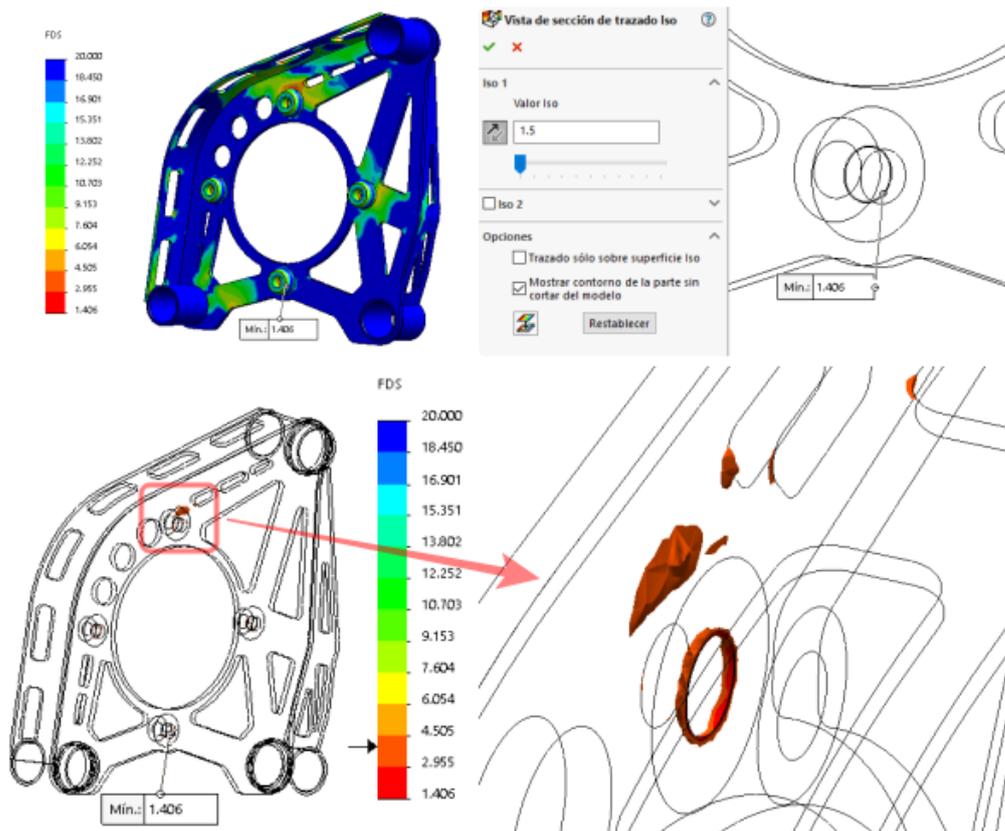


Ilustración 45 - Trazado FDS ensayo soporte motor

A partir de este resultado se puede comprobar que el menor valor del factor de seguridad, hallado comparando la tensión de Von Mises calculada con el límite elástico del material, es de 1,406 en el vértice exterior del agujero inferior del soporte del motor, menor al valor 1,5 tomado como límite, pero por la situación donde se encuentra este valor se supone que se debe a una carga de compresión debida al apriete del perno de fijación del motor. Con esto, además de encontrarse situado en una zona tan contenida, se puede afirmar que no se trata de un resultado crítico que merezca re-diseñar el soporte para ser evitado.

Por otro lado, se ha comprobado la evolución del factor de seguridad en el soporte y ha observado que no existen zonas afectadas por valores de seguridad bajos, de hecho, hasta que no se llega a un valor de factor de seguridad de 4 no se empiezan a observar efectos en el soporte (ver vista inferior derecha de la ilustración anterior).

Con este resultado se puede validar con seguridad la resistencia del soporte a las sollicitaciones mecánicas a las que se encuentra sometido.

1.10.4. Análisis modal o de frecuencia del soporte del motor.

Puesto que la función de este soporte consiste en sostener el motor, es interesante analizar los modos de vibración y las frecuencias resonantes a las que se van a dar.

Para ello, únicamente se va a estudiar el conjunto soldado, sin las piezas que se montan sobre él mecánicamente, (el motor simplificado y los casquillos) puesto que este análisis únicamente procesa conjuntos de piezas con unión rígida entre sí.

Para ello se emplea el conjunto descrito con contacto rígido entre todas las piezas, indicando caras que no se tocan con una distancia menor de 2mm (para las separaciones entre piezas soldadas). A continuación, se pueden observar las piezas mencionadas con las sujeciones incorporadas y el trazado de contactos resultante:

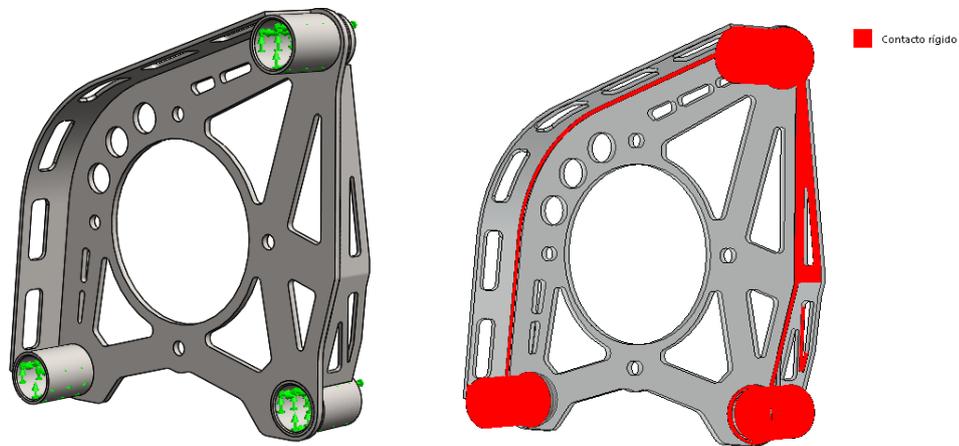


Ilustración 46 – Piezas, sujeciones fijas (izquierda) y contacto (derecha) para estudio modal y de frecuencia.

Posteriormente, se realiza una discretización de las piezas mediante un mallado configurado del mismo modo que para el ensayo anterior, con el siguiente resultado:

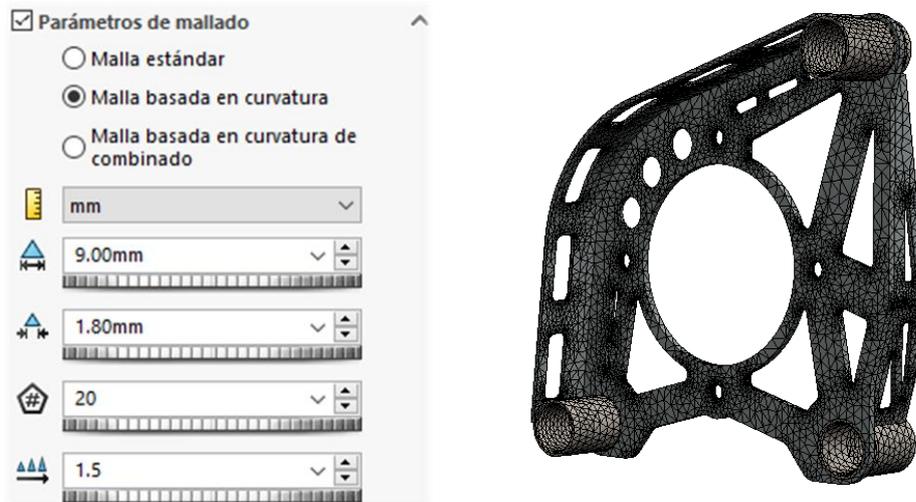


Ilustración 47 - Mallado ensayo modal y de frecuencia soporte motor

Con los pasos anteriores realizados, se ejecuta el cálculo, obteniendo como resultado los cinco primeros modos de vibración y las frecuencias en las que se da cada uno.

A continuación, se muestran las frecuencias y los modos resultantes:

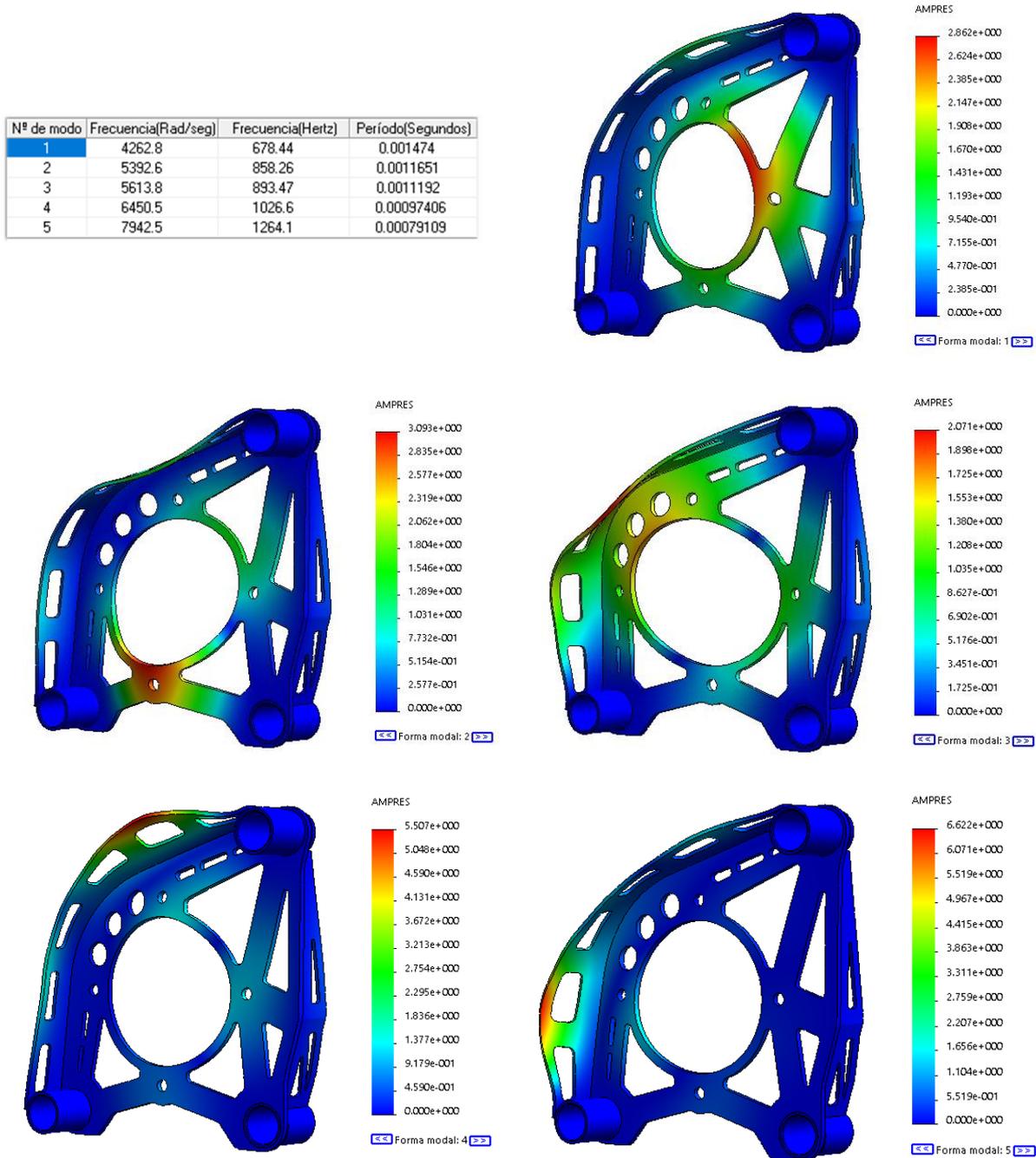


Ilustración 48 - Frecuencias y modos de vibración resultantes

Con los resultados de frecuencia obtenidos se puede determinar que en el funcionamiento normal del motor no se va a dar ninguno de estos modos de vibración puesto que la frecuencia máxima a la que puede llegar a funcionar el motor es $6000rev/60s = 100rev/s = 100Hz$, muy por debajo del valor de 678 Hz en el que se da el primer modo de vibración. Este resultado puede interpretarse como un sinónimo de la rigidez que tiene el soporte.



1.10.5. Análisis estructural de los anclajes del soporte del motor.

Para validar la resistencia mecánica de estos anclajes, se realizará un análisis de elementos finitos, aplicando sobre los mismos las fuerzas de reacción halladas en el análisis del soporte realizado.

Para ello se dispondrán éstos anclajes en las posiciones pertinentes sobre una simplificación del chasis del kart-cross, consistente en un recorte del mismo que conserva la estructura más próxima a los anclajes, e incluye el soporte adicional diseñado para unir los anclajes inferiores delanteros. De este modo se puede comprobar también la resistencia mecánica de la estructura del chasis a las sollicitaciones transmitidas por el soporte. Por otro lado, para aplicar las cargas sobre los anclajes soldados al chasis, se dispondrán unos bulones diseñados expresamente para simular el efecto de las cargas sobre el “paquete” generado por el bulón de montaje con el silentblock al ser atornillados sobre los anclajes, de manera que se simplifique el cálculo.

A continuación, se expone el proceso seguido para realizar este análisis:

1.10.5.1. Definición de conexiones y contactos entre componentes

Para realizar este análisis, se han dispuesto los siguientes contactos y conectores:

- Del tipo unión rígida entre los anclajes y la simplificación del chasis tubular
- Del tipo contactos sin penetración entre los anclajes y los bulones diseñados para aplicar las cargas, con el fin de que únicamente generen contactos con los anclajes en las superficies de contacto que se vean afectadas en función de la dirección de las cargas.
- Conectores de tipo unión soldada para unir en anclaje plegado superior al tubo del chasis, puesto que no se dispone de un contacto normal entre superficies.

En la siguiente ilustración se pueden observar los contactos y conectores mencionados:

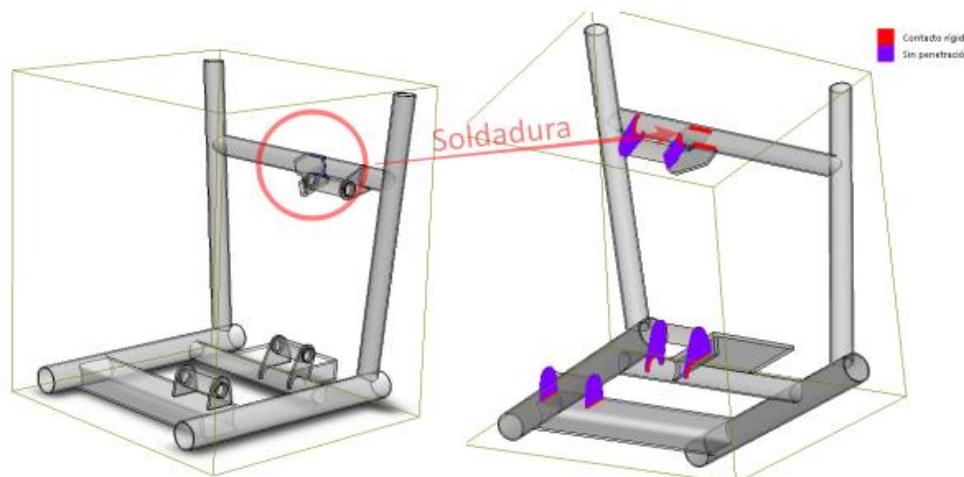


Ilustración 49 - Definición conexiones y contactos ensayo anclajes soporte motor

1.10.5.2. Asignación de sujeciones o puntos de fijación de los anclajes.

Las sujeciones dispuestas en este estudio de elementos finitos se han asignado del tipo “geometría fija” a los extremos por donde se ha recortado la porción del chasis simplificada que se va a analizar.

Se pueden observar en la siguiente ilustración:

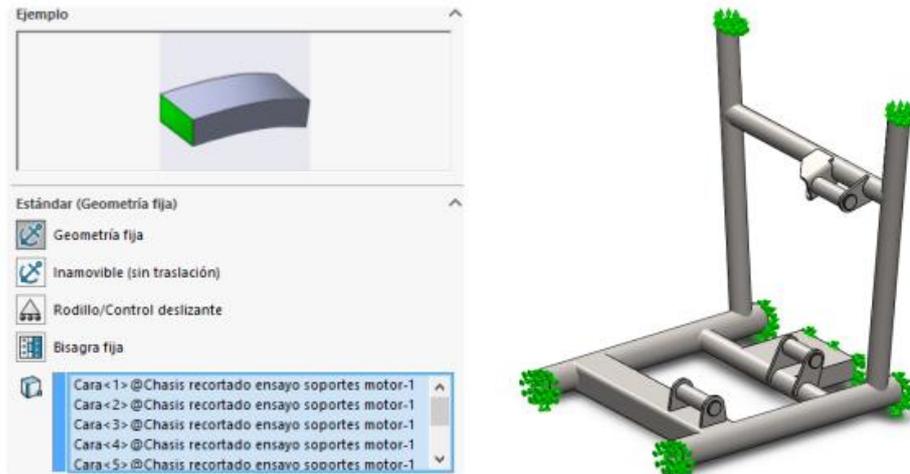


Ilustración 50 - Asignación de sujeciones para ensayo anclajes soporte motor

1.10.5.1. Asignación de cargas requeridas para el cálculo.

Para el caso de este ensayo, se han incorporado sobre los bulones las cargas extraídas del análisis realizado al soporte del motor:

Bulón	Esf. Radiales longitudinales	Esf. Radiales verticales	Esf. axiales
1	2220 N	148 N	-717 N
2	1700 N	-1220 N	-197 N
3	1590 N	1390 N	914 N

Quedando tal y como se observa en la siguiente ilustración:

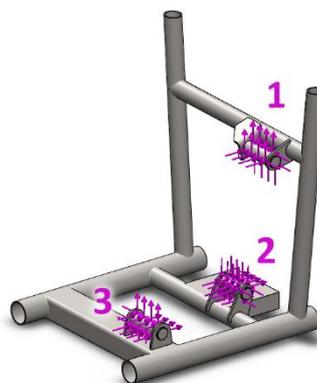


Ilustración 51 - Asignación cargas ensayo anclajes soporte motor

1.10.5.2. Mallado.

En este ensayo, la discretización realizada ha sido del tipo estándar, con un tamaño máximo de 7mm para los elementos poliédricos. A parte, se ha realizado un refinamiento para los anclajes incorporados, con el fin de obtener resultados con mayor nivel de precisión.

El resultado del mallado se puede ver en la siguiente ilustración:

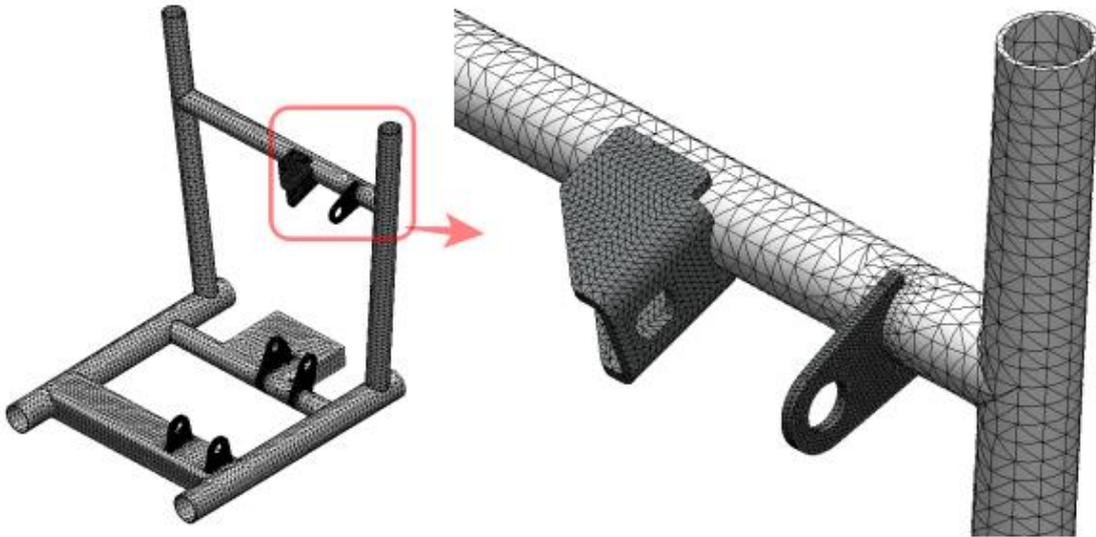


Ilustración 52 - Mallado ensayo anclajes soporte motor

1.10.5.3. Asignación de materiales

Para obtener las deformaciones resultantes y el factor de seguridad mínimo del conjunto, el software realiza una comparación del valor de la tensión de VonMises calculado en el ensayo con el límite elástico del material de cada pieza, para ello es necesario asignar el material correspondiente a cada pieza de las que forman el conjunto.

Para el caso se asignarán los siguientes materiales según el tipo de conformado de cada pieza:

- Acero [1.1191 (C45)] para los bulones diseñados para el ensayo, conservando el mismo material del que se fabricarán los bulones que se van a incorporar.
- Acero [1.0044 (S275JR)] para los elementos fabricados a partir de chapa metálica, mediante corte láser y plegado.
- Acero [1.0570 (S355J2G3)] para el chasis simplificado, pues al tratarse de elementos tubulares estructurales, se presupone que se habrá fabricado con este material que suele ser bastante habitual.

Material	Módulo elástico	Coef. de Poisson	Densidad	Límite elástico
Acero 1.1191 (C45)	210 GPa	0,28	7.860 kg/m ³	565 MPa
Acero 1.0044 (S275JR)	210 GPa	0,28	7.860 kg/m ³	275 MPa
Acero 1.0570 (S355JR)	210 GPa	0,28	7.860 kg/m ³	355 MPa

- ▶  Bulón montaje casquillos silentblock corto ENSAYO-1 (-[SW]1.1191 (C45E)-)
- ▶  Bulón montaje casquillos silentblock largo ENSAYO-1 (-[SW]1.1191 (C45E)-)
- ▶  Bulón montaje casquillos silentblock largo ENSAYO-2 (-[SW]1.1191 (C45E)-)
- ▶  Chasis recortado ensayo soportes motor-1 (-[SW]1.0570 (S355J2G3)-)
- ▶  KC-01.01-Orejeta fijación superior soporte motor-1 (-1.0044 (S275JR)-)
- ▶  KC-01.03-Orejeta fijación superior soporte motor plana-1 (-1.0044 (S275JR)-)
- ▶  KC-01.04-Orejeta base soporte motor-1 (-1.0044 (S275JR)-)
- ▶  KC-01.05-Orejeta fijación inferior delantera soporte motor-1 (-1.0044 (S275JR)-)
- ▶  KC-01.06-Orejeta anti-giro fijación inferior delantera soporte motor-1 (-1.0044 (S275JR)-)
- ▶  KC-01.07-Orejeta base soporte motor antigiro-1 (-1.0044 (S275JR)-)

Ilustración 53 - Materiales asignados en el ensayo de los anclajes del soporte del motor

1.10.5.4. Resultados del ensayo y conclusión.

Tras ejecutar el ensayo de carga estática a los anclajes con la estructura simplificada, sometidos a las cargas introducidas, se obtienen los siguientes resultados:

- Trazado de desplazamientos:

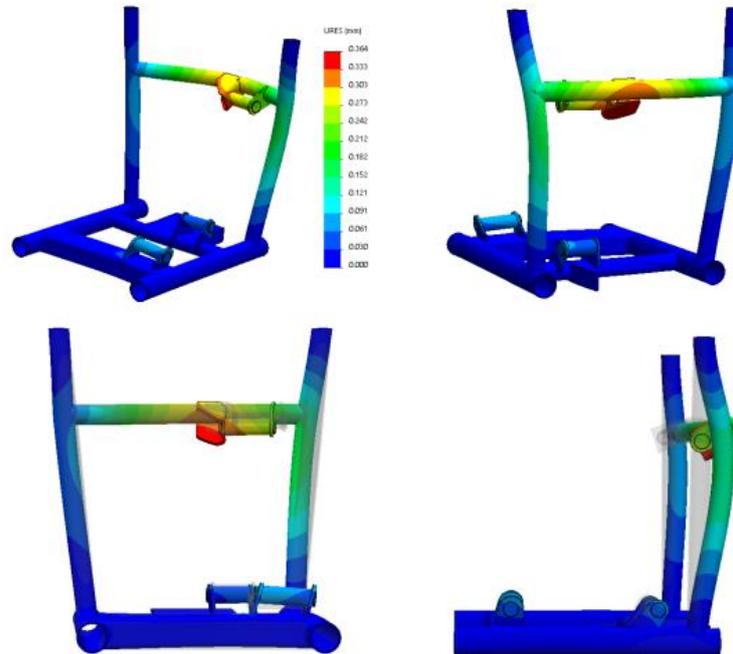


Ilustración 54 - Trazado desplazamientos ensayo anclajes soporte motor

En la ilustración anterior, se puede observar con una escala 200 veces superior a la real, las deformaciones que sufrirían los anclajes y la estructura del chasis, aplicando las cargas resultantes halladas en el estudio realizado en el soporte del motor. El mayor valor se da en la zona circundante al anclaje superior [1], donde se tiene un desplazamiento máximo absoluto de 0.3mm, debido a las cargas combinadas del peso del motor y tracción. Lo cual equivale a una flecha del 0,8% de la luz total del travesero solicitado, prácticamente despreciable.

- Trazado de tensiones en el soporte:

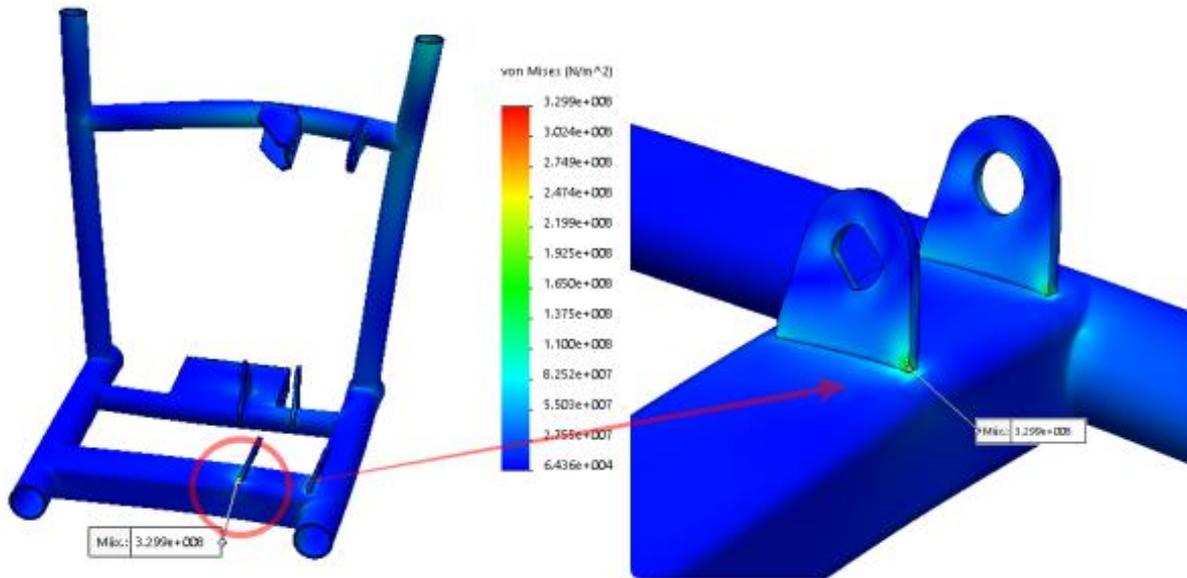


Ilustración 55 - Trazado de tensiones en anclajes de soporte de motor

En este trazado se puede observar que la máxima tensión se tiene en la parte interna de la base del anclaje inferior delantera interior (3) que sustenta el soporte del motor. Este resultado es coherente pues está igual de solicitado que el punto de anclaje superior (1) y no tiene ningún canto de refuerzo que aumente la inercia de la base, con lo que es fácil que aparezcan valores de tensiones mayores. Con la comprobación del Factor de seguridad se valorará si es necesario reforzar el anclaje.

- Trazado del factor de seguridad:

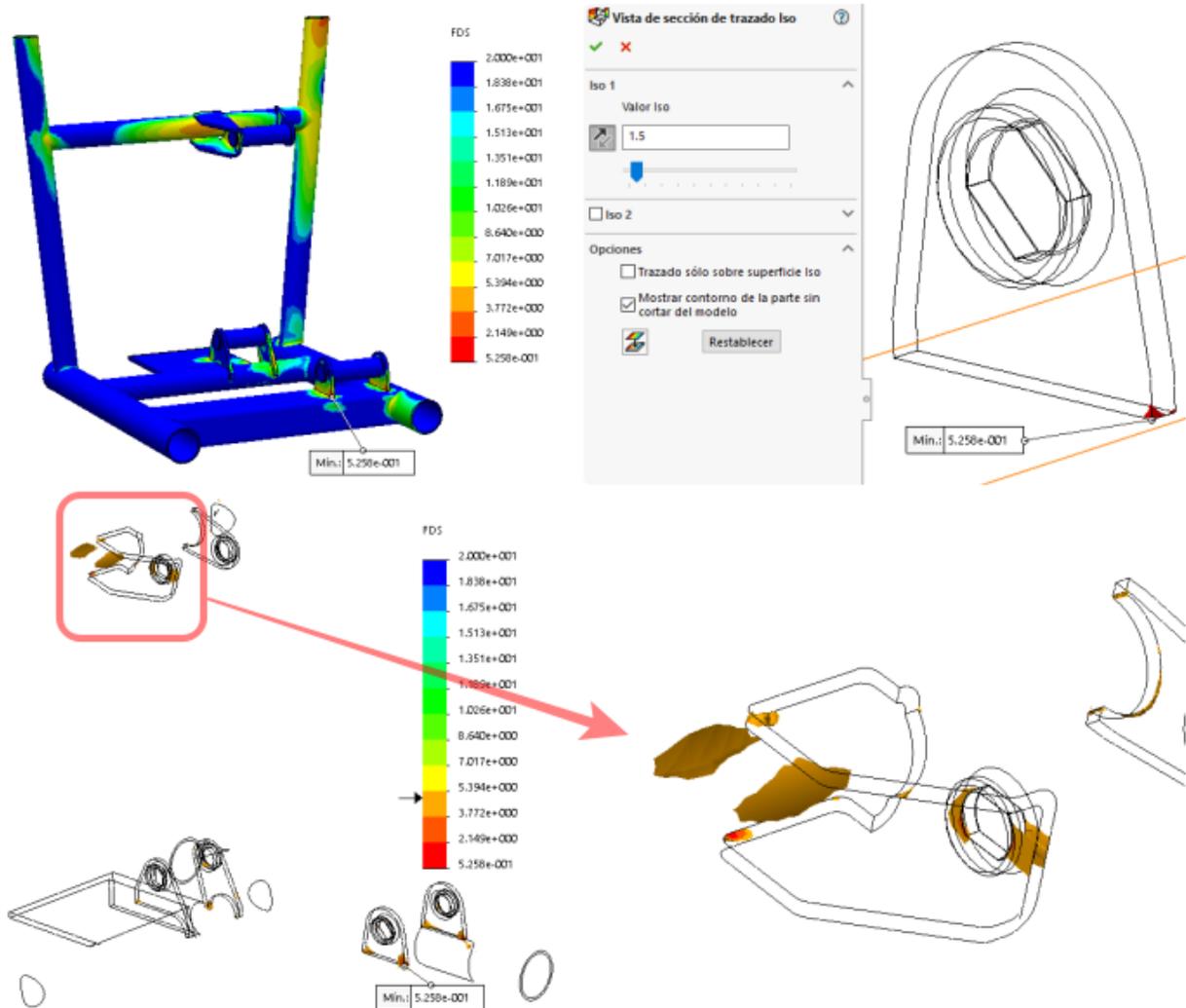


Ilustración 56 - Trazado Factor de Seguridad anclajes soporte motor

En la ilustración anterior se puede observar la distribución y los valores críticos del factor de seguridad calculado, hallado comparando la tensión de Von Mises calculada con el límite elástico del material, donde el mínimo, con un valor de 0,52 se encuentra en una esquina del anclaje interno del soporte. Este valor es inferior a 1, pero dada la característica de que se encuentra en el mismo vértice de la arista de contacto con el tubular de apoyo, tiene lógica que se obtenga un valor tan bajo al tratarse de un concentrador de tensiones sometido a cargas.

Para comprobar si el efecto de concentración de tensiones es crítico para el anclaje, se realiza un muestreo empleando un sistema de filtrado por valor de factor de seguridad, mediante la herramienta "iso-superficies" disponible en el asistente de resultados. Para el caso se configura para que se muestre toda la zona afectada por un factor de seguridad inferior a 1,5, marcado como requisito para validar el diseño, y se observa que, por debajo de este valor únicamente se resalta la zona colindante al vértice, sin invadir la pieza más allá de la zona de concentración de tensiones. Por tanto, en base a esta observación se determina que, para mitigar el efecto de la

concentración de tensiones, la solución más simple consistiría en indicar en el plano de soldadura que se aplique un cordón con una garganta de al menos 4mm que cubra toda la zona de concentración de tensiones, ya que el resto del anclaje tiene un factor de seguridad superior y no pelagra su resistencia.

Por otra parte, para validar la resistencia de la estructura tubular del chasis, con la herramienta de filtrado por magnitud de factor de seguridad, se observa que el mínimo valor de FDS que se tiene en la estructura tubular es de 4, justo en la zona donde se tiene el anclaje superior. En base a esto, siendo un valor superior a 1,5, fijado como requisito, se puede validar la resistencia de los anclajes y la estructura de base disponible en el chasis del kart-cross.

1.10.6. Conclusiones y resultado.

Tras los cálculos y ensayos realizados, se ha comprobado que el diseño planteado para el soporte del motor con sus anclajes resiste las cargas y sollicitaciones que le puede inducir el motor bajo unas condiciones extremas de funcionamiento, que se pueden dar transitoriamente, con las consideraciones tomadas en cuenta a la hora de fabricarlo para evitar los concentradores de tensión y con ello asegurar la resistencia.

Con esto se puede afirmar que se ha conseguido cumplir con los requisitos del soporte:

- Adaptarse a la posición del motor que posibilite unirlo directamente con el eje trasero mediante la transmisión por cadena.
- Que resista las reacciones generadas en la entrega de par y los cambios de aceleración bruscos y espontáneos del vehículo.
- Que el motor quede sostenido por los anclajes que dispone para ello.
- Que amortigüe las vibraciones derivadas de la irregularidad cordal de la cadena, en este caso mediante los silentblocks.

Además, se ha conseguido un resultado integrado y compacto en la parte baja y trasera del vehículo, lo cual favorece a bajar el centro de gravedad y a dejar disponible el mayor espacio posible para albergar el resto de componentes necesarios para el sistema eléctrico de propulsión, que a su vez protege gracias al aprovechamiento de un refuerzo como sufridera en caso de una rotura de cadena.

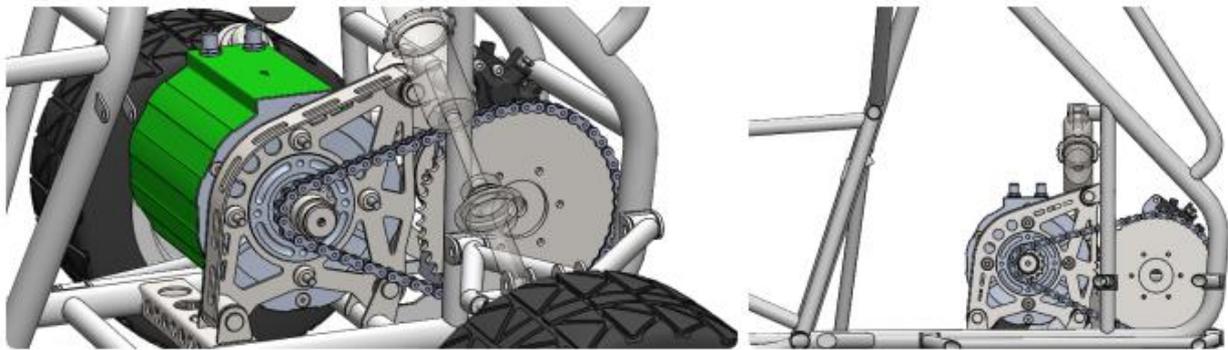


Ilustración 57 - Resultado soporte motor



1.11. Distribución y emplazamiento del resto de componentes eléctricos de potencia en el vehículo.

Con el motor ubicado y su soporte diseñado, se pasa a distribuir y emplazar el resto de componentes eléctricos de potencia del vehículo, que para el caso son el controlador y la batería de acumulación de energía eléctrica.

Para obtener el mejor resultado en esta tarea, se han tomado en cuenta una serie de consideraciones, ligadas a las características de estos componentes y a la dinámica del vehículo:

- Son componentes eléctricos que van interconectados entre sí, por tanto, es interesante a fin de minimizar las pérdidas de potencia en los conductores, que éstos se encuentren lo más cercanos entre sí.
- El motor y el controlador de potencia son elementos refrigerados por agua, por tanto, hay que prevenir el mínimo recorrido de los conductos para interconectarlos.
- La batería es el componente más pesado y voluminoso, por tanto, será interesante encontrar la ubicación que menos perjudique a la distribución de masas y al centro de gravedad.

Bajo estas condiciones, la solución directa que mejor se adapta a las consideraciones expuestas es la que se observa en la siguiente ilustración:

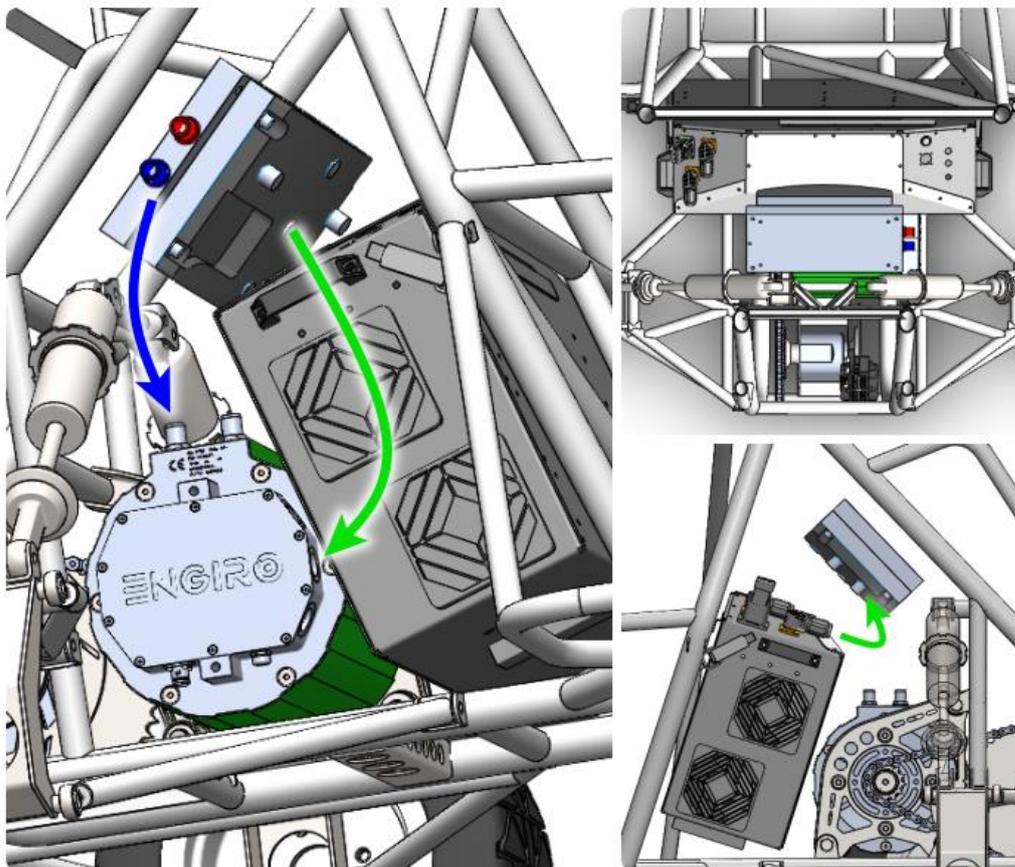


Ilustración 58 – Detalle distribución y emplazamiento componentes del sistema eléctrico

En la ilustración anterior, se observa mediante flechas verdes las conexiones eléctricas entre la batería y el controlador, y entre el controlador y el motor. Por otro lado, en color azul la conexión del sistema de refrigeración entre el motor y el controlador.

Tal y como se puede ver, la batería se ha dispuesto en la posición más baja posible, en el espacio disponible entre el motor y el habitáculo del piloto. De este modo se consiguen dos ventajas principales:

- Bajar el centro de gravedad del vehículo
- Conseguir una base firme (tubulares inferiores) como apoyo sólido para la batería, sin necesidad de generar estructuras adicionales para sostenerla, y con ello no incrementar el peso del vehículo con elementos que no añadan prestaciones al vehículo.

Bajo esta condición, el fabricante de la batería, la empresa Abervian, la ha adaptado a las dimensiones disponibles y ha dispuesto unos anclajes y encajes para la misma batería, con la finalidad de que se pueda fijar al anclaje que se diseñará expreso para este fin posteriormente.

Por otro lado, el controlador se ha situado sobre la batería y el motor, con el plano de conexionado orientado hacia abajo para acortar las longitudes de los cables eléctricos de potencia, los cuales según el fabricante de la batería deben discurrir lo más juntos posible para evitar interferencias eléctricas debido al campo eléctrico generado por los conductores. Con este mismo criterio se disponen los cables que se conectarán entre el controlador y el motor, en la menor distancia posible, y quedando por dentro de la envolvente del vehículo.

En cuanto al sistema de refrigeración, se ha hecho coincidir en el mismo lado a los conectores de los conductos para evitar que transcurran entre los cables eléctricos, minimizando el riesgo de cortocircuitos por fugas de líquido refrigerante.

Con todo esto queda justificado el criterio de distribución y emplazamiento de los componentes.



1.12. Diseño del soporte del controlador y sus anclajes al chasis.

Tras determinar el emplazamiento de la batería y el controlador, se pasa a diseñar el soporte para anclar este último al chasis del kart-cross. El proceso de diseño, justificación del mismo y comprobación mecánica mediante cálculos se documenta y expone en los siguientes puntos.

1.12.1. Requerimientos de diseño.

Para realizar el diseño de este soporte, en primer lugar, hay que recoger los requisitos que se deben cumplir o tener en consideración para este caso. Los cuales se exponen a continuación:

- Sostener firmemente el soporte a la estructura del chasis, sin necesidad de que sea una unión completamente rígida.
- No interferir en la zona de paso de cables o conductos de refrigeración.
- Emplear los taladros dispuestos para anclar el soporte.
- Dejar el plano liso del controlador (el opuesto a las conexiones) libre para poder incorporar un disipador térmico si se considerase necesario o bien para que disipe calor por convección con el aire circundante.

1.12.2. Proceso de diseño y justificación de la solución adoptada.

El primer paso llevado a cabo es el de observar la ubicación del controlador, su posición y cómo se puede anclar al chasis. Estas características las podemos observar en la siguiente ilustración capturada del programa de diseño:

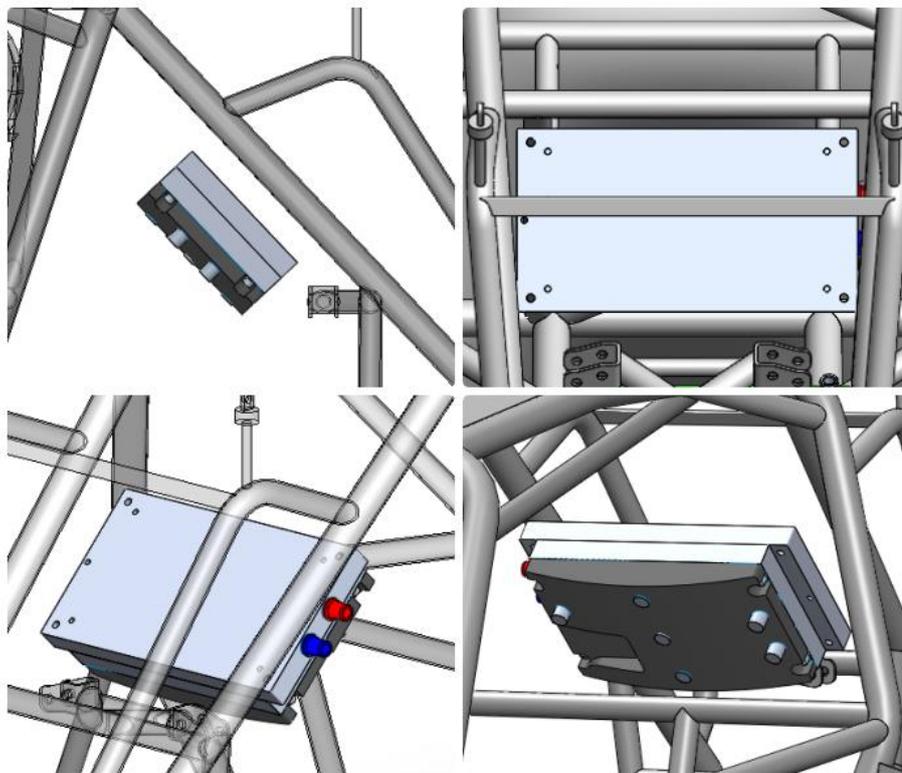


Ilustración 59 - Vistas posición controlador

Tal y como se observa, el controlador queda paralelo y ligeramente distanciado del plano inclinado formado por los tubos del arco trasero, los cuales están dispuestos simétricamente respecto al plano vertical longitudinal del vehículo. Esta distancia es debida a la aproximación del controlador al centro del vehículo, para bajar todo lo posible su posición en altura, sin llegar a perjudicar el espacio para el paso y montaje de cables ni interferir con ningún otro componente del mismo kart-cross.

Bajo estas circunstancias, se diseñan las siguientes piezas, como soporte y anclaje del controlador al chasis:

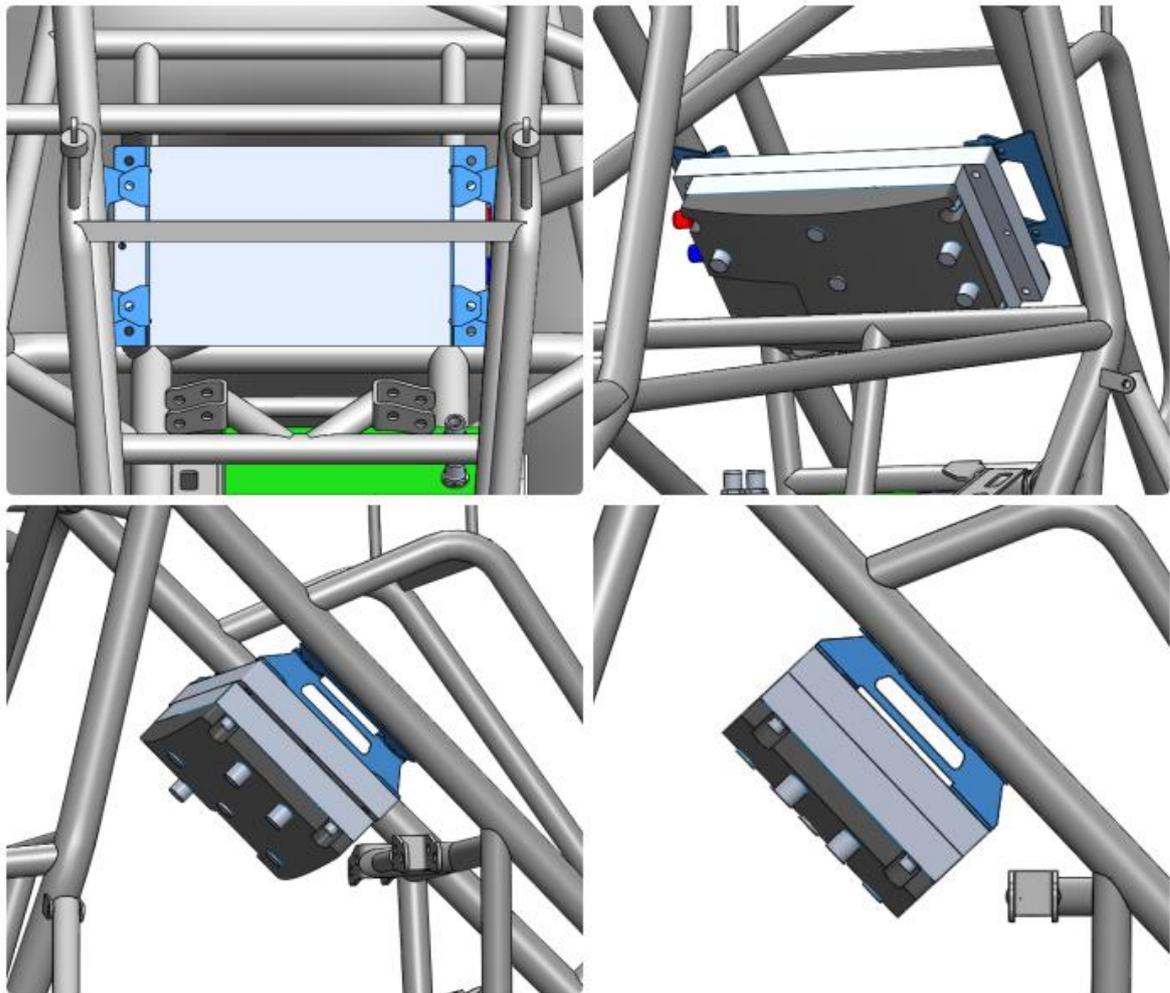


Ilustración 60 - Soportes montaje y fijación del controlador.

Tal y como se observa en las vistas de la ilustración anterior, se han diseñado dos piezas para este fin, una pieza plana fabricada en acero que irá soldada al chasis y servirá de anclaje al mismo para la otra pieza diseñada como soporte intermedio, fabricada en chapa de aluminio cortada y plegada. La elección de este material viene por su capacidad de transmisión de calor, por su resistencia a la corrosión y por su mayor flexibilidad que el acero, lo cual en cierto modo permite amortiguar las vibraciones y cambios bruscos de aceleración del vehículo respecto al controlador.

Con estas dos piezas, se consigue unir el controlador a la estructura del kart-cross, sin sobresalir del vano interior disponible, manteniendo el controlador en la posición predefinida y empleando los anclajes que dispone para ser montado.

Por otro lado, al hacer el soporte en dos piezas, se facilita la instalación del controlador, pre-montando las dos pestañas plegadas sobre el mismo, y apoyándolo en los anclajes situados en el chasis.

A continuación, se realizará el ensayo por elementos finitos con el fin de comprobar la resistencia de las piezas diseñadas.

1.12.3. Análisis estructural del soporte del controlador.

Para la validación mecánica de las piezas diseñadas, se realiza al igual que en los puntos anteriores, un ensayo de resistencia empleando el método de los elementos finitos, mediante el módulo Simulation de software Solidworks.

Para comprobar la resistencia de las piezas diseñadas en este caso como soporte y anclaje del controlador, se van a tener en cuenta dos cargas simultáneas, en la primera se tendrá en cuenta, al igual que en el ensayo del soporte del motor, el efecto que tendrá la fuerza derivada por el propio peso del controlador sometido a una aceleración vertical de 3 G's en dirección al suelo, y por otra parte, por la circunstancia de la posición que ocupa el controlador, a una altura cercana a la de la cabeza del piloto, se estudiará su resistencia en caso de un impacto frontal del vehículo que en caso de fallo del soporte podría derivar en una proyección del controlador contra la cabeza del piloto, con una fuerza resultante equivalente a su masa por la deceleración derivada del impacto sin contar los grandes daños que podría causar en la instalación eléctrica del vehículo.

Para calcular la magnitud de la aceleración que puede derivar de impacto de estas características, se determina la velocidad a la que podría darse el impacto y la distancia que el vehículo recorrería desde el punto de desaceleración hasta su detención total.

Para determinar la velocidad, tomamos un valor exacto aproximado a las velocidades máximas registradas en la telemetría, para el caso 70Km/h. Y por otra parte, para determinar la distancia de detención a esta velocidad, observando las singularidades del tipo de circuitos en las que compiten estos vehículos, caracterizados por disponer de taludes de tierra inclinadas, se estimará como valor crítico en 1m.

Por otro lado, para trabajar con las ecuaciones de la energía, se tomará 320 Kg como valor aproximado de la masa del vehículo, después de consultar diversas páginas web de fabricantes.

Para calcular las G's de la deceleración bajo estas circunstancias, realizamos las siguientes operaciones, a partir de la ecuación de la energía cinética del cuerpo, despreciando pérdidas por rozamiento y/o de cualquier otro tipo:



$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 320 \text{ Kg} \cdot \left(\frac{70 \left[\frac{\text{Km}}{\text{h}} \right]}{3,6 \left[\frac{\text{km}}{\text{m}} \right]} \right)^2 = 60493,82 \text{ J}$$

$$F_c = \frac{E_c}{d} = \frac{60493,82 \text{ J}}{1 \text{ m}} = 60493,82 \text{ N}$$

$$a = \frac{F_c}{m} = \frac{60493,82 \text{ N}}{320 \text{ Kg}} = 189 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\text{Fuerza } G = \frac{a}{9,8} = 19,29 \text{ G} \sim 20 \text{ G}$$

Con este valor hallado de la deceleración en caso del hipotético impacto, se calculará el valor del factor de seguridad que se obtiene y su distribución. A partir de estos resultados, se podrá valorar si la pieza tiene posibilidades de romper o no.

Para la realización del análisis se emplea el conjunto de los componentes mostrado en la siguiente ilustración, en el que se han dispuesto en la posición relativa que se montan en el chasis las piezas diseñadas (anclaje al chasis y soporte intermedio) con una representación simplificada del controlador con sus puntos de fijación.

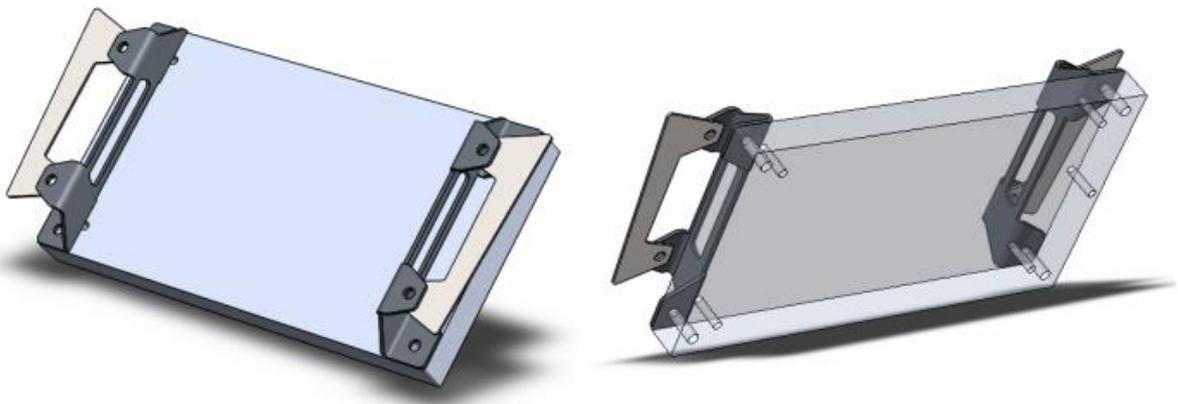


Ilustración 61 - Montaje para análisis soporte motor

A continuación, se recoge el procedimiento seguido para llevar a cabo el análisis:

1. Definición de conexiones y contactos entre componentes.
2. Asignación de sujeciones o puntos de fijación del conjunto de elementos a analizar.
3. Asignación de cargas a los cuerpos solicitados en los puntos requeridos.
4. Mallado.
5. Asignación de materiales.
6. Cálculo y análisis de resultados.



1.12.3.1. Definición de conexiones y contactos entre componentes

Para realizar este análisis, se han dispuesto los siguientes contactos y conectores:

- Del tipo contactos sin penetración en los planos de contacto entre el anclaje al chasis y el soporte intermedio, y entre éste y el controlador.
- Conectores de tipo perno atornillado para fijar el controlador al soporte intermedio, y este al anclaje del chasis, dispuestos con un par de apriete asignado equivalente a 15Nm.

En la siguiente ilustración se pueden observar los contactos y conectores mencionados:

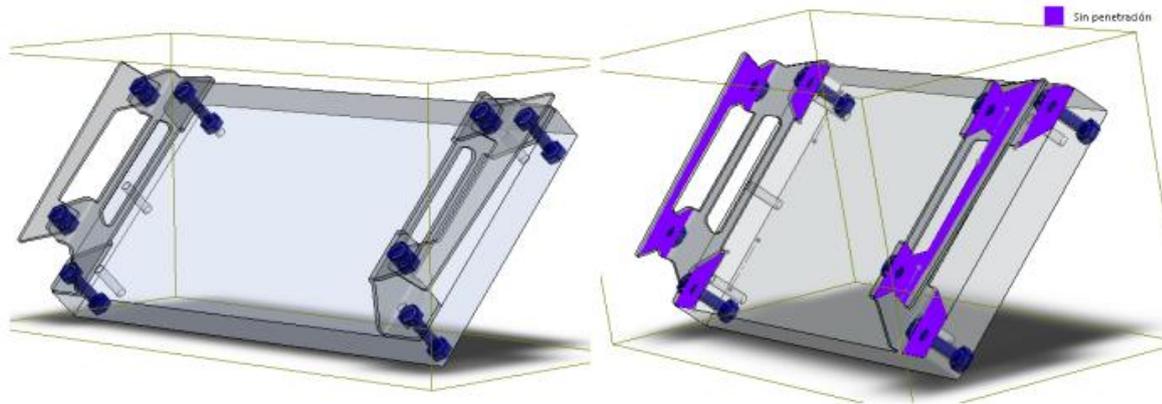


Ilustración 62 - Contactos y conectores para el ensayo del soporte del controlador

En la vista izquierda de la ilustración anterior se pueden observar las uniones atornilladas y en la derecha los contactos sin penetración.

1.12.3.2. Asignación de sujeciones o puntos de fijación de los anclajes.

Para el caso, como se trata de un elemento cuyas sollicitaciones estructurales no son de gran valor, se estudian únicamente soportes intermedios y el anclaje al chasis simulando que éstos últimos estén unidos fijamente mediante soldadura al chasis, tal y como será en la realidad.

Para ello se genera una superficie de partición en los soportes que abarque aproximadamente la zona donde se aplicará la soldadura, y sobre esta superficie de partición se asigna la sujeción del tipo “geometría fija”, limitando cualquier desplazamiento de los nodos cubiertos en esta superficie, tal y como se observa en la siguiente ilustración:

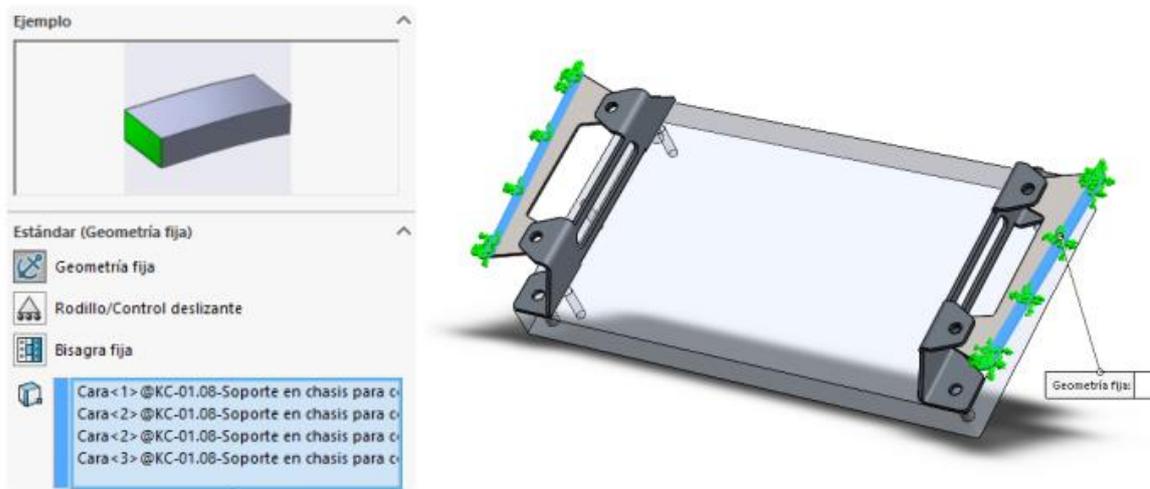


Ilustración 63 - Asignación de sujeciones para ensayo soporte controlador

1.12.3.3. Asignación de cargas requeridas para el cálculo.

A continuación, se calculan las cargas indicadas en la explicación de los criterios de este estudio:

- La carga vertical derivada de la masa del controlador sometida a una aceleración tres veces superior a la de la gravedad, calculada como:

$$F_C = 6,2Kg \cdot 3 \cdot 9,8 \left(\frac{m}{s^2} \right) = 182,28N \sim 185N$$

- La carga en sentido paralelo a la marcha, derivada de la masa del controlador sometida a una deceleración de 20 veces superior a la fuerza de la gravedad, calculada como:

$$F_L = 6,2Kg \cdot 20 \cdot 9,8 \left(\frac{m}{s^2} \right) = 1215, N \sim 1220N$$

Y se incorpora en el conjunto tal y como se observa en la siguiente ilustración:

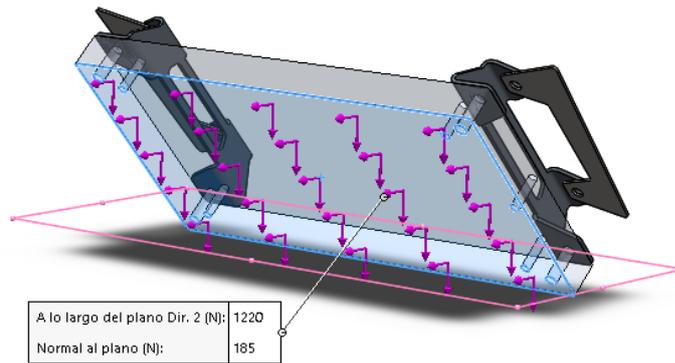


Ilustración 64 - Asignación cargas ensayo soporte controlador

En la ilustración se puede observar cómo quedan orientadas las cargas en dirección vertical y longitudinal del vehículo, relativas a la cara inclinada, tal y como se dispone el controlador.

1.12.3.4. Mallado.

Para preparar este estudio, se definirá el cuerpo simplificado del controlador como elemento rígido puesto que no se busca realizar cálculos sobre el mismo, y de este modo el programa no lo analiza, consiguiendo reducir el tiempo de cálculo. Para el resto de elementos se realizará un mallado automático mediante el método basado en curvatura, para el cual se deben introducir los siguientes parámetros, por orden según aparecen en el menú del software:

- el tamaño máximo de los elementos poliédricos que se van a generar.
- el tamaño mínimo de los elementos poliédricos que se van a generar.
- El número mínimo de elementos que se desea que haya en un agujero
- La velocidad de transición de tamaño menor a mayor a medida que se aleja o acerca a una curvatura.

En la siguiente ilustración se puede ver la configuración aplicada en el modelo y la malla resultante:



Ilustración 65 - Configuración mallado soporte controlador

Como se puede apreciar, la malla en las zonas con curvatura (pliegues y taladros) tiene una mayor resolución, para que los resultados obtenidos dispondrán de una mayor precisión.

1.12.3.5. Asignación de materiales

Para obtener las deformaciones resultantes y el factor de seguridad mínimo del conjunto, el software realiza una comparación del valor de la tensión de VonMises calculado en el ensayo con el límite elástico del material de cada pieza, para ello es necesario asignar el material correspondiente a cada pieza de las que forman el conjunto.

Para el caso se asignarán los siguientes materiales según el tipo de conformado de cada pieza:

- Acero [1.0044 (S275JR)] para la pieza fabricada a partir de chapa metálica, mediante corte láser, que posteriormente va a ir soldada al chasis tubular.
- Aluminio 5083 [3.3547] el soporte intermedio entre el controlador y el anclaje al chasis, pues al ser una pieza de transición que no necesita ser soldada, puede fabricarse en aluminio, que es un material casi tres veces más ligero que el acero, con una buena resistencia mecánica.

Material	Módulo elástico	Coef. de Poisson	Densidad	Límite elástico
Acero 1.0044 (S275JR)	210 GPa	0,28	7.860 kg/m ³	275 MPa
Aluminio 5083	70 GPa	0,389	2.660 kg/m ³	270 MPa

- ▶  KC-01.08-Soporte en chasis para controlador-1 (-[SW]1.0044 (S275JR)-)
- ▶  KC-01.08-Soporte en chasis para controlador-2 (-[SW]1.0044 (S275JR)-)
- ▶  KC-07-Soporte controlador-1 (-[SW]Chapa aluminio 5083-)
- ▶  KC-07-Soporte controlador-2 (-[SW]Chapa aluminio 5083-)

Ilustración 66 - Asignación de materiales para el análisis de los soportes del controlador

1.12.3.6. Resultados del ensayo y conclusión

Tras ejecutar el ensayo de carga estática al soporte, sometido a las cargas introducidas, se obtienen los siguientes resultados:

- Trazado de desplazamientos:

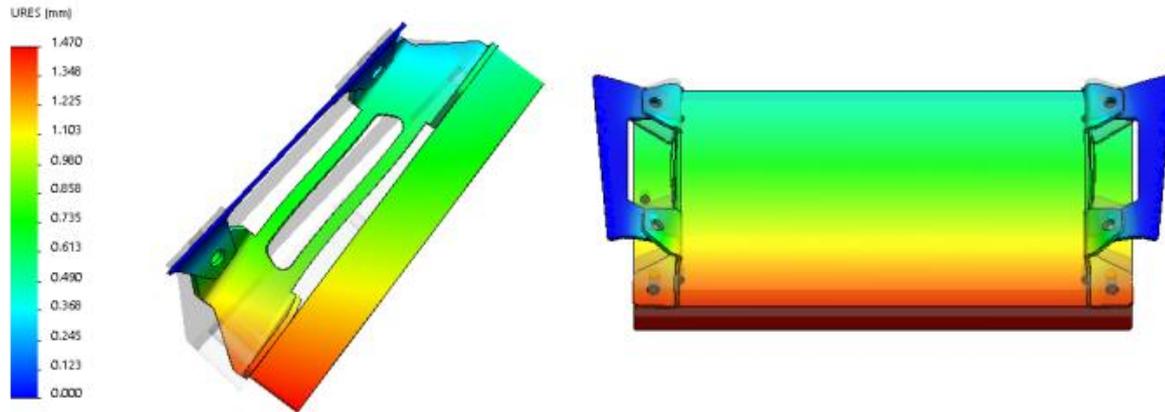


Ilustración 67 - Trazado de desplazamientos soporte motor

De este trazado se pudo observar gráficamente, con una escala gráfica 20 veces superior a la real, que el máximo desplazamiento bajo las cargas aplicadas, se tendría en la zona inferior del controlador, con un valor de 1,47mm. Este valor no se va a tratar por medio de ningún criterio de dimensionado, pues el objetivo de este ensayo es el de asegurar la resistencia del soporte frente a una colisión frontal del vehículo.

Tal y como se muestra en la ilustración, la deformación maximizada por la escala de representación asignada tiene un comportamiento que aparentemente se asemejaría a la realidad, quedando las piezas en contacto por las zonas circundantes a los pernos de fijación y separadas por deformación en las zonas donde no existe elementos que limiten su movimiento. Con esto se puede verificar la fidelidad del comportamiento del conjunto con la realidad, simulado a partir de las relaciones de contacto establecidas.

A continuación, se pasa directamente a validar la distribución del factor de seguridad del conjunto, pues la distribución de tensiones en sí no aporta relevancia en los resultados, pues no indica explícitamente si el conjunto va a resistir las sollicitaciones.

- Trazado de factor de seguridad:

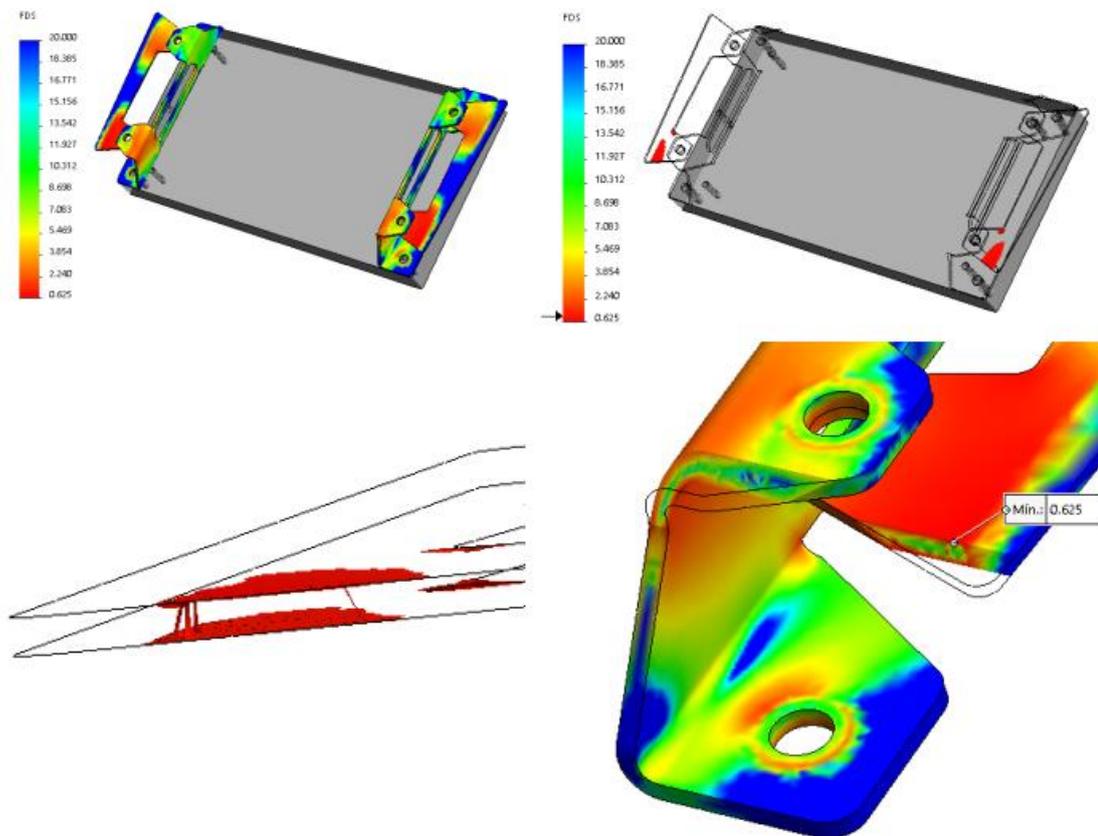


Ilustración 68 - Trazado Factor de Seguridad soporte controlador

En la ilustración anterior se recogen cuatro vistas, en la superior de la izquierda se puede ver la distribución del factor de seguridad en las superficies exteriores de las piezas, hallado comparando la tensión de Von Mises calculada por el software con el límite elástico del material. Prestando atención a la leyenda contigua, se puede ver que el mínimo valor del factor de seguridad que se llega a tener en el conjunto equivale a 0.625, inferior a 1, lo cual representa que en dicha zona la pieza estaría sufriendo tensiones superiores al límite elástico del material.

Para conocer el alcance de este efecto crítico, se realiza un muestreo en detalle empleando un sistema de filtrado por valor del factor de seguridad, mediante la herramienta “iso-superficies”, disponible en el asistente de resultados. Para el caso se configura para que muestre toda la zona afectada por un factor de seguridad inferior a 1. El resultado visible tras este filtrado se puede observar en la imagen superior derecha y en la inferior izquierda, donde se observa que el mayor efecto crítico de las tensiones se da en la superficie de la pieza soldada al chasis, en la parte circundante al anclaje inferior del soporte intermedio, sin ni siquiera afectar a toda la sección entera.

Para comprobar con mayor nivel de detalle este resultado y observar la distribución de este factor en el interior de la pieza, se realiza una vista de sección, de la que se ha tomado una captura, incluida en la vista inferior derecha de la ilustración, en la que se puede observar que en

el “alma” de la pieza, o plano interior medio, el factor de seguridad tiene un valor superior a 3, lo que significa que la pieza en ningún momento se deformaría completamente y mucho menos llegaría a la rotura bajo la acción de las cargas estudiadas, y posiblemente bajo cargas ligeramente superiores.

Con este análisis de resultados, se puede afirmar sin ninguna duda que a pesar que la situación estudiada se acerca al límite de servicio de las piezas diseñadas, no sería suficiente para derivar en su rotura, validando con esto la seguridad de las piezas que sostienen el controlador, frente a una colisión frontal del vehículo, garantizando de este modo la seguridad frente a proyecciones para el piloto en caso de accidente.

1.12.4. Conclusiones y resultado del diseño.

Tras los cálculos y ensayos realizados, se ha comprobado que el diseño planteado para sostener el controlador del motor resiste las cargas y sollicitaciones que pueden afectar al conjunto bajo una colisión frontal del vehículo, garantizando la seguridad tanto para el piloto como para el sistema eléctrico. Claramente esta condición se daría en una situación límite de uso del vehículo, y en caso de tener lugar sería recomendable revisar todas las partes del mismo y sustituir las que resultaran dañadas para garantizar un funcionamiento seguro del vehículo.

A parte, se puede afirmar que se ha conseguido cumplir con los requisitos del soporte:

- Que el soporte quede sostenido firmemente a la estructura del chasis.
- Que no interfiera en la zona de paso de cables o conductos de refrigeración
- Que se empleen los taladros dispuestos en el controlador para su anclaje.
- Dejar el plano liso del controlador libre para poder incorporar un disipador térmico si se considera necesario.

Y además se puede observar que, con los vaciados y la forma de las piezas diseñadas, se ha reducido su peso en la medida de lo posible, retirando material de donde no existen tensiones ni cargas críticas. Esto se puede observar en el trazado del factor de seguridad, donde las zonas con factor de seguridad mayor a 20 (coloreadas en azul) son las mínimas.

1.13. Diseño del soporte del acumulador de energía eléctrica.

Conocido el espacio disponible tras ubicar el motor y el controlador con sus soportes, se pasa a diseñar la base y los puntos de fijación para anclar el acumulador de energía eléctrica o batería. El proceso de diseño, justificación del mismo y la comprobación mecánica mediante cálculos se documenta y expone en los siguientes puntos.

1.13.1. Requerimientos de diseño.

Para el diseño de la base de montaje de la batería y los puntos de fijación necesarios para asegurarla al vehículo, en primer lugar, se determinan una serie de requisitos que se deben tomar en cuenta para obtener el mejor resultado posible:

- La batería debe apoyar en las caras indicadas en la siguiente ilustración, con el fin de asegurar su fijación, restringiendo cualquier desplazamiento relativo de la misma respecto al chasis, y así como evitar el vuelco que podría darse en caso de apoyar únicamente sobre la base debido a los cambios de aceleración que desplazan el centro de masas de los cuerpos fuera de su base de apoyo.
- La batería debe de anclar al chasis a partir de los puntos de fijación que incorpora para este fin.
- Se debe considerar la posibilidad de absorber en la medida de lo posible la transmisión de vibraciones del chasis a la batería.
- Se debe respetar la posición con la que se ha ubicado la batería en el vehículo.
- El sistema de anclaje no debe entorpecer el conexionado ni el paso de cables.
- El sistema de anclaje debe facilitar la incorporación de la batería en su ubicación.

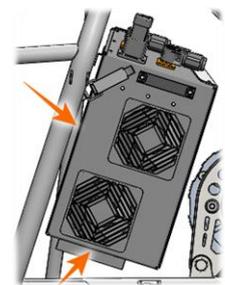


Ilustración 69 - Caras de apoyo de la batería

1.13.2. Proceso de diseño y justificación de la solución adoptada.

Tomando en cuenta la posición en la que se ubica la batería en el chasis y los requisitos indicados, se plantea un soporte en dos partes:

- Una base donde apoye la cara inferior de la batería
- Una guía de apoyo superior donde apoye el plano inclinado de la batería, situado en dirección al habitáculo del piloto.

A parte se deberán disponer los elementos de anclaje adecuados para enganchar los cierres de palanca dispuestos en la parte superior de los laterales de la batería.

Entre las bases mencionadas y la batería, se plantea la posibilidad de incorporar algún tipo de material elástico absorbente para que amortigüe las vibraciones del chasis. A parte por su característica elástica favorecería la fijación de la batería al ser comprimido, favoreciendo el contacto entre las superficies de apoyo, evitando ruidos por vibraciones.

Puesto que la finalidad de este soporte es anclar directamente la batería al chasis, se diseña para ser fabricado en acero, para poder unirlo con el chasis mediante soldadura.

Considerando las ideas expuestas, se conciben las dos partes que servirán de apoyo y anclaje para la batería al chasis del kart-cross. Se exponen en la siguiente ilustración:

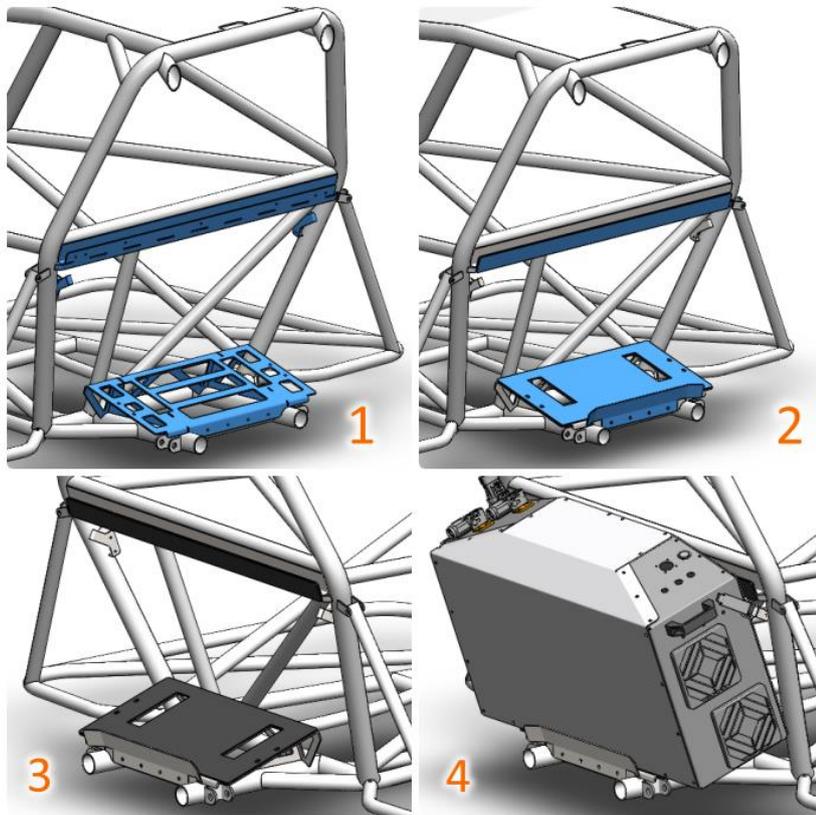


Ilustración 70 - Vistas soporte baterías diseñado

En la vista 1 de la ilustración anterior, se puede ver resaltadas en color azul las piezas que van soldadas al chasis, por un lado, la base inferior para apoyar y anclar la batería y por otro la guía de apoyo superior, dispuesta paralela al plano inclinado que separa el habitáculo del vano trasero.

En la vista número 2, se pueden ver resaltadas en color azul las piezas que forman parte del soporte, pero que no van soldadas al chasis, en este caso las láminas elásticas de nitrilo y la placa de apoyo inferior, que sirve de apoyo para facilitar el montaje de la batería, evitando que la parte inferior de ésta deslice por la pendiente del soporte antes de llegar a encajar en las ranuras previstas.

En las vistas 3 y 4, se puede observar el diseño del soporte resultante para montar la batería con todas las partes dispuestas, y la batería montada en su posición, inclinada paralelamente al plano que separa el habitáculo del vano trasero, y centrada longitudinalmente con el vehículo.

Para poder fijar adecuadamente la batería en la posición en la que queda emplazada, se han desarrollado una serie de anclajes adaptados a los puntos de fijación dispuestos en la batería, los

cuales se han definido por el fabricante, en consenso con las condiciones de contorno y restricciones que implica este proyecto particularmente.

En la siguiente ilustración se recogen capturas desde distintas vistas con detalles donde se pueden observar los sistemas empleados para el anclaje y fijación de la batería:

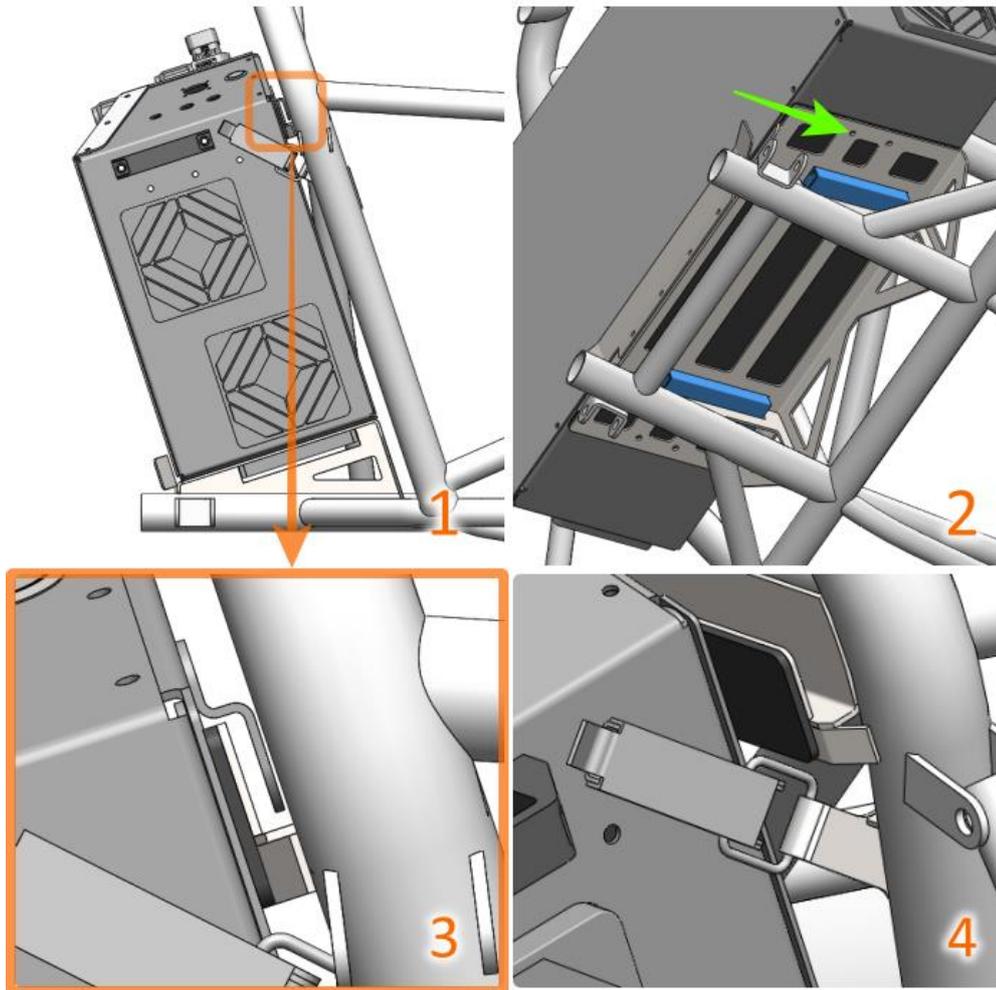


Ilustración 71 - Detalles de los anclajes de la batería

En la vista 1 se puede apreciar desde el perfil, como queda emplazada la batería en el kart-cross, apoyada sobre el plano inferior en la base y sobre el plano inclinado en contacto con la guía superior, la cual, en la vista 3, se muestra que a la vez de apoyo, se emplea como guía de apoyo y seguridad para evitar que la batería vuelque cuando se introduce o extrae del vehículo, o en caso de fallar algún anclaje superior, dando un cierto margen para detectar que la fijación ha fallado antes de derivar en un problema mayor.

En la vista 2, se pueden observar, destacadas en color azul los salientes de apoyo inferiores que incorpora la batería que encajan en las ranuras previstas de la base una vez la batería se emplaza en la ubicación definida para su montaje. Este encaje se puede ver en la vista 1, en el plano de apoyo inferior de la batería. Para evitar que el primer saliente introducido se encaje en la primera ranura con la que se encuentra, se han diseñado con un sistema parecido al poka-



yoke, que impide que se puedan encajar erróneamente. Para ello, el primer saliente que se introduce en el soporte es mayor que el primer encaje, de manera que no puede encajarse en él. En cambio, cuando la batería se posiciona en su emplazamiento definido, cada saliente encaja en su ranura, pues cada ranura tiene un tamaño compatible con el saliente que debe encajarse.

Por otro lado, en la vista 2, se pueden observar señalados mediante una flecha de color verde, uno de los cuatro taladros previstos para unir mecánicamente la batería a la base empleando cuatro tornillos de métrica 6x1mm. De este modo, aunque la batería queda encajada en el soporte, se previene que pueda salirse debido a un salto o cualquier movimiento brusco fortuito.

Por último, para sujetar la parte superior de la batería, colaborando en su fijación e impedir el vuelco de la misma en cambios de aceleración, se disponen unos anclajes soldados al chasis, que se pueden observar en detalle en la vista 4, sobre los cuales se pueden enganchar los cierres de palanca que incorpora la batería para tal fin. De este modo se consigue un contacto firme de la batería sobre el apoyo superior. Estos anclajes se han diseñado a partir de la parte fija del anclaje que incorpora el cierre de palanca de la batería. El cual está compuesto de dos piezas, la que va montada sobre la batería y otra que habría que unir mecánicamente o mediante soldadura a la base de anclaje. En la siguiente ilustración se puede observar el sistema de anclaje mencionado:



Ilustración 72 - Anclaje cierre rápido batería

En este caso, para evitar la unión mecánica o soldada de la pieza sobre la que encaja la argolla del mecanismo de cierre, se ha diseñado con chapa metálica la pieza que se puede ver en la ilustración 4, tomando como requisito de diseño de la misma que su espesor fuese mayor al de la pieza comercial ($>1,5\text{mm}$), y que ocupe la posición adecuada para anclar el cierre rápido. Bajo estas premisas, se ha diseñado la pieza plegada con un espesor de 2mm, adaptada a la posición adecuada para soldarla al chasis.

En cuanto a la construcción de la base, y el apoyo superior, se puede observar en la siguiente ilustración que están fabricados con chapa de acero cortada y plegada:

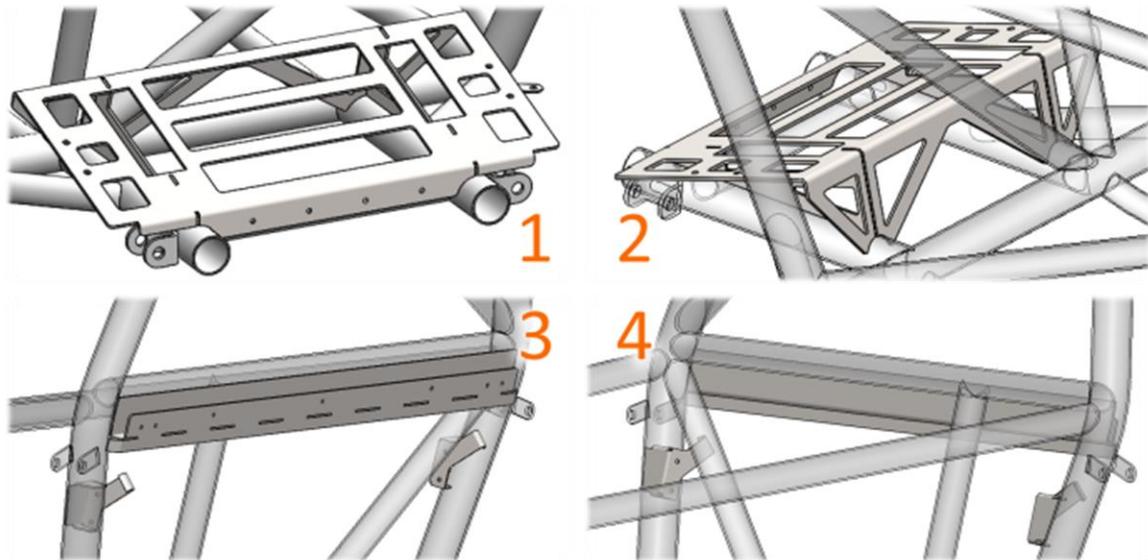


Ilustración 73 - Detalles constructivos soporte batería

En la vista 1 y 2 se pueden ver dos capturas en las que se observan las piezas que componen la base de apoyo inferior. En este caso, la base consiste en tres piezas, una cortada y plegada, que dispone de los encajes para los salientes inferiores de la batería, que a su vez encaja en los tubulares inferiores del chasis y que dispone el plano inclinado sobre el que apoyará el plano inferior de la batería. A esta pieza se le encajan dos piezas cortadas al láser que sirven de unión entre el plano inclinado y los tubos inferiores del chasis. Entre estas tres piezas, se forma un conjunto firme, con refuerzos de inercia en los planos longitudinal, transversal y vertical del vehículo, con el fin de aumentar su resistencia.

Por otro lado, se puede observar en las vistas 3 y 4, las 4 piezas que componen el apoyo vertical y los anclajes para los cierres rápidos incorporados en la batería. Todas estas son también piezas fabricadas a partir de chapa plegada. En el caso de los anclajes de los cierres rápidos, se trata de dos piezas simétricas que van soldadas al tubular perimetral del plano inclinado, y en el caso del apoyo vertical, se trata de dos piezas, una que apoya con el tubular horizontal intermedio del plano inclinado y otra sobre la que ésta se encastra que sirve de apoyo y guía para la batería.

Con este conjunto descrito se da por completado el sistema de soporte y anclaje de la batería al chasis.

A continuación, se realizará el ensayo por elementos finitos con el fin de comprobar la resistencia de las piezas diseñadas.



1.13.3. Análisis estructural del sistema de apoyo y anclaje del acumulador.

Para validar la resistencia mecánica de las piezas que componen el sistema de apoyo y anclaje del acumulador, se realizará un análisis empleando el método de los elementos finitos, para ensayar su comportamiento estructural frente a las cargas ejercidas por el acumulador.

Para ello se dispondrán las bases y los anclajes en las posiciones pertinentes sobre una simplificación del chasis del kart-cross, consistente en un recorte del mismo que conserva la estructura más próxima a las bases y los anclajes. De este modo se puede apreciar la acción ejercida por los soportes sobre la zona contigua del chasis, reduciendo el tiempo y los recursos necesarios para realizar el cálculo considerablemente.

A continuación, se puede observar el conjunto definido para realizar el ensayo, con las piezas que componen las bases del soporte en color azul claro, y el chasis en gris.

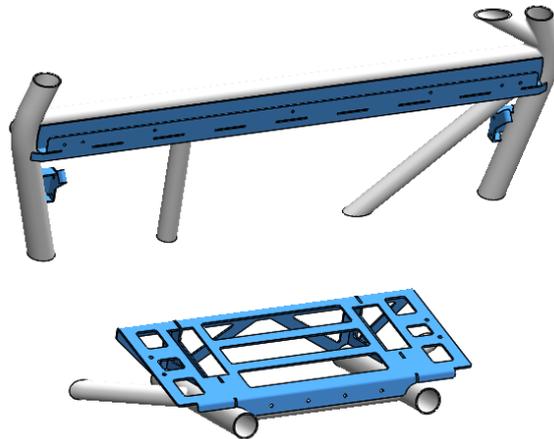


Ilustración 74 - Conjunto simulación resistencia soportes batería

Para comprobar la resistencia de las piezas diseñadas en este caso, se van a analizar las siguientes solicitaciones combinadamente:

- Al igual que con el resto de soportes ensayados, el efecto introducido por una aceleración de 3 G's sobre el elemento sostenido, en este caso la batería. Sobre la base de apoyo inferior.
- Las cargas introducidas por el mecanismo de cierre rápido sobre los anclajes dispuestos.
- Las reacciones de la batería sobre las bases de apoyo superior e inferior, derivadas de las cargas introducidas por el mecanismo de cierre rápido.

Con este ensayo se pretende hallar el trazado de la distribución de tensiones, para ver el efecto de las cargas sobre el chasis, el factor de seguridad disponible respecto al límite elástico del material de las piezas, y los desplazamientos que pueden aparecer. En función de los resultados se determinará la validez de las piezas.

Para reducir aún más si cabe la potencia de cálculo necesaria en la resolución de este conjunto de elementos, se aprovechará que se dispone de dos partes separadas para realizar dos cálculos paralelamente.

A continuación, se expone el proceso seguido para realizar este análisis.

1.13.3.1. Definición de conexiones y contactos entre componentes

Para realizar este análisis, se han dispuesto contactos del tipo “contacto rígido” entre todas las piezas que constructivamente han de ser soldadas al chasis para su unión.

En la siguiente ilustración se puede observar el trazado de contacto rígido entre componentes mencionado:

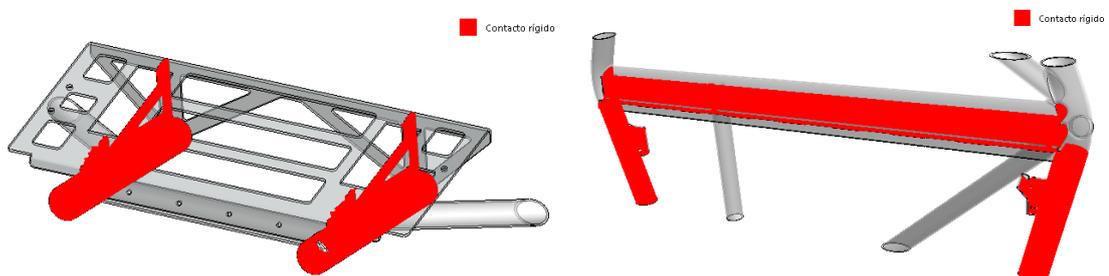


Ilustración 75 - Contactos y conectores para el ensayo del soporte del controlador

En la vista izquierda de la ilustración anterior se puede observar el contacto rígido de los componentes que forman la base, y en la vista de la derecha, el contacto rígido de los componentes que forman el apoyo superior.

1.13.3.2. Asignación de sujeciones.

Las sujeciones dispuestas en este estudio de elementos finitos se han asignado del tipo “geometría fija” a los extremos por donde se han recortado las porciones del chasis simplificado que se va a estudiar junto con las bases de apoyo de la batería y los anclajes.

Se pueden observar en la siguiente ilustración:

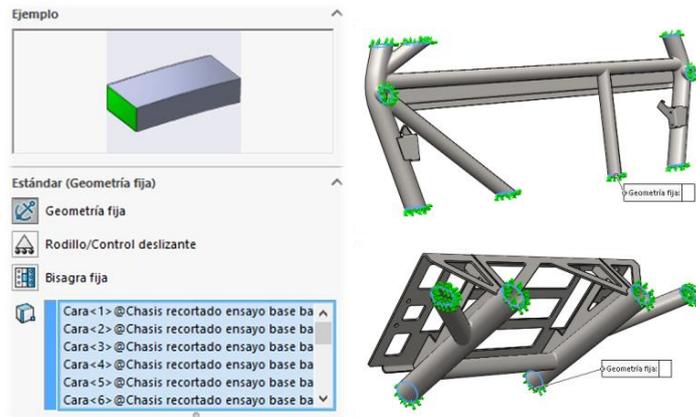


Ilustración 76 – Sujeciones para ensayo de base apoyo y anclaje batería

1.13.3.3. Asignación de cargas requeridas para el cálculo.

A continuación, se definen las cargas indicadas en la explicación de los criterios de este estudio:

- Efecto introducido por una aceleración de 3 G’s sobre el elemento sostenido, en este caso la batería. Sobre la base de apoyo inferior y en dirección normal al plano del suelo.

$$F_{VB} = 65Kg \cdot 3 \cdot 9,8 \left(\frac{m}{s^2}\right) = 1911N$$

- La carga introducida por el mecanismo de cierre rápido sobre cada anclaje dispuesto se define a partir de la carga máxima de trabajo del modelo incorporado en el acumulador, en este caso el TLA.Z-23/1405+R. De este modo es posible asegurar la resistencia de los anclajes dispuestos.

Descripción	b ₂	L	B	H	Máxima carga de trabajo [N]	Carga de rotura [N]	
TLA.Z-16.4/102+R	16.4	102	23	11	550	1200	31
TLA.Z-23/140.5+R	23	140.5	34	12.5	1500	3000	78

Ilustración 77 - Máxima carga de trabajo cierre rápido TLA.Z 23

Tal y como se observa en la ilustración anterior, la carga máxima de trabajo de cada cierre es de 1500N. Por tanto, este será el valor que se tomará para el ensayo del anclaje.

- Las reacciones normales a los planos de contacto de la batería sobre las bases de apoyo superior e inferior, derivadas de la fuerza de anclaje introducida por el mecanismo de cierre rápido, el cual se tensa a partir de que la batería entra en contacto con los apoyos. Para calcular estas cargas se hallarán las proyecciones de la fuerza ejercida por los cierres rápidos, conociendo que la disposición de los mismos es a 45° respecto al plano vertical de la batería. Con esto se calcula:

$$R_V = 1500N \cdot 2 \cdot \text{sen}(45^\circ) = 2100N$$

$$R_H = 1500N \cdot 2 \cdot \text{cos}(45^\circ) = 2100N$$

Estas cargas definidas, se incorporan en el conjunto con dos métodos distintos. Para el caso de las cargas en los anclajes de los cierres rápidos se asignará como una fuerza puntual sobre la cara de contacto interna de la pestaña de anclaje. Para el caso de las cargas derivadas del peso y de las reacciones de los anclajes, se asignarán mediante la configuración de Carga/Masa remota de conexión rígida, que simula una carga aplicada por un elemento cuya superficie de contacto es completamente rígida, homológamente a las caras de contacto de la batería con los apoyos. Para definir este tipo de cargas se emplean sistemas de coordenadas particulares a partir de los cuales se orienta la dirección de la carga.

En este caso se requieren dos sistemas de coordenadas, cuyas características se describen a continuación:

- Sistema de coordenadas vertical: dispone el eje vertical normal al plano del suelo global, o lo que es lo mismo al plano de planta del chasis. Con origen en el centro de masas aproximado de la batería.
- Sistema de coordenadas inclinado: dispone el eje vertical normal al plano de base de la batería. Con origen en el punto de acción del cierre rápido.

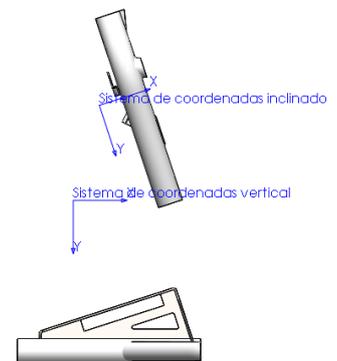


Ilustración 78 - Sistemas de coordenadas ensayo soportes batería

El primero se empleará en la asignación de la carga derivada del peso de la batería y el segundo en la asignación de la carga de reacción en los apoyos derivada de los cierres rápidos.

A continuación, se pueden observar las cargas remotas aplicadas respecto a los sistemas de coordenadas mencionados.

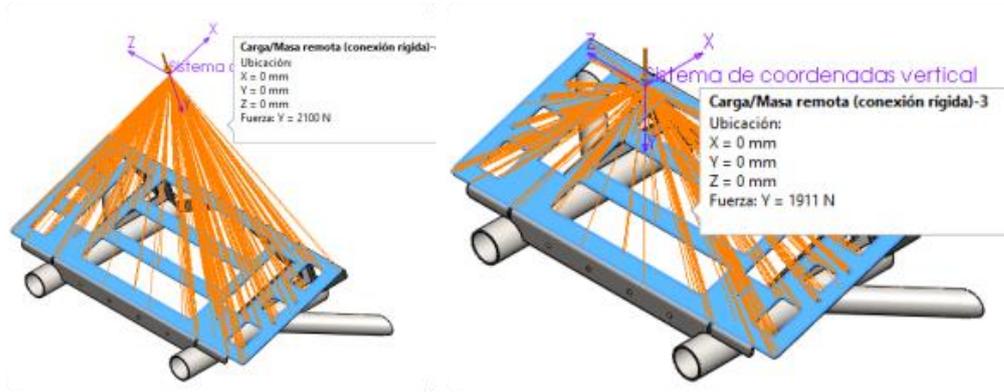


Ilustración 79 - Asignación cargas en base inferior apoyo batería

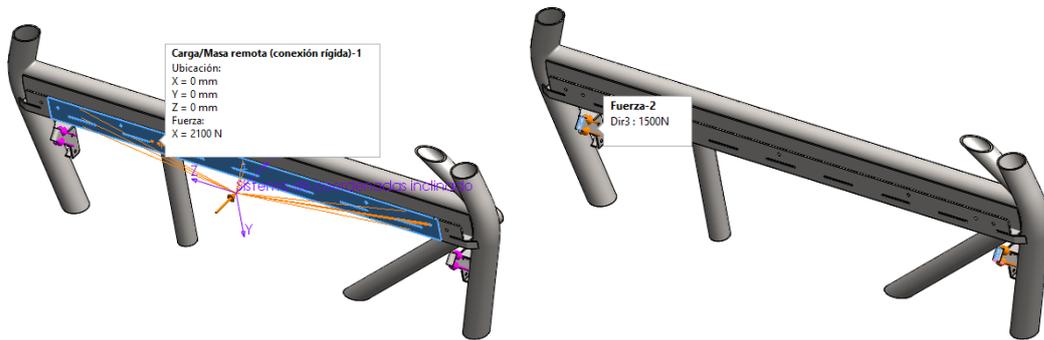


Ilustración 80 - Asignación cargas apoyo y anclajes superiores batería

1.13.3.4. Mallado.

Las características de los mallados definidos para las dos partes de ensayo, buscando la mejor relación entre la precisión de resultados y tiempo de cálculo, se describen a continuación:

- Mallado de la base inferior de apoyo de la batería: En este caso se ha optado por aplicar una malla basada en curvatura con la siguiente configuración y resultado:

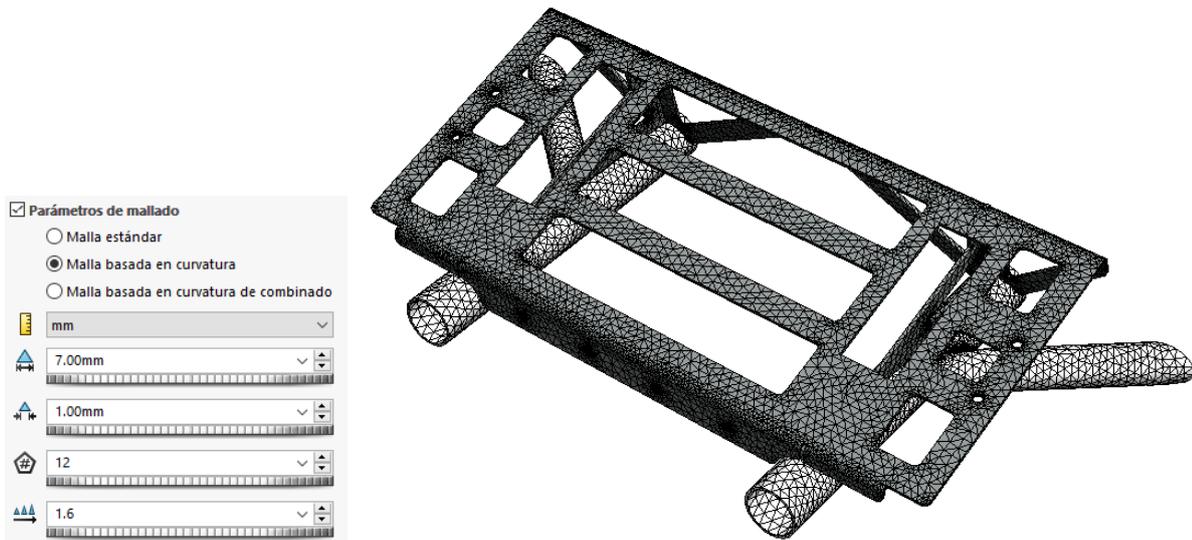


Ilustración 81 - Mallado base inferior apoyo batería

- **Mallado apoyo superior y anclajes batería:** En este caso se ha optado por aplicar una malla general basada en curvatura con la configuración mostrada en la siguiente ilustración, y con un control de mallado puntual en los anclajes de los cierres rápidos para obtener una mayor precisión en esas piezas.

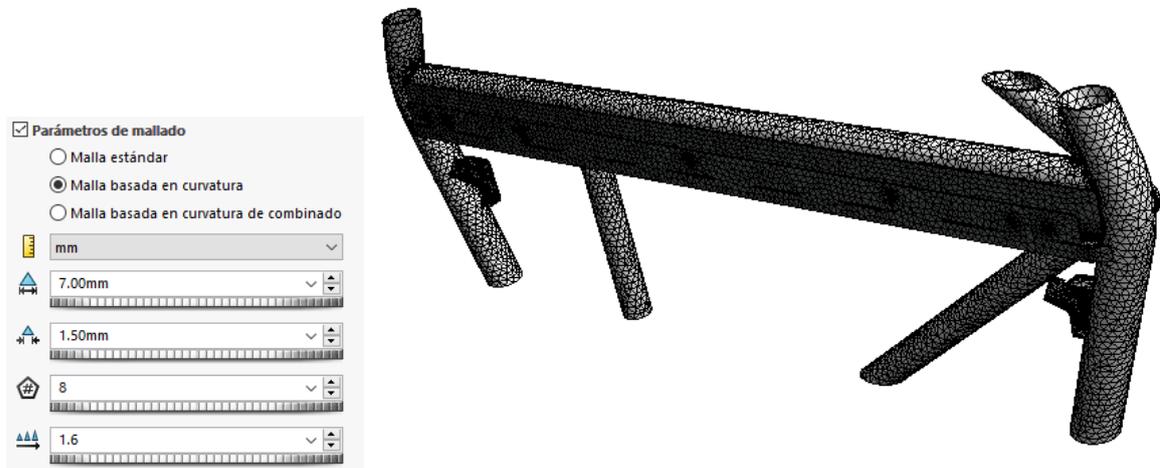


Ilustración 82 - Mallado apoyo superior batería

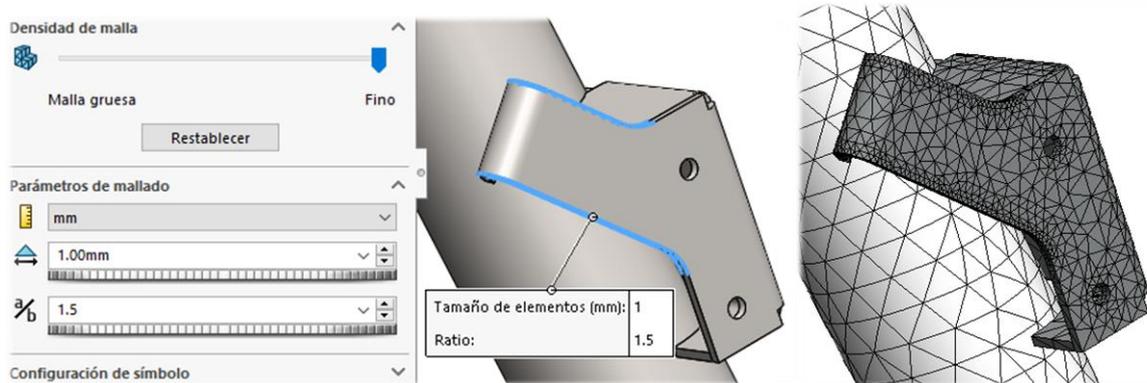


Ilustración 83 - Refinamiento mallado anclajes batería cierres rápidos

1.13.3.5. Asignación de materiales

Para obtener las deformaciones resultantes y el factor de seguridad mínimo del conjunto, el software realiza una comparación del valor de la tensión de VonMises calculado en el ensayo con el límite elástico del material de cada pieza, para ello es necesario asignar el material correspondiente a cada pieza de las que forman el conjunto.

Para el caso se asignarán los siguientes materiales según el tipo de conformado de cada pieza:

- Acero [1.0044 (S275JR)] para las piezas fabricadas a partir de chapa metálica, mediante corte láser y plegado.
- Acero [1.0570 (S355J2G3)] para el chasis simplificado, pues al tratarse de elementos tubulares estructurales, se presupone que se habrá fabricado con este material que suele ser bastante habitual en elementos estructurales.

Material	Módulo elástico	Coef. de Poisson	Densidad	Límite elástico
Acero 1.0044 (S275JR)	210 GPa	0,28	7.860 kg/m ³	275 MPa
Acero 1.0570 (S355JR)	210 GPa	0,28	7.860 kg/m ³	355 MPa



Ilustración 84 - Asignación de materiales ensayo soportes batería

1.13.3.6. Resultado del ensayo.

Tras ejecutar el ensayo de carga estática al conjunto de apoyos y anclajes de la batería, sometidos a las cargas introducidas, se obtienen los siguientes resultados:

- Trazados de tensiones

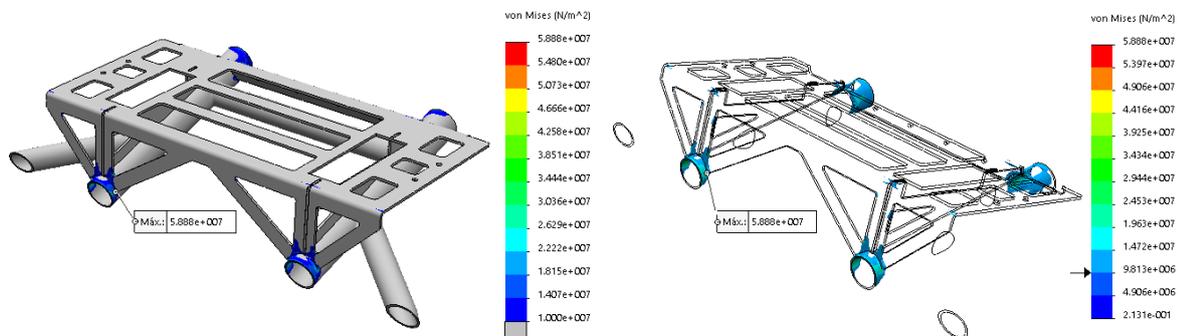


Ilustración 85 - Trazado tensiones base inferior apoyo batería

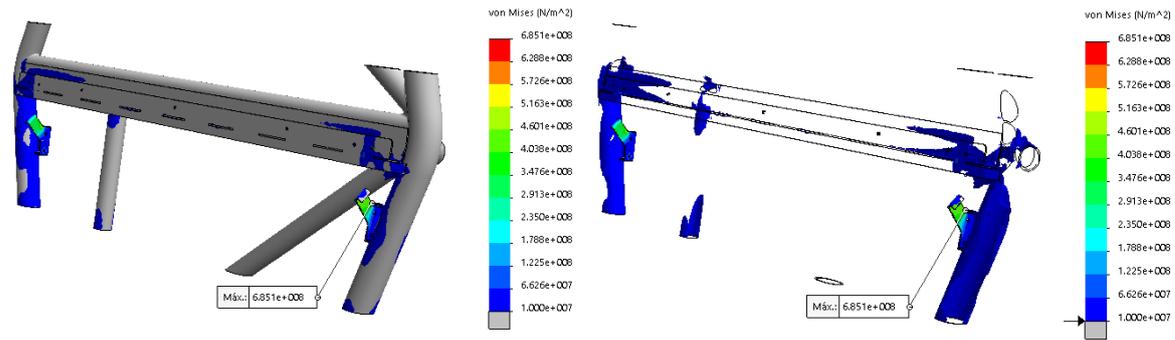


Ilustración 86 - Trazado tensiones apoyo superior batería

Para apreciar la magnitud de las tensiones existentes en la estructura de la base inferior y el apoyo superior, así como la zona circundante del chasis sobre la que deben ir soldadas, se han configurado los resultados gráficos del análisis para que únicamente se coloreen las áreas de la estructura con valor de tensión superior a 10MPa, y posteriormente para apreciar la distribución en las caras no visibles se han tratado los resultados con el sistema de filtrado por medio de iso-superficies para que únicamente se muestren las zonas con valores de tensión superiores a 10MPa. De este modo se puede observar la magnitud y el alcance de la distribución de tensiones en la estructura más fácilmente, puesto que la mayor parte de la estructura ha resultado en un trazado de tensiones muy inferior al valor de 10 MPa que se considera despreciable.

Tras este tratamiento de los resultados gráficos, se puede apreciar que la máxima tensión que se tiene en la base de apoyo inferior de la batería es de 58,7 MPa, la cual aparece en un concentrador de tensiones y además es muy inferior al límite elástico del material. Por otra parte, en la base de apoyo y anclaje superior, se tiene una tensión promedio muy baja salvo en los anclajes de los cierres rápidos, donde aparece una tensión concentrada muy elevada, del orden de 685MPa, muy superior a la del acero. Por tanto, este resultado habrá que analizarlo para ver a qué se debe, así como valorar el posible daño en el material.

En cuanto a la estructura del chasis, circundante a los apoyos, se puede observar que presenta un bajo estado tensional, por lo que podría aguantar cargas muy superiores a las introducidas en el cálculo sin sufrir daños, por tanto, se descarta la necesidad de tener que reforzarla.

- Trazado de desplazamientos:

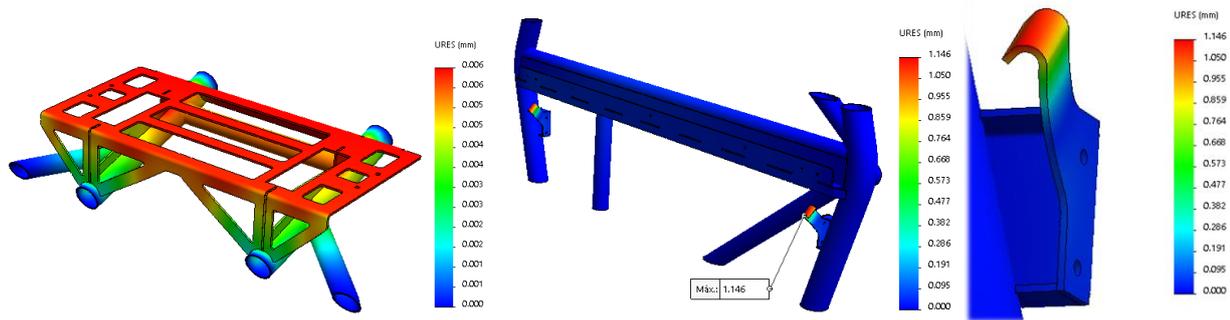


Ilustración 87 - Trazado de desplazamientos bases apoyo y anclajes batería

Tal y como se observa en las capturas realizadas al trazado de deformaciones recogidas en la ilustración anterior, resultante de las cargas introducidas en el estudio estático, el máximo valor de desplazamiento tiene un valor de 1,46mm y se da en los anclajes superiores para los cierres rápidos, en el sentido de la fuerza y hacia el interior del chasis.

La localización de este desplazamiento coincide con la localización de la mayor tensión hallada en el trazado de tensiones resultantes. Este resultado no se puede aceptar, porque el cometido de esta pieza es el anclaje y sujeción de la batería que no sería realizada adecuadamente en caso de aparecer grandes desplazamientos, derivando en un riesgo de fallo en su función que no debe darse en ningún caso.

- Trazado de factor de seguridad:

Se ha observado que nivel global en el conjunto, salvo en los anclajes de los cierres rápidos, las tensiones no superan el valor de 60MPa en ningún punto del conjunto. Por tanto, se estudiará detalladamente el trazado del factor de seguridad de estas piezas para valorar como solucionar este efecto negativo.

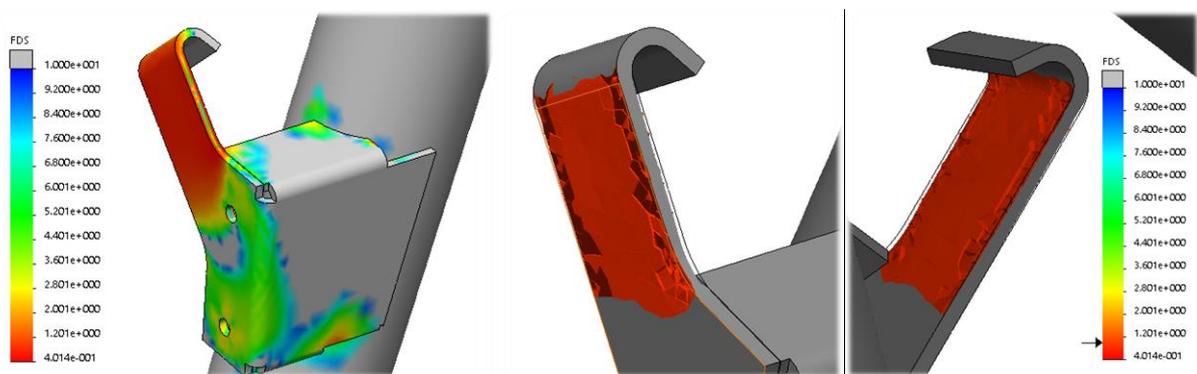


Ilustración 88 - Trazado factor de seguridad en anclaje de cierre rápido batería

En la ilustración anterior se pueden observar tres capturas de la distribución del factor de seguridad en el anclaje del cierre rápido para fijar la batería al chasis.

En la vista de la izquierda se puede ver el trazado completo, con los tramos coloreados para valores de factor de seguridad menores que 10.

En las dos vistas restantes, se pueden ver las zonas con factor de seguridad menor a 1, halladas mediante el muestreo en detalle realizado con un filtrado por valor del factor de seguridad, con la herramienta “iso-superficies”.

Como se puede ver, la distribución del factor de seguridad menor que uno se tiene principalmente en las superficies exteriores del anclaje, hallado comparando la tensión de Von Mises calculada por el software con el límite elástico del material. Prestando atención a la leyenda contigua, se puede ver que el mínimo valor del factor de seguridad que se llega a tener en el conjunto equivale a 0.4, inferior a 1, lo cual representa que en dicha zona la pieza estaría sufriendo tensiones muy superiores al límite elástico del material y por la tensión alcanzada seguramente estarían apareciendo signos de rotura como grietas y deformación plástica.

Con esta información, y observando el modo de deformación visto en el trazado de desplazamientos, se determina que la pieza está fallando debido a un comportamiento combinado de flexión-extensión. Concretamente la flexión se está dando en el eje débil de la sección. Por lo que será necesario tomar alguna medida al respecto para corregir este efecto y evitar que la pieza falle.

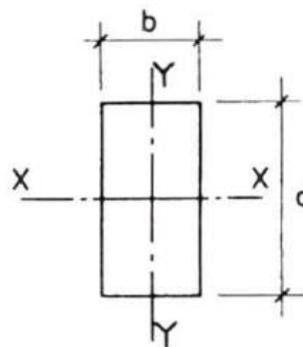


Ilustración 89 - Ejes sección rectangular (Y-Débil) (X-Fuerte)

1.13.3.7. *Diseño del refuerzo de puntos débiles, comprobación y resultado.*

Tras observar el modo de fallo del anclaje de los cierres rápidos de fijación de la batería, se determina que el fallo viene derivado en parte por una sección deficiente en el perfil donde se aplican las cargas de anclaje, puesto que la aplicación de la carga está a cierta distancia de la línea neutra de la sección que la sostiene, y con ello se genera un momento de torsión sobre la base de la pieza que desencadena esta flexión.

Para solucionar este efecto negativo, se considera que la mejor opción es el aumento del área de la sección para reducir la tensión en el material, como cociente de la fuerza entre la sección, y paralelamente aumentar la inercia de la sección para reforzarla frente a las cargas flectoras.

Con esto se plantean dos posibles opciones:

- Aumentar el espesor de la pieza. [1]
- Reforzar localmente la zona solicitada mediante la adición de una pieza de canto que aumente la sección y la inercia. [2]

De estas opciones, se recogen los puntos a favor y en contra que supondrían:

Opción	A favor	En contra
[1]	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere menos operaciones de conformado 	<ul style="list-style-type: none"> • La mejora de inercia en la sección que se puede conseguir es menor que con el refuerzo local • La operación de plegado se complica debido al tamaño reducido de la pieza. • El aumento de peso es global, y con ello el precio de la pieza. • Requiere distintos re-ajustes del modelo para hacerla compatible con el actual.
[2]	<ul style="list-style-type: none"> • Es una solución más simple • Permite aumentar la inercia de la sección en las zonas puntuales donde se requiere sin afectar toda la pieza • Aumento de peso menor y con ello menor coste de modificación • Únicamente se necesita diseñar una pieza adaptada a las necesidades sin alterar el diseño actual. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere más operaciones de conformado

Tras esta evaluación de los pros y contras de cada opción, se decide emplear la opción 2, de reforzar localmente la zona solicitada para así obtener un mejor resultado. A continuación, se muestra el resultado del refuerzo:

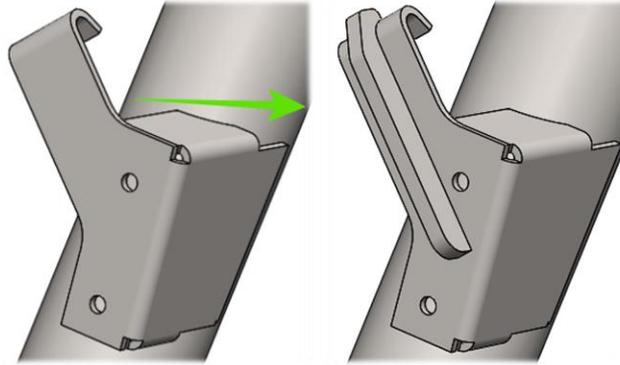


Ilustración 90 - Diseño del refuerzo local en anclaje

Tal y como se puede observar, se ha dispuesto un nervio de canto como refuerzo de la sección, el cual está fabricado con el mismo material que el anclaje de base, pero con un espesor de 4mm, de paso este nervio al ser cortado por láser, se adapta para que envuelva el pliegue del anclaje para dotarlo de una mayor resistencia.

Con este diseño realizado, se realiza un nuevo cálculo de elementos finitos, con la misma configuración que la aplicada para los ensayos precedentes, de este modo se podrá comprobar la mejoría conseguida y de este modo validar o no el resultado obtenido.

Para la validación, bastará con evaluar el trazado del factor de seguridad de desplazamientos resultantes, y con ello asegurar el buen comportamiento mecánico ante las sollicitaciones requeridas. En la siguiente ilustración se muestra el resultado:

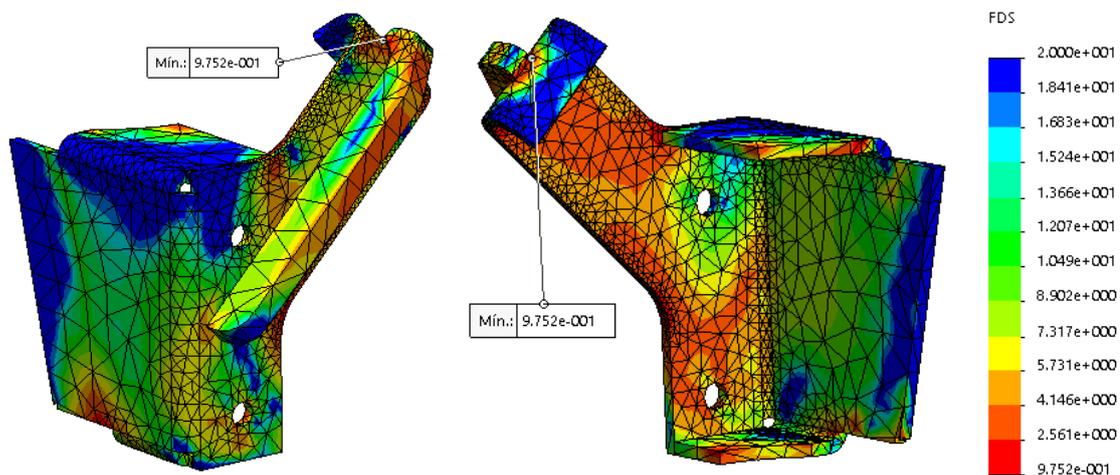


Ilustración 91 - Trazado factor de seguridad refuerzo anclaje cierre rápido batería

En la ilustración anterior, se puede observar la malla refinada en las aristas empleada para la discretización de los elementos de cálculo y el nuevo factor de seguridad resultante, tras añadir el refuerzo al anclaje. Tal y como se puede observar la mejora en el factor de seguridad ha sido sustancial, puesto que las tensiones máximas han pasado de localizarse a lo largo de la sección a un punto que parece ser un concentrador de tensiones sin una relevancia importante en el conjunto global.

A continuación, para observar más en detalle las zonas críticas con mayor incidencia tensiones, se realiza un filtrado para que se muestre únicamente las áreas donde el factor de seguridad es menor que 2,5 y, por separado, donde es menor que 1, respectivamente, empleando la herramienta “iso-superficies”. Este detalle se muestra en la siguiente ilustración:

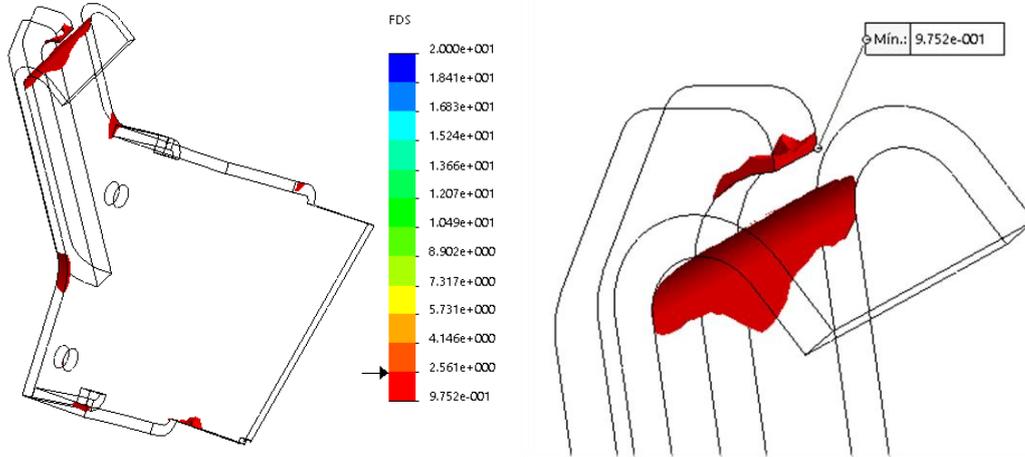


Ilustración 92 – Detalle factor de seguridad <2,5 anclaje batería

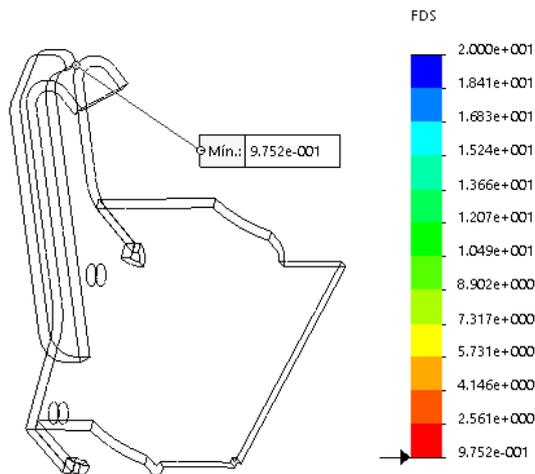


Ilustración 93 - Detalle factor de seguridad <1 anclaje batería

Tal y como se aprecia, en este caso, se ha podido conseguir que el factor de seguridad por debajo de 2,5 únicamente aparezca por la presión ejercida por la fuerza sobre la superficie, y ligeramente sobre los puntos de concentración de tensiones, además, visualizando si existe algún área afectada con factores de seguridad menores que 1, únicamente aparece el vértice de concentración de tensiones, con un valor de 0,975 el cual es despreciable.

En cuanto a los desplazamientos, se observa que la máxima deformación de la pieza con el refuerzo aplicado es de 0,12mm en el extremo del anclaje, lo que representa que se ha reducido un 950% este efecto respecto a la deformación de 1,14mm que se tenía en el primer caso. A continuación, se puede observar este trazado en la ilustración:

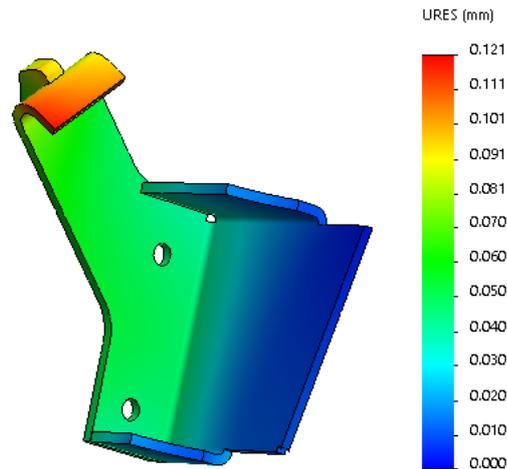


Ilustración 94 - Trazado de desplazamientos en anclaje superior de batería

1.13.4. Conclusiones y resultado del diseño.

En este caso, tras la realización de las tareas de diseño, cálculos y rediseño para reforzar piezas con capacidades mecánicas deficientes, se valida y justifica la aptitud para albergar, sostener y anclar la batería en su posición.

Además a modo de garantizar el servicio de los componentes diseñados en conjunto con el chasis existente, se observa que las tensiones resultantes en las bases de apoyo de la batería son sumamente inferiores al límite elástico del material con las que se van a fabricar, por tanto se asegura que frente a perturbaciones de carga mayores a las contempladas en este cálculo, como podría ser frente a una colisión o golpe fortuito, la estructura sería capaz de resistir las cargas que puedan aparecer, varias veces por encima de las consideradas actualmente.

Por otro lado, reparando en la fuerza de sujeción que pueden ejercer los cierres superiores de la batería (3000N), se asegura la firmeza de la batería en su posición, ya que esta fuerza equivale a la masa de la batería sometida a una aceleración de 4,7 veces la de la gravedad, muy superior a la que se puede tener en aceleraciones del vehículo y pasos por curva, contando además que se dispone de 4 tornillos sujetando la batería desde la base para que no deslice ni se levante.

Con todo esto, se puede afirmar con garantías de que la batería va a estar apoyada y sujeta firmemente en la estructura bajo cualquier circunstancia.



1.14. Diseño de los utillajes necesarios para la soldadura de los conjuntos.

Tras el diseño y la comprobación de todos los elementos mecánicos requeridos para el montaje y la fijación de los componentes que forman el sistema eléctrico, es interesante estudiar y algún sistema que garantice un resultado adecuado en la fabricación.

Puesto que en el proceso de fabricación de las piezas sueltas la responsabilidad del cumplimiento de las especificaciones recae íntegramente sobre las habilidades y el conocimiento de la técnica del fabricante al que se le encomienden. En cambio, para realizar las operaciones de soldeo sí que es posible preparar una serie de útiles diseñados estratégicamente para asegurar la ubicación de las piezas antes de soldarlas. Por este motivo se preparan una serie de útiles para facilitar la ubicación o posicionado relativo de los elementos soldados entre sí.

A continuación, se exponen los distintos útiles planteados para cada caso de soldadura.

1.14.1. Utillajes soldadura soporte motor:

Para realizar adecuadamente la soldadura del soporte del motor, se diseña una plantilla plana con tres taladros para posicionar tres bulones cilíndricos que servirán de guía para los casquillos de montaje de los silentblocks del motor, a modo que queden perpendiculares a la brida base del soporte del motor.

Los mismos casquillos disponen de una valona dispuesta para apoyar con el soporte del motor, para asegurar el posicionado axial sobre la brida.

A parte se disponen de unos casquillos cilíndricos adicionales para posicionar los casquillos que quedan distanciados de la plantilla plana a la distancia pertinente y unas arandelas de chapa para fijar el paquete de casquillos con el bulón y afianzar la posición frente a las dilataciones y contracciones térmicas que ejerce la soldadura. Para el montaje se requerirán 6 tornillos DIN 933 M8 de paso normal con 15mm de rosca y arandelas M8 DIN 125.

A continuación, se pueden observar los elementos descritos en la ilustración adjunta:

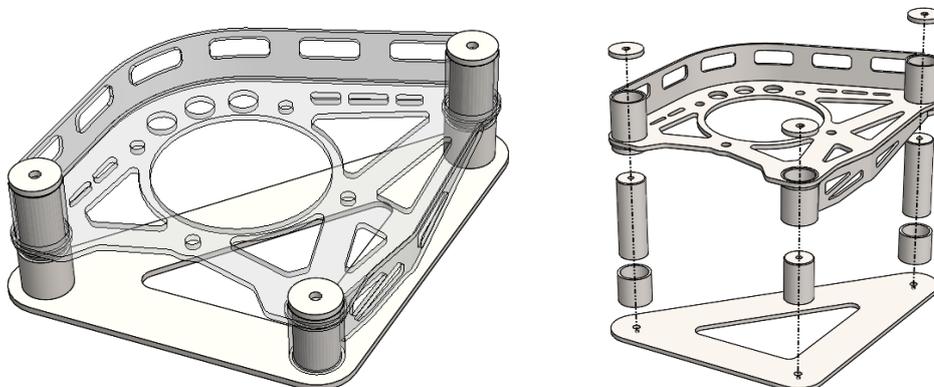


Ilustración 95 - Utillajes soldadura soporte motor

1.14.2. Utillajes soldadura anclajes soporte motor a chasis.

En este proceso se requiere posicionar los anclajes del soporte motor en la posición requerida para alinear el piñón de salida del eje del motor con la corona del grupo de transmisión del eje trasero.

Para ello los útiles empleados son los siguientes:

- Barra cuadrada calibrada de 20x20 con taladros para atornillarla a la brida del soporte del motor, y fijarla mediante mordazas o sargentos al plano interior de la corona del grupo de transmisión del eje trasero.
- Casquillos cilíndricos para mantener la posición relativa entre los anclajes tras puntearlos empleando el soporte del motor.

En la siguiente ilustración se pueden observar los útiles mencionados resaltados en color azul:

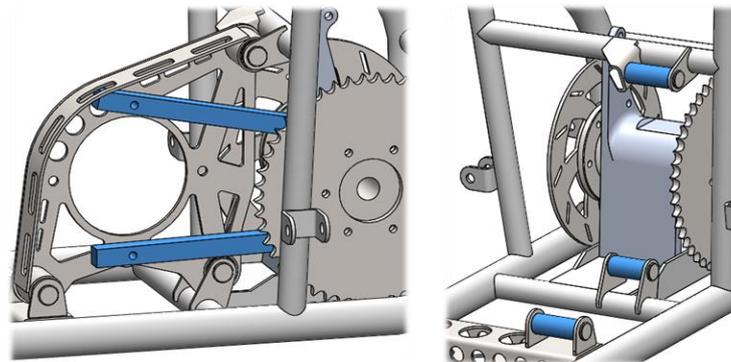


Ilustración 96 - Útiles soldadura anclajes soporte motor

El procedimiento pensado para realizar la soldadura de estos anclajes consistiría en:

- Montar los anclajes sobre el soporte del motor con los silentblocks, empleando los bulones diseñados y tornillos de M10 de paso normal DIN 933 y arandelas DIN 125.
- Posicionar el soporte del motor a la distancia pertinente respecto al plano interior de la corona con los útiles de barra cuadrada calibrada, empleando de M10 de paso normal DIN 933.
- Encajar los anclajes en los tubos del chasis y el tubo de apoyo auxiliar.
- Puntear con soldadura mínimamente los anclajes en su posición para no dañar el polímero de los silentblocks por exceso de temperatura.
- Retirar el soporte del motor.
- Incorporar los casquillos metálicos para mantener la distancia entre planos interiores de los anclajes del motor empleando los bulones diseñados y tornillos de M10 de paso normal DIN 933 y arandelas DIN 125.
- Soldar fuerte todos los anclajes.

Con esto se conseguiría soldar en la posición adecuada los anclajes asegurando un buen engrane de la cadena entre el piñón y la corona.



1.14.3. Utillajes soldadura soporte controlador.

La dificultad que se presenta en este caso es la ubicación relativa de los anclajes de los soportes intermedios del controlador entre sí.

Para ello se prepara una chapa metálica recortada con cuatro taladros pasantes para montar sobre ella los anclajes fijos al chasis, y de este modo asegurar la posición relativa entre los mismos, aunque su ubicación se desvíe ligeramente de lo previsto. Para su montaje será necesario emplear tornillos DIN 933 M8 de paso normal con 15mm de rosca y tuerca de mismo paso DIN 934.

En la siguiente ilustración se puede apreciar la pieza indicada resaltada en color azul:

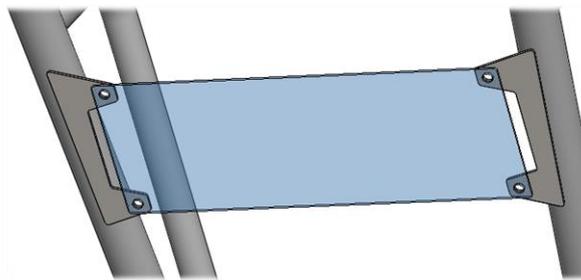


Ilustración 97 - Útil de soldadura para los anclajes al chasis de los soportes del controlador

1.14.4. Utillajes soldadura bases apoyo batería y anclajes.

La dificultad que se presenta en este caso para soldar las piezas en su posición, es la ubicación relativa de la base de apoyo superior y los anclajes de los cierres rápidos de la batería, respecto a la base de apoyo inferior.

Para simplificar esta tarea, se plantean los siguientes útiles para la correcta ubicación relativa de las piezas mencionadas:

- Útil de posicionado del apoyo superior respecto al inferior:

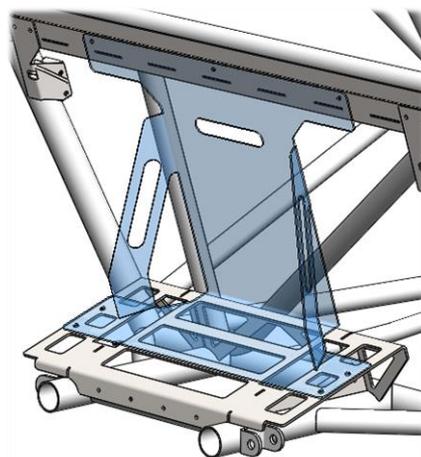


Ilustración 98 - Útil posicionado apoyo superior batería

- Útil de posicionado de los anclajes respecto al apoyo superior:

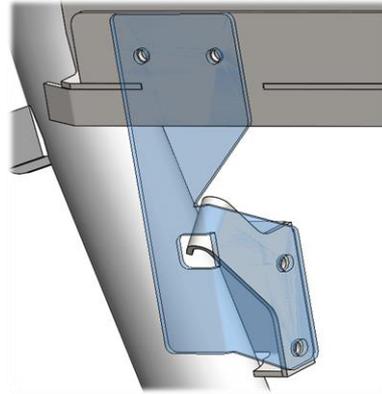


Ilustración 99 - Útil posicionado anclaje superior batería

Para poder montar estos útiles en las piezas mencionadas, se han preparado las piezas con taladros roscados, en el caso de la base de apoyo inferior se emplean los mismos taladros pasantes empleados para fijar la batería, por su montaje se necesitará disponer de tornillería DIN 933 M6 con 15mm de rosca, M5 con 10mm de rosca y tuercas DIN934 M6, todo de paso normal.

El procedimiento pensado para realizar la soldadura de estos anclajes consistiría en:

- Puntear entre sí las piezas de la guía superior de apoyo de la batería en la posición relativa correspondiente.
- Puntear las piezas que componen la base de apoyo inferior del soporte entre sí en la posición relativa correspondiente empleando los encajes.
- Montar sobre la base de apoyo inferior el útil y sobre el mismo la guía de apoyo superior, en los agujeros dispuestos para ello, empleando la tornillería indicada.
- Introducir el conjunto en el vano trasero del kart-cross y ubicar las piezas a modo que todas entren en contacto con los tubos del chasis.
- Puntear o soldar las piezas en la posición resultante.
- Introducir el útil de posicionado de los anclajes respecto al apoyo superior con el anclaje plegado pre-soldado, sin soldarle el refuerzo.
- Soldar el anclaje en la posición resultante en contacto con el tubo del chasis.
- Desmontar los útiles.
- Soldar el refuerzo del anclaje y las piezas que no se hayan soldado completamente.

Siguiendo este procedimiento, se conseguiría soldar en la posición adecuada los apoyos de la batería y los anclajes asegurando una correcta posición relativa entre los mismos para asegurar la compatibilidad con los sistemas de anclaje dispuestos en la batería.

1.15. Comparativa de capacidades dinámicas del kart-cross resultante.

El objetivo de la comparativa documentada en este apartado es el de conocer la diferencia de masa global y ubicación del centro de gravedad del vehículo con la configuración original de sistema de propulsión con motor térmico de combustión interna, respecto al nuevo sistema de propulsión 100% eléctrico que se le ha adaptado. Para ello se incorporará también la masa de un piloto en la posición de conducción.

Para realizar este apartado se han definido los materiales de todas las piezas modeladas con el valor de densidad pertinente.

Por otra parte, en este punto ya se tienen definidas y ubicadas todos los elementos de mayor masa y envergadura que componen el sistema de propulsión eléctrico, con sus soportes diseñados. A partir de esto, es posible hallar la masa resultante del conjunto y la ubicación del centro de gravedad, empleando la herramienta de cálculo de propiedades físicas del modelo que incorpora el software CAD SolidWorks.

Este resultado hallado se comparará con el homólogo del motor de combustión, el cual se determinará ubicando en el vano trasero del chasis los componentes de mayor envergadura de este sistema de propulsión, que son el motor de combustión interna instalado originalmente y el depósito de combustible. Para la correcta ubicación del motor se hará coincidir el piñón de salida de transmisión con la corona del tren de transmisión del eje trasero, se situará lo más abajo posible sin que sobresalga del plano inferior del chasis y lo más adelantado posible, sin penetrar en el habitáculo del piloto. En cuanto al depósito de combustible se emplaza un modelo 3D homólogo en volumen y morfología en la posición correspondiente sobre el motor.

Con las configuraciones descritas, se pueden hallar unos resultados suficientes para realizar la comparativa, aunque distarán ligeramente del valor que se obtendría con el montaje 100% operativo del vehículo. Pero en este caso no se han incorporado el resto de elementos comunes en ambos montajes, ya que porcentualmente suponen una pequeña parte del peso total del vehículo respecto el conjunto de piezas contempladas cálculo realizado. Y al ser comunes no afectan al resultado objetivo.

Los resultados obtenidos tras estas configuraciones son los siguientes:

- Masa y ubicación del centro de gravedad del kart-cross con sistema de propulsión mediante motor combustión interna.

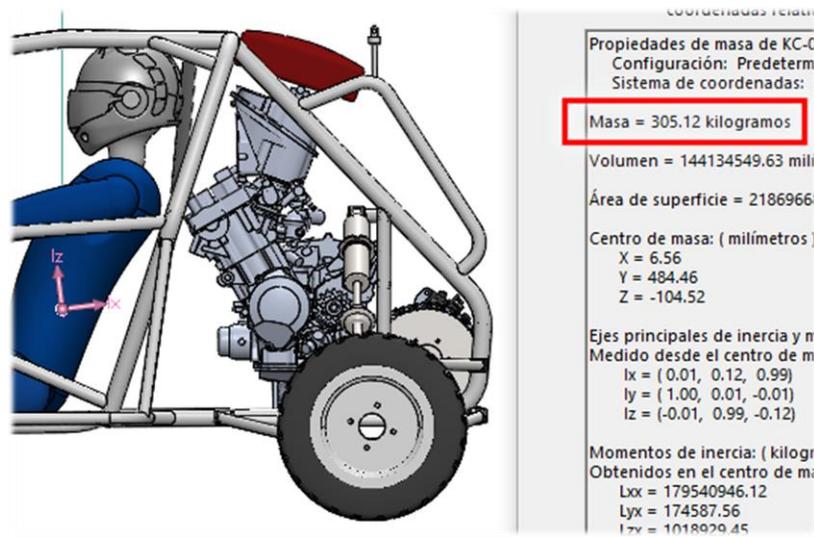


Ilustración 100 - Masa y propiedades físicas del kart-cross de combustión interna.

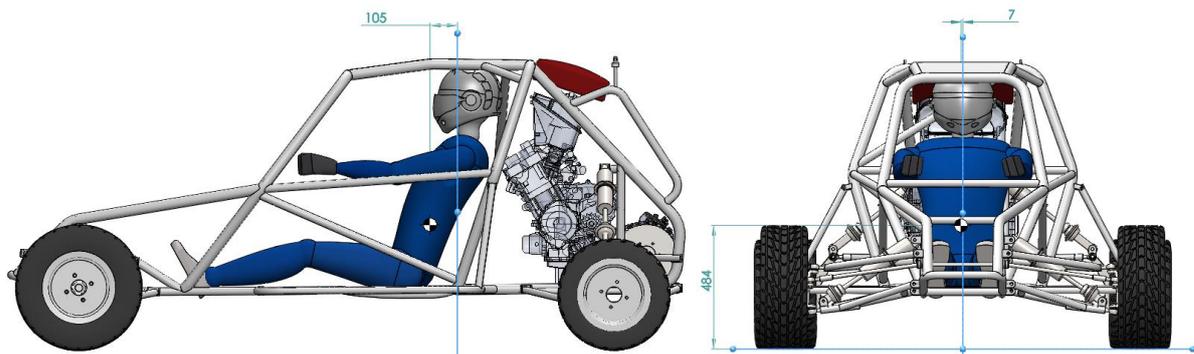


Ilustración 101 - Ubicación del centro de gravedad del kart-cross de combustión interna.

En este caso se observa que el sistema motriz del kart-cross equipado con motor de combustión interna tiene una masa de 305,12 Kg, y que su centro de gravedad queda a una altura respecto el suelo de 484mm, a 105mm en dirección al tren delantero respecto el origen de coordenadas del vehículo, y 7mm desplazado hacia el lateral derecho del vehículo respecto el plano central longitudinal.

- Masa y ubicación del centro de gravedad del kart-cross con sistema de propulsión mediante motor eléctrico.

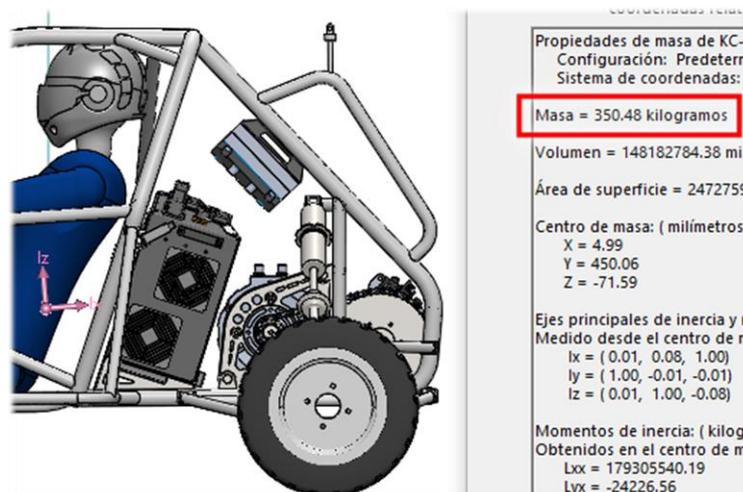


Ilustración 102 - Masa y propiedades físicas del kart-cross de propulsión eléctrica.

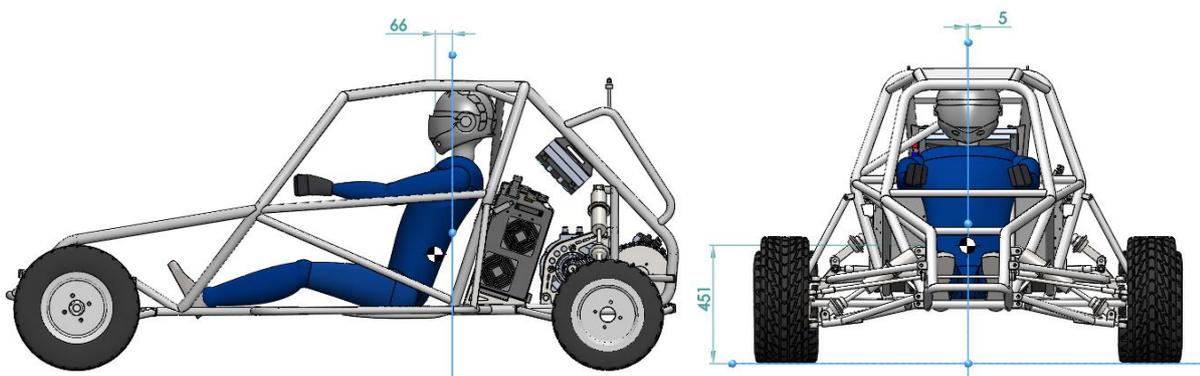


Ilustración 103 - Ubicación del centro de gravedad del kart-cross de propulsión eléctrica.

En este caso se observa que el sistema motriz del kart-cross equipado con el sistema de propulsión eléctrica tiene una masa de 350,48 Kg, y que su centro de gravedad queda a una altura respecto el suelo de 451mm, a 66mm en dirección al tren delantero respecto el origen de coordenadas del vehículo, y 5mm desplazado hacia el lateral derecho del vehículo respecto el plano central longitudinal.

En la siguiente tabla se recogen los resultados evaluados para su comparación:

PARÁMETRO	COMBUSTIÓN INTERNA	PROPULSIÓN ELÉCTRICA	% VARIACIÓN
MASA	305,12 Kg	350,48 Kg	+ 45,36 Kg
POS X CDG	105 mm	66 mm	- 39 mm
POS Y CDG	7 mm	4 mm	- 3 mm
POS Z CDG	484 mm	451 mm	- 33mm

Tabla 4 - Comparativa dinámicas kart-cross original frente 100% eléctrico

En rojo se pueden observar los parámetros en los que se han reducido prestaciones, y en verde en los que se han ganado.

Puesto que el objetivo de este pequeño estudio es evaluar la variación que se va a tener en los parámetros que en cierto modo definen las prestaciones mecánicas que va a tener el vehículo, tras los resultados obtenidos en la comparativa, se puede prever que la nueva configuración del vehículo va a presentar las siguientes variaciones:

- Peso mayor que la configuración inicial, lo que va a derivar en mayores fuerzas de inercia que son perjudiciales en los cambios de sentido y variaciones de velocidad, reduciendo ligeramente la velocidad de respuesta, teniendo en cuenta que la parte de ciclo no varía (chasis, amortiguadores, frenos, llantas, ...).
- Centro de gravedad ligeramente más retrasado en el sentido longitudinal, distanciándose del centro del vehículo entendido como el punto central entre ambos ejes. Esto puede afectar negativamente en curvas cerradas y rápidas, pues la transferencia de masas mayor al tren trasero aumenta la saturación en la capacidad de agarre de los neumáticos traseros al tener que soportar mayores esfuerzos laterales, y puede derivar en pérdidas de tracción y control. Por contrapartida al tener mayor peso en este eje que se trata del propulsor y a su vez quedar entre este eje y el delantero, beneficia al agarre en aceleraciones de parado, sin sacrificar el control del tren trasero por posibles levantamientos y pérdida de agarre.
- Centro de gravedad más centrado respecto al eje longitudinal. Esto beneficia al tener un comportamiento más simétrico del vehículo en apoyos cuando se toman curvas en ambos sentidos, teniendo una conducción más homogénea sin diferencias de comportamiento entre un lado y otro en cuanto a inercias y reacciones del vehículo a altas velocidades.
- Centro de gravedad más bajo que el original. Al disponer todos los componentes pesados en la parte inferior del vehículo, su centro de gravedad ha bajado, lo cual es beneficioso, pues con ello se reduce la tendencia al vuelco del vehículo en pasos por curva donde aparecen aceleraciones centrífugas que generan un par torsor desde el centro de masas respecto al suelo. Gracias a reducir este efecto, el vehículo va a tener menor tendencia a balancearse lateralmente y los neumáticos trabajarán más eficientemente repartiendo el agarre en mayor medida que si la mayor parte del peso cayera sobre los que apoyan en el exterior de la curva. Esto beneficia también en los cambios de sentido, pues al reducirse el balanceo lateral, se disipa menor energía en el sistema de amortiguación y tracción, con lo que al conservar la misma parte de ciclo se gana en rapidez de reacciones respecto a la configuración inicial.

Tras este análisis se puede afirmar que el comportamiento dinámico del vehículo va a ser distinto, pero se observa reduciendo el efecto del peso con unas baterías más ligeras con mayor densidad de carga (pero más caras), es muy factible superar en prestaciones dinámicas al vehículo original de combustión interna. Pues el centro de gravedad del sistema de propulsión eléctrico es mucho más eficiente dinámicamente que el de combustión interna.

2. ANEXOS

2.1. Materiales.

En las tablas que se incluyen en este apartado se muestran los parámetros, propiedades y características principales de los materiales que se han elegido para fabricar los diferentes componentes del chasis.

2.1.1. Acero de construcción al carbono 1.1191 (C45)



Equivalencia entre distintas designaciones

Designación		Otras designaciones								
EN 10083-1:1997		Alemania DIN 17200		Reino Unido BS 970	España UNE 36011		Francia NFA35-552-86	Italia UNI 7846	ISO 683-1:1987	AISI SAE ASTM
Simbólica	Numérica	Simbólica	Numérica		Simbólica	Numérica				
C45E	1.1191	CK 45	1.1191	(D60M46)	C45K	F-1140	XC 45	C45	(C 45 E 4)	1042

La composición química de los aceros entre paréntesis difiere ligeramente de la definida en la norma EN 10083.

Composición química

Análisis sobre colada								
Contenido (%)								
C	Si _{max}	Mn	P _{max}	S _{max}	Cr _{max}	Mo _{max}	Ni _{max}	Cr+Mo+Ni _{max}
0,42 - 0,50	0,40	0,50 - 0,80	0,035	0,035	0,40	0,10	0,40	0,63

Desviaciones admisibles entre el análisis del producto y los valores especificados para el análisis de colada								
Elemento	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni
Desviación admisible	±0,02	±0,03	±0,04	±0,005	±0,005	±0,06	±0,03	±0,05

Características mecánicas

Ensayo de tracción				
Estado de temple y revenido (+QT)				
Diámetro nominal (mm)	Límite elástico	Resistencia a la tracción	Alargamiento	Estricción
	Rp _{0,2} (MPa)	Rm (MPa)	A (%) L _g =5d Diámetro nominal (mm)	Z (%)
d ≤ 16	≥ 490	700 - 850	≥ 14	≥ 35
16 < d ≤ 40	≥ 430	650 - 800	≥ 16	≥ 40
40 < d ≤ 100	≥ 370	630 - 780	≥ 17	≥ 45

Ensayo de flexión por choque ¹⁾		
Estado de temple y revenido (+QT)		
Diámetro nominal (mm)		
d ≤ 16	16 < d ≤ 40	40 < d ≤ 100
Energía absorbida ²⁾ (Julios)		
25	25	25

1) Ensayo de resistencia al impacto sobre probeta longitudinal con entalla Charpy en V a temperatura ambiente.

2) Valor mínimo de tres probetas. Ningún valor individual debe ser inferior al 70% del valor medio mínimo.

Ensayo de tracción			
Estado de normalizado (+N)			
Diámetro nominal (mm)	Límite elástico	Resistencia a la tracción	Alargamiento
	Rp _{0,2} (MPa)	Rm (MPa)	A (%) L _g =5d Diámetro nominal (mm)
d ≤ 16	≥ 340	620	≥ 14
16 < d ≤ 100	≥ 305	580	≥ 16
100 < d ≤ 250	≥ 275	560	≥ 16



2.1.2. Chapa de acero estructural S275JR

DECLARACIÓN DE PRESTACIONES No.QP00011/CPR2013-07-01/V001

- Código de identificación única del producto tipo: 1.0044
- Tipo, lote o número de serie o cualquier otro elemento que permita la identificación del producto de construcción como se establece en el artículo 11, apartado 4:
Chapa S275JR+AR de acuerdo con EN 10025-2:2004
- Uso o usos previstos del producto de construcción, con arreglo a la especificación técnica armonizada aplicable, tal como lo establece el fabricante:
Para ser utilizado como formatos en estructuras metálicas o en componentes metálicos y estructuras de hormigón.
- Nombre, nombre o marca registrados y dirección de contacto del fabricante según lo dispuesto en el artículo 11, apartado 5:
ArcelorMittal Flat Carbon Europe S.A.
19, avenue de la Liberté
L-2930 Luxembourg
Luxembourg
Tel: +34985126942 / +34914364560
Fax: +34915969569
e-mail: termin.lorado@arcelormittal.com / gloria.dolado@arcelormittal.com
- En su caso, nombre y dirección de contacto del representante autorizado cuyo mandato abarca las tareas especificadas en el artículo 12, apartado 2: No aplicable
- Sistema o sistemas de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones del producto de construcción tal como figura en el anexo V:
Sistema 2+
- En caso de declaración de prestaciones relativa a un producto de construcción cubierto por una norma armonizada:
EN 10025-1: 2004

El Organismo Notificado N°. Ver lista ha llevado a cabo:

- La inspección inicial de la fábrica de producción

- La auditoría de su plan de control, así como de su plan de vigilancia continua y emitió el correspondiente certificado de conformidad

Avilés	Bremen	Atlantique	Eisenhüttenstadt	Fos	Galati	Gijón	Kraków	Ostrava	Sestao	Gent
0099	0045	0333	0038	0333	0098	0099	0035	1020	1035	0036

- En caso de declaración de prestaciones relativa a un producto de construcción para el que se ha emitido una evaluación técnica europea: No aplicable
- Prestaciones declaradas

Características esenciales	Prestaciones				Especificación técnica armonizada
	Espesor		EN 10029		
Tolerancias dimensionales y de forma	Planitud en hoja o formato		EN 10029		EN 10025-1: 2004
	Espesor nominal (mm)		Valores		
Límite elástico	>	≤	R _{eH} min (MPa)		
			16	275	
			16	265	
			40	255	
			63	245	
Carga de rotura	Espesor nominal (mm)		Valores		
	>	≤	R _m min (MPa)	max (MPa)	
			100	410 560	
Alargamiento	Espesor nominal (mm)		Valores		
	>	≤	min (%)	Muestras	
			40	21 A 5.65 $\sqrt{S_0}$ (%)	
			40	63 20 A 5.65 $\sqrt{S_0}$ (%)	
Resiliencia	Espesor nominal (mm)		Valores		
	>	≤	KV2Lmin (J)		
			100	27 a 20°C	
Soldabilidad CEV	Espesor nominal (mm)		Valores		
	>	≤	%		
			40	≤ 0.40	
Durabilidad	Espesor nominal (mm)		Valores		
	>	≤	%		
			C : ≤ 0.21 Mn : ≤ 1.50 P : ≤ 0.035 S : ≤ 0.035	Cu : ≤ 0.55 N : ≤ 0.012	
			40		
Durabilidad	Espesor nominal (mm)		Valores		
	>	≤	%		
			C : ≤ 0.22 Mn : ≤ 1.50 P : ≤ 0.035 S : ≤ 0.035	Cu : ≤ 0.55 N : ≤ 0.012	
		40	100		

10. Las prestaciones del producto identificado en los puntos 1 y 2 son conformes con las prestaciones declaradas en el punto 9.

La presente declaración de prestaciones se emite bajo la sola responsabilidad del fabricante identificado en el punto 4.

Firmado por y en nombre del fabricante por:

Jean-Martin Van der Hoeven
Head of Marketing & Sales CMO FCE
Luxembourg, 1 st July 2013

Jean-Claude Caillaud
GM Quality/Service/Development CMO FCE
Luxembourg, 1 st July 2013

2.1.1. Acero estructural S355J2+N



Equivalencia entre distintas designaciones

Designación		Otras designaciones				
EN 10025-2:2004		EN 10025:1990 + A1:1993		EN 10025:1990	ALEMANIA DIN 17100	ASTM (98)
Simbólica	Numérica	Simbólica	Numérica			
S355J2+N	1.0577+N	S355J2G4	1.0577	Fe510D2	(St-52.3N)	A570 Grado50

La composición química y la temperatura del ensayo de resistencia al impacto de la designación entre paréntesis difiere ligeramente de los requerimientos establecidos en la norma EN 10025-2:2004 para la calidad S355J2+N.

Composición química

Análisis sobre colada											
Contenido máximo (%)											
Diámetro nominal de producto (mm)			Diámetro nominal de producto (mm)					Si	Mn	P	S
≤ 16	>16 ≤ 40	>40 ≤ 100	≤ 30	>30 ≤ 40	>40 ≤ 150	>150 ≤ 250	>250 ≤ 400				
C ¹⁾			C _{eq} ²⁾								
0,20	0,20	0,22	0,45	0,47	0,47	0,49	0,49	0,55	1,60	0,025	0,025

1) Para diámetro nominal > 100 mm el contenido de C se establecerá por acuerdo.

2) Se calcula según la fórmula:

$$C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Ni+Cu}{15}$$

Análisis sobre producto						
Contenido máximo (%)						
Diámetro nominal de producto (mm)			Si	Mn	P	S
≤ 16	>16 ≤ 40	>40 ≤ 100				
C ¹⁾						
0,23	0,23	0,24	0,60	1,70	0,035	0,035

1) Para diámetro nominal > 100 mm el contenido de C se establecerá por acuerdo.

Características mecánicas

Ensayo de tracción													
Limite elástico ¹⁾								Resistencia a la tracción ¹⁾					
Diámetro nominal (mm)								Diámetro nominal (mm)					
< 16	>16 ≤ 40	>40 ≤ 63	>63 ≤ 80	>80 ≤ 100	>100 ≤ 150	>150 ≤ 200	>200 ≤ 250	>250 ≤ 400	< 3	≥ 3 ≤ 100	>100 ≤ 150	>150 ≤ 250	>250 ≤ 400
Rp _{0,2} (MPa)								Rm (MPa)					
≥ 355	≥ 345	≥ 335	≥ 325	≥ 315	≥ 295	≥ 285	≥ 275	≥ 265	510 680	470 630	450 600	450 600	450 600
Orientación probeta	Alargamiento ¹⁾												
	L ₀ = 80 mm Diámetro nominal (mm)						L ₀ = 5d Diámetro nominal (mm)						
	≤ 1	>1 ≤ 1,5	>1,5 ≤ 2	>2 ≤ 2,5	>2,5 ≤ 3	≥ 3 ≤ 40	>40 ≤ 63	>63 ≤ 100	>100 ≤ 150	>150 ≤ 250	>250 ≤ 400		
A (%)													
Longitudinal	≥ 14	≥ 15	≥ 16	≥ 17	≥ 18	≥ 22	≥ 21	≥ 20	≥ 18	≥ 17			



2.1.2. Chapa de aluminio 5083.



R. ANDRADE
Desde 1940

FICHA TÉCNICA
Chapa Aluminio 5083
Cortada



www.randrade.com - TLF. 986 600 286

ALUMINIO ALEACIÓN MAGNESIO 5083 (pletinas, tubos, placas, barras, chapas)

Productos

Chapas - Placas - Barras - Tubos - Pletinas

Aplicaciones y usos típicos (pletinas, tubos, placas, barras, chapas)

Aleación con altas características y resistencia a la corrosión en ambiente industrial y agua de mar. El aluminio aleación magnesio 5083 se utiliza en la construcción de superestructuras de barcos, vagones de ferrocarril, recipientes con presión a bajas temperaturas, aplicaciones defensa, torres estructurales de alta resistencia después de soldadas, grúas móviles, carrocerías, camiones volquete, plataformas, cascos de barcos de recreo, vagonetas para minas, componentes de misiles, etc. (pletinas, tubos, placas, barras, chapas)

Moldes industria del calzado.
Moldes de botellas de plástico por soplado.
Moldes de termoconformados.
Moldes industria del caucho.
Moldes y matrices para la industria en general.
Modelos para la fundición.

El aluminio aleación magnesio 5083 es de uso general en la construcción e maquinaria industrial. panificadora, textil-juquetos, automoción, naval, plantillas, etc.

Tratamientos Térmicos (pletinas, tubos, placas, barras, chapas)

Recocido: De 30 min. a 2 horas a 345^o-380^oC

Aptitudes tecnológicas (pletinas, tubos, placas, barras, chapas)

MB: muy buena
B: buena
R: regular
M: mala, evitar

Soldadura (pletinas, tubos, placas, barras, chapas)

- A la llama(MB)
- Al Arco bajo gas argón.....(MB)
- Por resistencia eléctrica.....(MB)
- Braseado(M)

Mecanización (pletinas, tubos, placas, barras, chapas)

-Fragmentación de la viruta. **En estado 0:** (R) **En estado: H116** (R)
-Brillo de superficie.....**En estado 0:** (MB) **En estado: H116** (MB)

Comportamiento Natural (pletinas, tubos, placas, barras, chapas)

-En ambiente rural.....(MB)
-En ambiente industrial.....(MB)
-En ambiente marino.....(MB)
-En agua de mar(MB)

Embutición (pletinas, tubos, placas, barras, chapas)

-Por expansión **En estado:0** (B) **En estado: H116** (R)
-Embutición profunda.....**En estado:0** (B) **En estado: H116** (B)

Anodizado (pletinas, tubos, placas, barras, chapas)

-De protección.....(MB)
-Decorativo(R)
-Anodizado duro(MB)

Repujado (pletinas, tubos, placas, barras, chapas)

-**En estado:0**(R)

Aceros laminados, Calibrados y Especiales, Hierro fundido, Acero inoxidable, Aluminio, Latón, Bronce, Cobre, Plásticos, Estaños aleados Resinas, Espumas, Tornillería, Matricería, Utilaje, Soldadura, Periferia de aluminio y Complementos industriales.



www.randrade.com - TLF. 986 600 286

Composición Química (pletinas, tubos, placas, barras, chapas)

%	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Ti+Zr	Otros	Al
Min.Max	0,40	0,40	0,10	0,40 1,00	4,00 4,90	0,05 0,25	0,25	0,15	0,20	0,15	Resto

Equivalencias Internacionales (pletinas, tubos, placas, barras, chapas)

USA	ESPAÑA	FRANCIA	ALEMANIA	G.B	SUECIA	SUIZA	CANADA	ITALIA
A.A.	U.N.E.	AFNOR	DIN(1712-1725)	B.S.	S.I.S.	VSM	ALCAN	UNI
5083	L-3321 38.340	A-G4,5Mg	AlMg4,5Mn 3.3547	N8	4140	Peraluman 460	D 54s	7790

Propiedades Mecánicas (pletinas, tubos, placas, barras, chapas)

ESTADO	Carga de rotura Rm N/mm2	Límite elástico Rp 0.2 N/mm2	Alargamiento 5,65 V So	Resistencia de la Cizalladura N/mm2	Dureza	
					Brinell(HB)	Vickers
H-III	300	140	18	180	72	76
H-32	330	240	12	190	95	100
H-34	375	285	9	-	110	116

Propiedades Físicas (pletinas, tubos, placas, barras, chapas)

Módulo elástico N/mm2	Peso específico gms/cm3	Temperatura de fusión °C	Coefficiente de dilatac. lineal (20°-100°) 10-6/°C	Conductividad térmica w/m °C	Resistencia eléctrica Micro Ohm cm.	Conduct. eléctrica % IACS	Potencial de disolución V.
71.000	2,70	580-645	24'5	120	6'1	28'3	0'86

Radio De Plegado (pletinas, tubos, placas, barras, chapas)

Estado	Coef	Radio de plegado (m/m)						
		0'4-0'8	0'8-1'6	1'6-3'2	3'2-4'8	4'8-6	6-10	10-12
H-III	K	0'5	1	1	1'25	1'5	2	-
H-116	K	-	2	2'25	3	3	-	-
-	K	-	-	-	-	-	-	-



2.1.3. Caucho NBR nitrilo

FICHA TÉCNICA

NBR

Composición

Caucho Acrilonitrilo Butadieno

Características

El NBR es caucho sintético con excelente resistencia a los fluidos hidráulicos, aceites lubricantes, fluidos de transmisión y otros productos a base de petróleo no polar.

Propiedades	Unidades	Valores
Composición	Acrilonitrilo Butadieno	
Color	Negro	
Peso específico	1,5 ± 0,05	gr/cm ³
Dureza	65 ± 5	SHORE A
Carga de rotura	≥ 3,5	Mpa
Alargamiento a la rotura	≥ 280	%
Resistencia al desgarro	15	N/ mm
Temperatura mínima de servicio	-30	°C
Temperatura máxima de servicio	120	°C
Envejecimiento por aire caliente	72 h x 70°C	
Inc. Dureza	5	SHORE A
Inc. Carga de rotura	-15	%
Inc. Alargamiento	-40	%
Resistencia Química		
Ozono	No recomendada	
Ácidos y Alcalis diluidos	Buena	
Ácidos y Alcalis concentrados	No recomendada	
Hidrocarburos, aceites y grasas	Buena	
Disolventes orgánicos	Moderada	

2.2. Tabla de pasos para la rosca métrica, paso normal y paso fino.

Tabla para la rosca métrica, paso normal (M) y paso fino (MF).

Ir Arriba

TABLA PARA LA ROSCA MÉTRICA, PASO NORMAL (M) Y PASO FINO (MF).					
Medida nominal y paso normal		Diámetro broca agujero*	Medida nominal y paso fino		Diámetro broca agujero*
Denominación	Paso**		Denominación	Paso**	
M2	0,4	2			
M3	0,5	2,5	M3	0,25	2,75
M4	0,7	3,3	M4	0,35	3,65
M5	0,8	4,2	M5	0,5	4,5
M6	1	5	M6	0,5	5,5
M7	1	6	M7	0,75	6,25
M8	1,25	6,8	M8	0,75	7,25
			M8	1	7
M9	1,25	7,8	M9	1	8
M10	1,5	8,5	M10	0,75	9,25
			M10	1	9
			M10	1,25	8,8
M11	1,5	9,5	M11	1	10
			M11	1,25	9,75
M12	1,75	10,20	M12	1	11

3. PLANOS

3.1. Explicación breve sobre el conjunto de planos.

En este apartado se incluyen los planos realizados para describir la geometría, dimensiones e indicaciones necesarias para fabricar las piezas que se han diseñado en este proyecto.

En este conjunto de planos se describen piezas que requieren de los siguientes procesos de conformado: corte, corte láser de chapa, plegado, corte láser de perfil tubular, mecanizado en torno paralelo, mecanizado en taladro de columna y roscado.

Todos los planos contienen las indicaciones necesarias para poder fabricar las piezas adecuadamente, desde la indicación del o de los procesos de conformado, acabado de las piezas, material de la misma, hasta las dimensiones necesarias tanto para la fabricación de las piezas manualmente mediante torno paralelo, como para la comprobación tras el corte láser y plegado de control numérico.

En cada plano se indica el código y nombre de la pieza en el campo nombre pieza, con el siguiente formato: [Código] – [Descripción]. Donde en el campo código se puede diferenciar el tipo y nivel “jerárquico” de la pieza según su destino en el conjunto, según se indica a continuación:

- Código KC-00.00: Es el conjunto montado principal, compuesto por la totalidad de las piezas diseñadas y comerciales.
- Código KC-NN.00: Se trata de un conjunto soldado, compuesto por diversas piezas, las cuales se codifican secuencialmente, pero conservando la indexación del primer campo numérico. Por ejemplo, KC-01.00 es el conjunto formado por las piezas KC-01.01, KC-01.02... etc.
- Código KC-NN: Se trata de una pieza suelta independiente que se monta directamente en el conjunto principal, pudiendo formar parte de algún subconjunto, pero no sería lo habitual.
- Código KC-CE.NN: Se trata de subconjuntos de elementos ensamblados entre sí.
- Código KC-U.NN: Se trata de piezas independientes empleadas como útiles de fabricación, sin ningún tratamiento adicional.
- Código KC-XX.XXA // KC-XX.XXB: Se trata de piezas que son simétricas entre sí.

Todas las hojas de los planos disponen de un campo vacío de cantidad para que el operario disponga de un espacio donde indicar la cantidad si desea imprimirlos en papel y trabajar manualmente poniendo anotaciones de algún tipo. Puesto que las cantidades de cada pieza se indican en el listado de la relación de planos, que debe suministrarse junto con los mismos planos al fabricante al que se encomiende la producción de las piezas.

Todos los planos disponen de acotación y anotaciones según la norma, además, para agilizar la lectura de las indicaciones en las piezas, se ha definido un código de color para cada tipo de elemento que facilita la diferenciación de entidades y evita posibles errores de lectura que se darían habitualmente por el solapamiento de varias líneas del mismo color en planos monocromáticos. Es conocido que la norma habitual acompaña a emplear líneas de distinto grosor para diferenciar los distintos elementos, pero se ha pensado que sería una buena solución diferenciar las anotaciones entre sí mediante colores diferentes en base a una propuesta de normalización de colores en los planos realizada por la UNED que se ha encontrado navegando por internet. [Se puede consultar el enlace en la bibliografía]

La propuesta de color definida para el caso de esta colección de planos ha sido la siguiente:

Notas				_____
Cotas				_____
Globos				_____
Anotaciones				_____
Auxiliares				- - - - -

Tabla 5 - Código de color indicaciones plano

Englobándose dentro de las anotaciones todas las de:

- Posición
- Tolerancia
- Indicaciones de soldadura

Y dentro de las auxiliares:

- líneas de simetría
- centros de taladro
- vistas de detalle y vistas de sección.

En los planos de soldadura en los que se emplean útiles para posicionar las piezas soldadas, estos útiles se diferencian de las que forman el conjunto soldado mediante los globos dispuestos para señalarlos, en los cuales se indica directamente el código y la descripción del útil, a diferencia de las que van soldadas, las cuales van indicadas por globos que hacen referencia a su número asignado en la tabla donde se listan los materiales.



3.2. Conjunto de planos.

A continuación, en la tabla, se presenta un listado ordenado jerárquicamente, con todos los planos que se han realizado en este proyecto, con el código y descripción de la pieza, y el número de unidades de cada pieza que se deben fabricar.

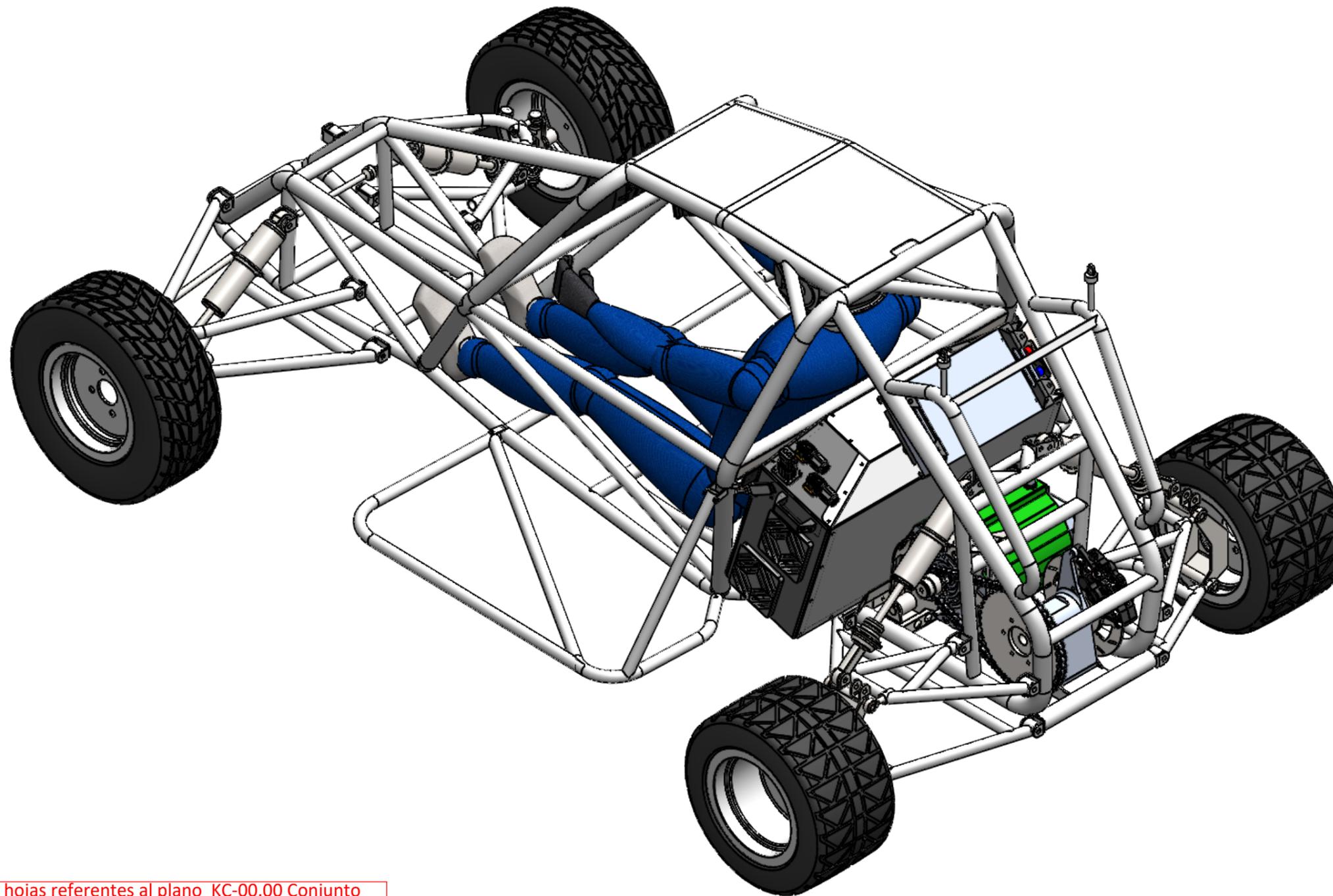
El número de página indicado en el cajetín de los planos únicamente hace referencia al número de hoja de cuantas hojas se hayan empleado para describir las indicaciones necesarias para la fabricación de la pieza. Los planos se disponen en el mismo orden que en el listado, pero sin numeración de página para evitar confusiones.

A continuación, se incluye el listado de la relación de plano, con el proceso de conformado, material y unidades de pieza, ordenados jerárquicamente y por código:

Nombre de pieza	Conformado	Material	Unidades
KC-00.00-Conjunto Kartcross	Montaje		1
KC-01.00-Chasis Kartcross con soportes	Soldadura		1
KC-01.01-Orejeta fijación superior soporte motor	Corte láser + Plegado	1,0044 (S275JR)	1
KC-01.02-Tubular base soporte motor	Corte láser tubo	1,0045 (S355JR)	1
KC-01.03-Orejeta fijación superior soporte motor plana	Corte láser	1,0044 (S275JR)	1
KC-01.04-Orejeta base soporte motor	Corte láser	1,0044 (S275JR)	1
KC-01.05-Orejeta fijación inferior delantera soporte motor	Corte láser	1,0044 (S275JR)	1
KC-01.06-Orejeta anti-giro fijación inferior delantera soporte motor	Corte láser	1,0044 (S275JR)	1
KC-01.07-Orejeta base soporte motor antigiro	Corte láser	1,0044 (S275JR)	1
KC-01.08-Soporte en chasis para controlador	Corte láser	1,0044 (S275JR)	2
KC-01.09-Base batería	Corte láser + Plegado	1,0044 (S275JR)	1
KC-01.10-Soporte base batería-chasis	Corte láser	1,0044 (S275JR)	2
KC-01.11-Guía apoyo batería	Corte láser + Plegado	1,0044 (S275JR)	1
KC-01.12-Canto apoyo batería-chasis	Corte láser + Plegado	1,0044 (S275JR)	1
KC-01.13A-Soporte horquilla	Corte láser + Plegado	1,0044 (S275JR)	1
KC-01.13B-Soporte horquilla_SIM	Corte láser + Plegado	1,0044 (S275JR)	1
KC-01.14-Canto refuerzo anclaje superior batería	Corte láser	1,0044 (S275JR)	2
KC-CE.02-Soporte motor con silentblocks	Montaje		1
KC-02.00-Soporte motor silentblocks	Soldadura		1
KC-02.01-Brida motor silentblock	Corte láser	1,0044 (S275JR)	1
KC-02.02-Arco perimetral soporte motor	Corte láser + Plegado	1,0044 (S275JR)	1
KC-02.03-Casquillo montaje silentblock largo	Mecanizado	1,1191 (C45E)	2
KC-02.04-Casquillo montaje silentblock corto	Mecanizado	1,1191 (C45E)	1
KC-02.05-canto refuerzo soporte motor	Corte láser + Plegado	1,0044 (S275JR)	1
KC-03-Bulón montaje casquillos silentblock largo	Mecanizado	1,1191 (C45E)	2
KC-04-Bulón montaje casquillos silentblock corto	Mecanizado	1,1191 (C45E)	1
KC-05-Piñón Z13 10B-1	Mecanizado	1,1191 (C45E)	1
KC-06-Casquillo suplemento soporte motor	Mecanizado	1,1191 (C45E)	4
KC-07-Soporte controlador	Corte láser + Plegado	Chapa aluminio 5083	2
KC-08-Casquillo exterior posicionado piñón	Mecanizado	1,1191 (C45E)	1
KC-09-Casquillo interior posicionado piñón	Mecanizado	1,1191 (C45E)	1

KC-10-Arandela cierre eje motor	Mecanizado	1,1191 (C45E)	1
KC-11-Placa guía inferior batería	Corte láser + Plegado	1,0044 (S275JR)	1
KC-12-Solapa NBR base batería	Corte	NBR	1
KC-13-Solapa NBR apoyo batería	Corte	NBR	1
KC-U.01-Útil soldadura soporte en chasis para controlador	Corte láser	1,0044 (S275JR)	1
KC-U.02-Plantilla posicionado bulones casquillos soporte motor	Corte láser	1,0044 (S275JR)	1
KC-U.03-bulón corto posicionado casquillo	Mecanizado	1,1191 (C45E)	1
KC-U.04-bulón largo posicionado casquillo	Mecanizado	1,1191 (C45E)	2
KC-U.05-casquillo posicionado casquillo motor	Mecanizado	1,1191 (C45E)	2
KC-U.06-Arandela empaquetado casquillos	Corte láser	1,0044 (S275JR)	3
KC-U.07-Útil posicionado soldadura base batería	Corte láser + Plegado	1,0044 (S275JR)	1
KC-U.08-Útil posicionado enganche superior batería	Corte láser + Plegado	1,0044 (S275JR)	2
KC-U.09-Útil soldadura orejetas motor largo	Mecanizado	1,1191 (C45E)	2
KC-U.10-Útil soldadura orejetas motor corto	Mecanizado	1,1191 (C45E)	1
KC-U.11-Útil soldadura soporte motor	Mecanizado	1,1191 (C45E)	2

Tabla 6 - Relación planos y cantidades

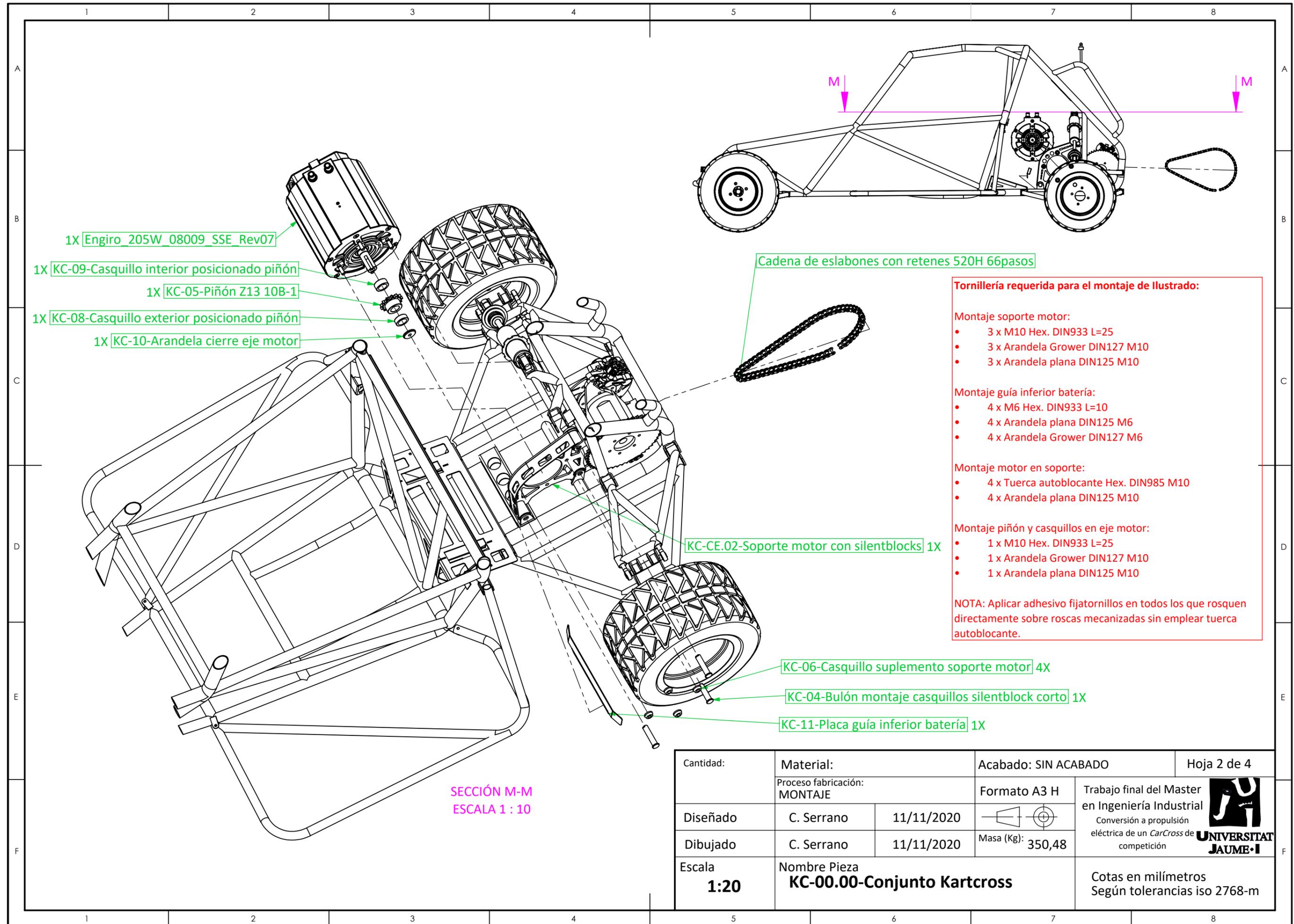


En las hojas referentes al plano KC-00.00 Conjunto Kartcross, se ilustran las instrucciones de montaje recomendadas para ensamblar el sistema de propulsión eléctrico en el vehículo. El procedimiento a seguir será el siguiente:

1. Montaje de la guía inferior de la batería, motor con su soporte y sistema de transmisión.
2. Montaje de la batería.
3. Montaje del controlador con su soporte.

Cantidad:	Material:	Acabado: SIN ACABADO	Hoja 1 de 4
	Proceso fabricación: MONTAJE	Formato A3 H	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un CarCross de competición
Diseñado	C. Serrano	11/11/2020	
Dibujado	C. Serrano	11/11/2020	Masa (Kg): 350,48
Escala 1:10	Nombre Pieza KC-00.00-Conjunto Kartcross		Cotas en milímetros Según tolerancias iso 2768-m





- 1X [Engiro 205W 08009 SSE Rev07]
- 1X [KC-09-Casquillo interior posicionado piñón]
- 1X [KC-05-Piñón Z13 10B-1]
- 1X [KC-08-Casquillo exterior posicionado piñón]
- 1X [KC-10-Arandela cierre eje motor]

Cadena de eslabones con retenes 520H 66pasos

- Tornillería requerida para el montaje de ilustrado:**
- Montaje soporte motor:**
- 3 x M10 Hex. DIN933 L=25
 - 3 x Arandela Grower DIN127 M10
 - 3 x Arandela plana DIN125 M10
- Montaje guía inferior batería:**
- 4 x M6 Hex. DIN933 L=10
 - 4 x Arandela plana DIN125 M6
 - 4 x Arandela Grower DIN127 M6
- Montaje motor en soporte:**
- 4 x Tuerca autoblocante Hex. DIN985 M10
 - 4 x Arandela plana DIN125 M10
- Montaje piñón y casquillos en eje motor:**
- 1 x M10 Hex. DIN933 L=25
 - 1 x Arandela Grower DIN127 M10
 - 1 x Arandela plana DIN125 M10
- NOTA:** Aplicar adhesivo fijatornillos en todos los que rosquen directamente sobre roscas mecanizadas sin emplear tuerca autoblocante.

[KC-CE.02-Soporte motor con silentblocks] 1X

[KC-06-Casquillo suplemento soporte motor] 4X

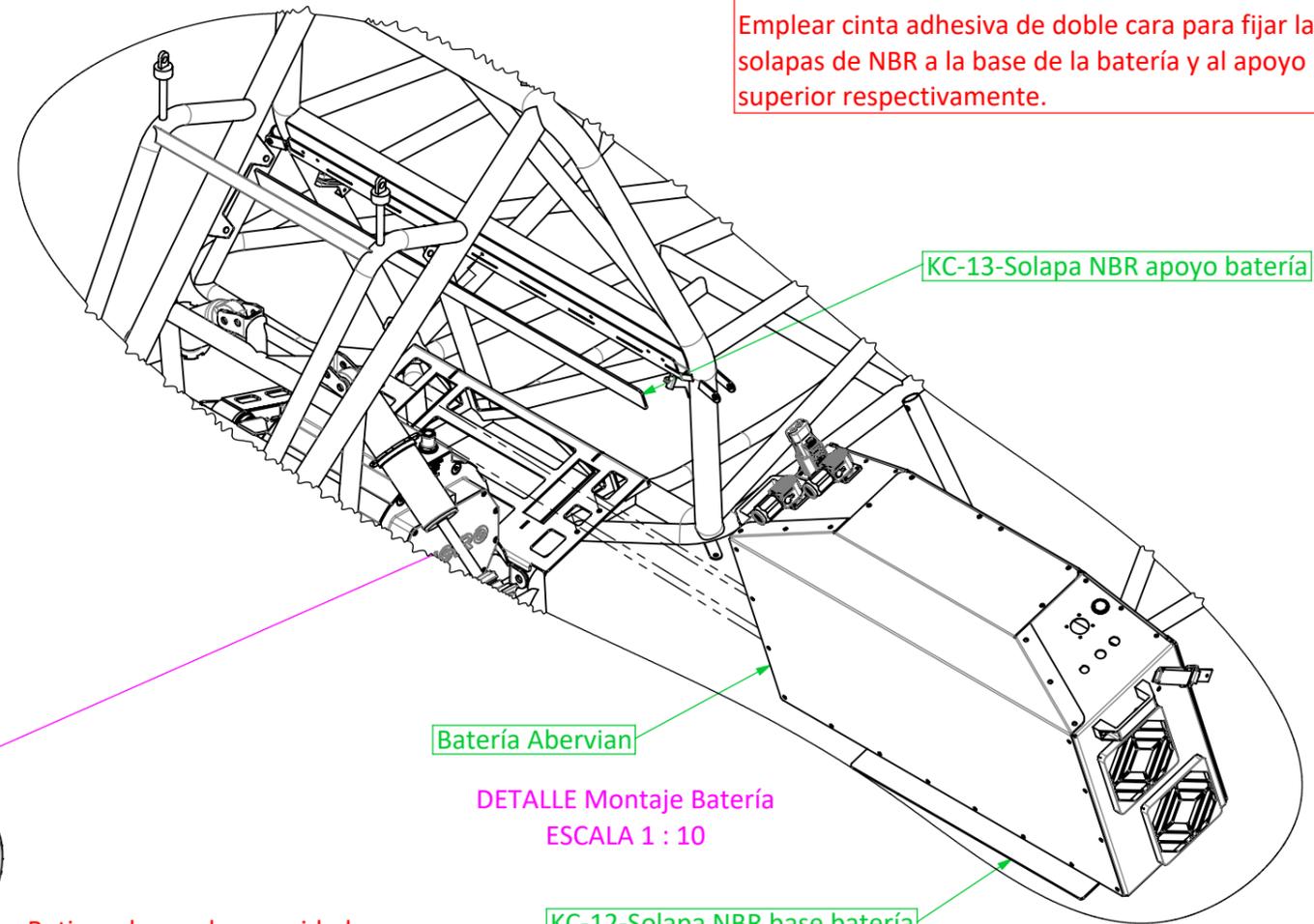
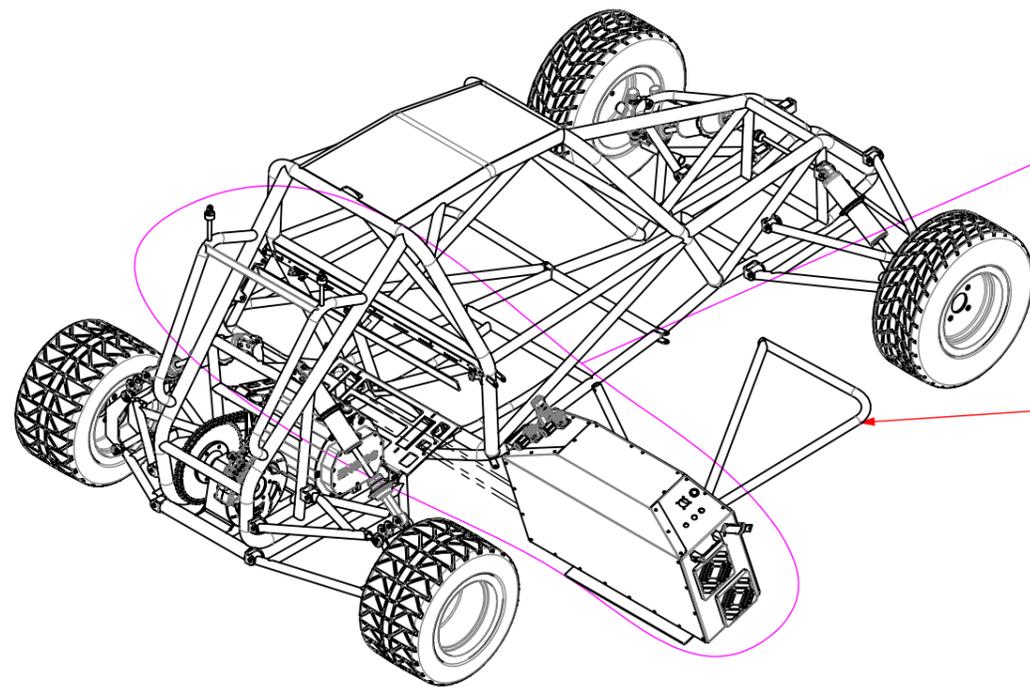
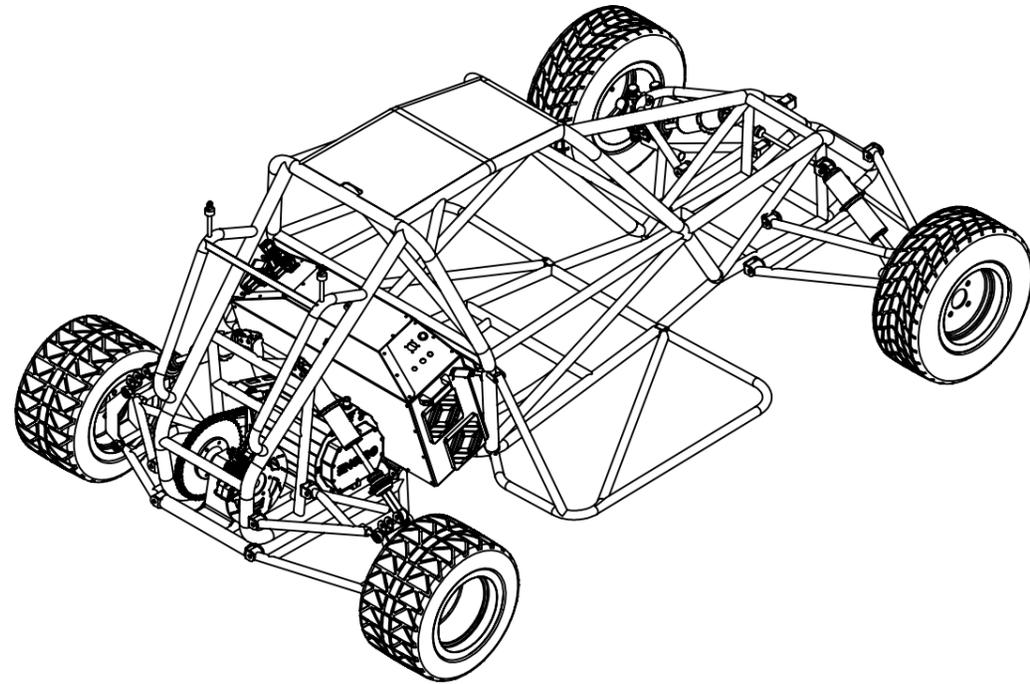
[KC-04-Bulón montaje casquillos silentblock corto] 1X

[KC-11-Placa guía inferior batería] 1X

SECCIÓN M-M
ESCALA 1 : 10

Cantidad:	Material:	Acabado: SIN ACABADO	Hoja 2 de 4
	Proceso fabricación: MONTAJE	Formato A3 H	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un CarCross de competición
Diseñado	C. Serrano	11/11/2020	
Dibujado	C. Serrano	11/11/2020	Masa (Kg): 350,48
Escala 1:20	Nombre Pieza KC-00.00-Conjunto Kartcross	Cotas en milímetros Según tolerancias iso 2768-m	





Tornillería requerida para el montaje de ilustrado:

- 4 x M6 Hex. DIN933 L=20
- 4 x Arandela plana DIN125 M6

Aplicar adhesivo fijatornillos en los tornillos roscados a la batería.

Asegurarse de montar los cierres rápidos de la batería con los anclajes dispuestos en el chasis.

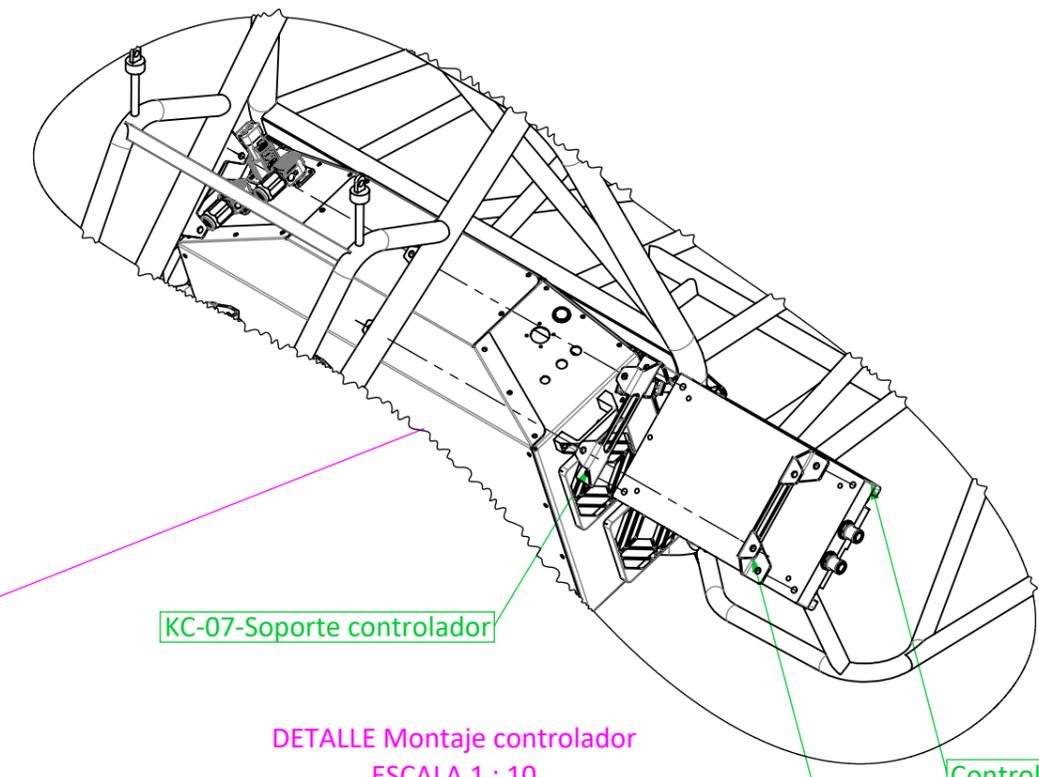
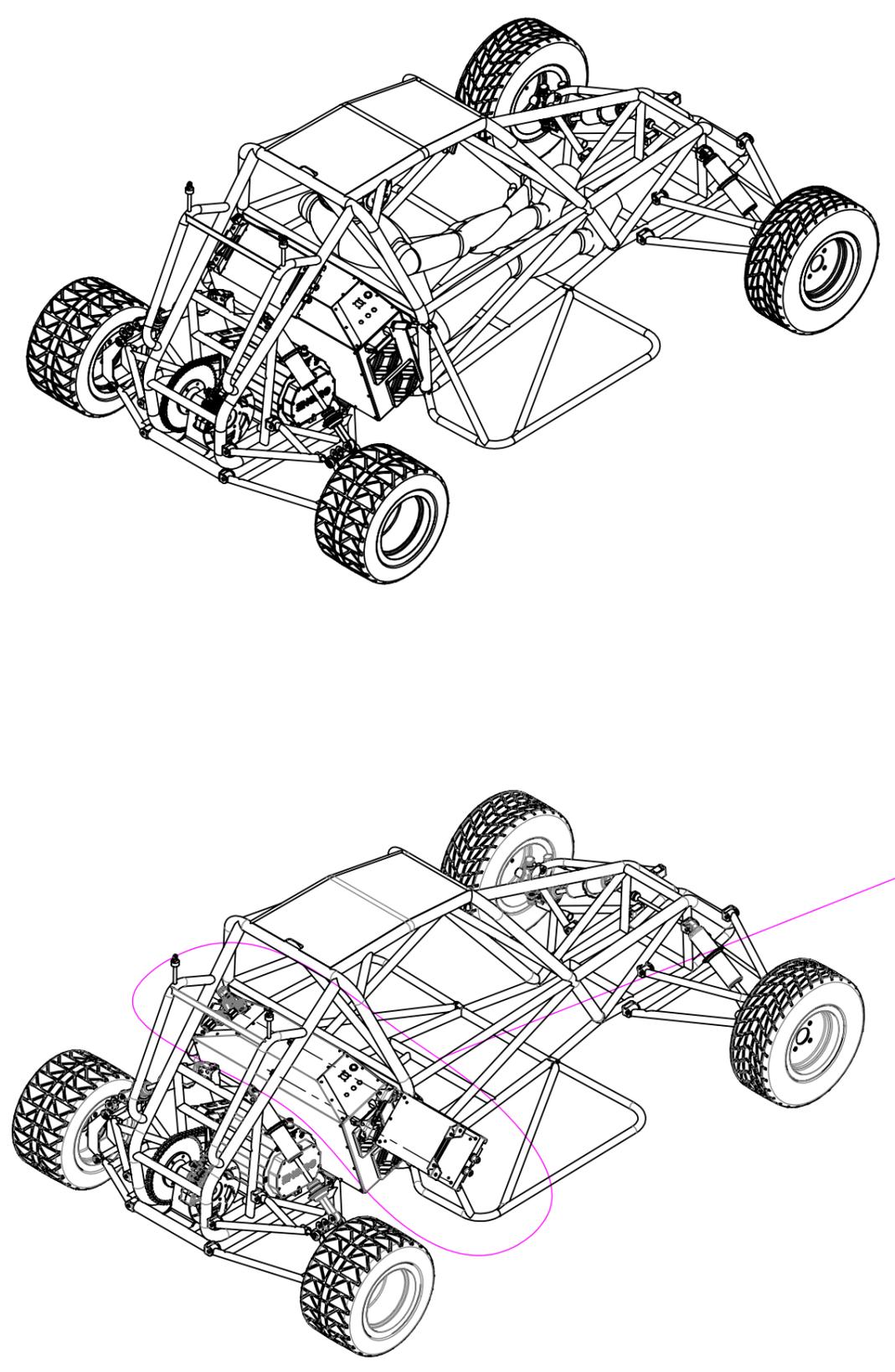
Emplear cinta adhesiva de doble cara para fijar las solapas de NBR a la base de la batería y al apoyo superior respectivamente.

Retirar el arco de seguridad lateral para introducir la batería.

DETALLE Montaje Batería
ESCALA 1 : 10

Cantidad:	Material:	Acabado: SIN ACABADO	Hoja 3 de 4
	Proceso fabricación: MONTAJE	Formato A3 H	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un CarCross de competición
Diseñado	C. Serrano	11/11/2020	
Dibujado	C. Serrano	11/11/2020	Masa (Kg): 350,48
Escala 1:20	Nombre Pieza KC-00.00-Conjunto Kartcross	Cotas en milímetros Según tolerancias iso 2768-m	





Tornillería requerida para el montaje de ilustrado:

Unión controlador a soporte intermedio:

- 4 x M8 Allen DIN912 L=25
- 4 x Arandela plana DIN125 M8

Unión soporte intermedio a anclaje de chasis:

- 4 x M8 Hex. DIN933 L=15
- 4 x Tuerca Hex. autoblocante DIN985 M8
- 8 x Arandela plana DIN125 M8

NOTA: Aplicar adhesivo fijatornillos en todos los que se monten directamente sobre roscas mecanizadas sin emplear tuerca autoblocante.

KC-07-Soporte controlador

DETALLE Montaje controlador
ESCALA 1 : 10

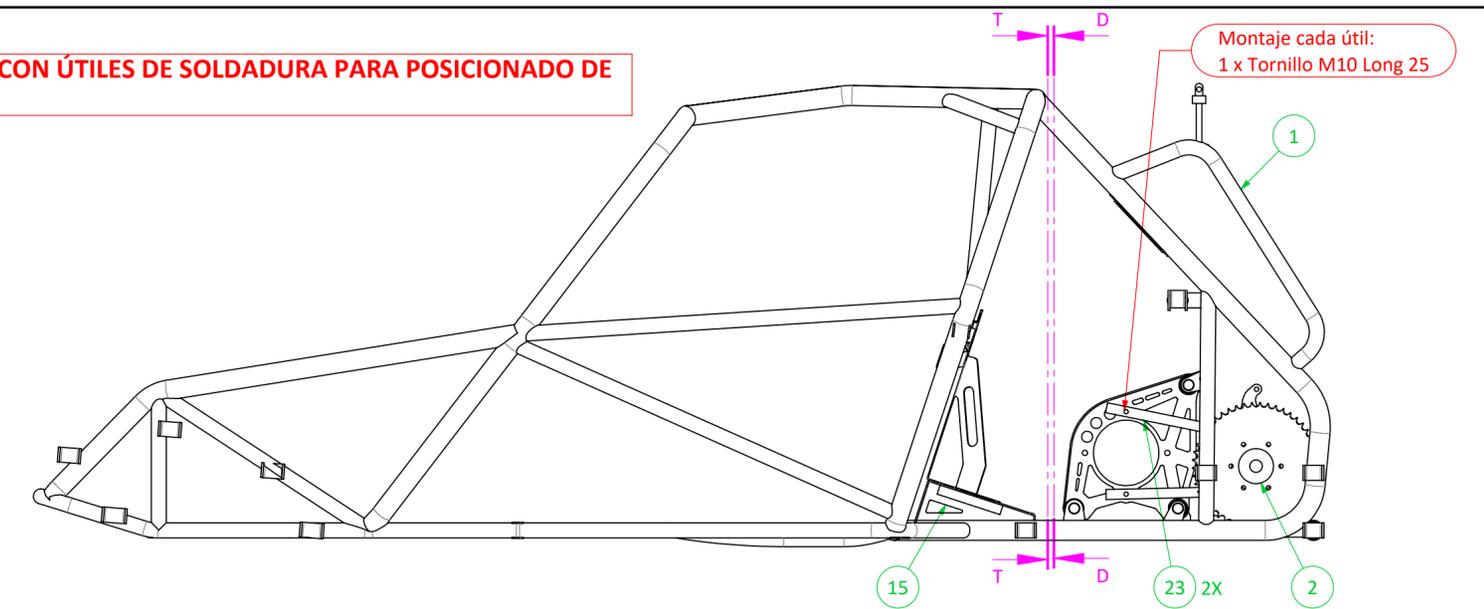
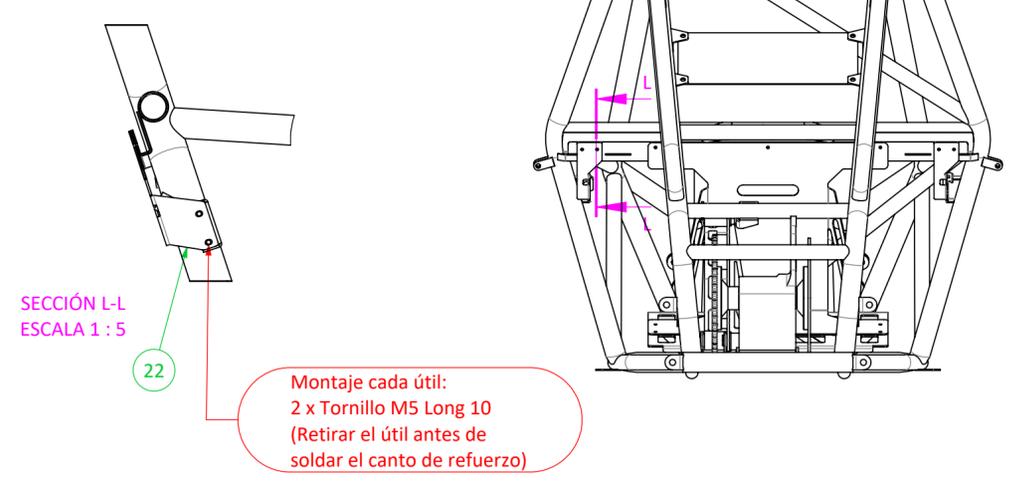
Controlador Supersigma Size 4

KC-07-Soporte controlador

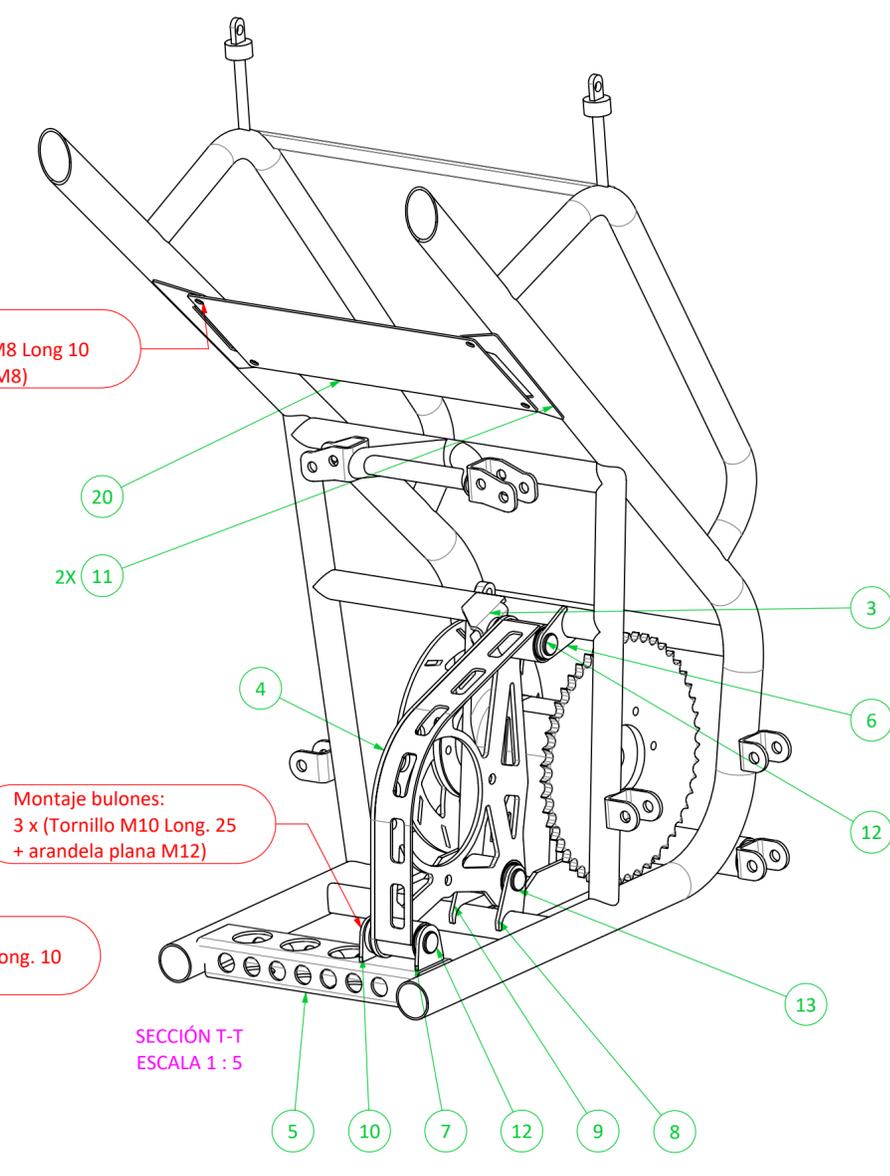
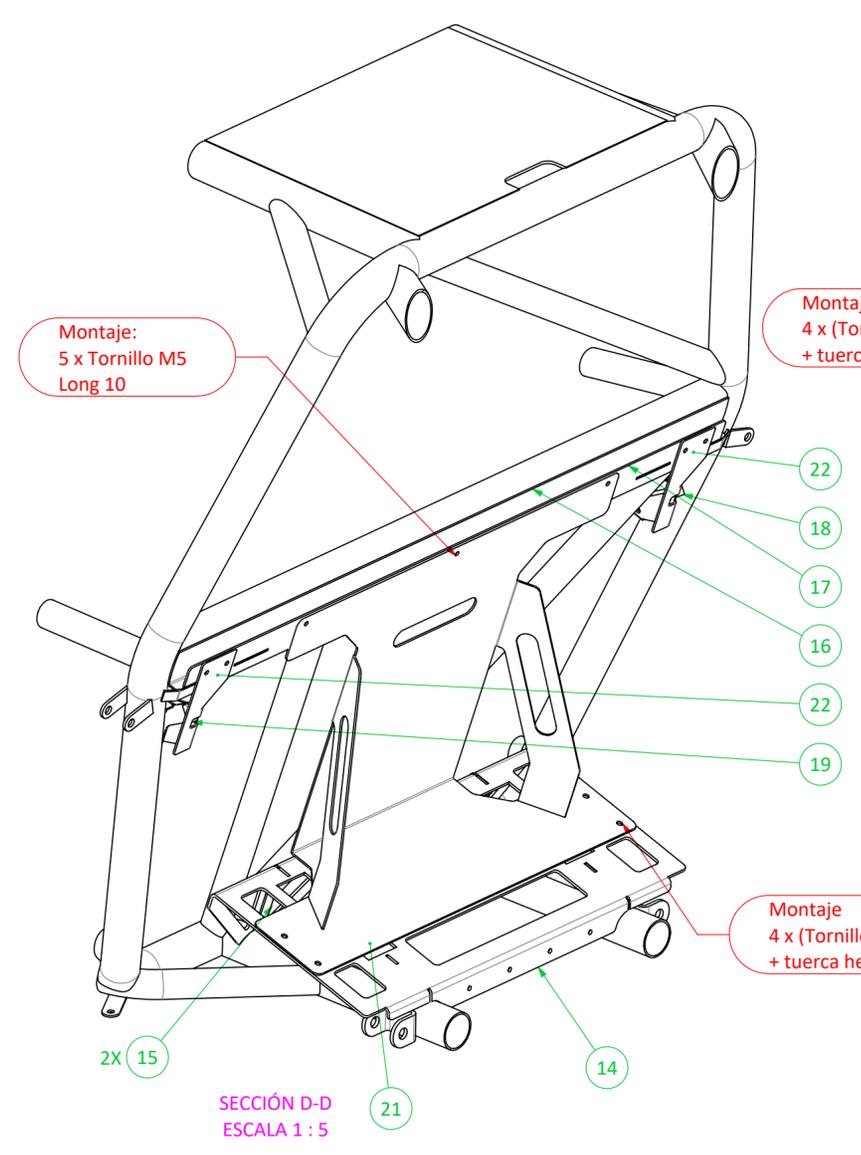
Cantidad:	Material:	Acabado: SIN ACABADO	Hoja 4 de 4
	Proceso fabricación: MONTAJE	Formato A3 H	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un CarCross de competición
Diseñado	C. Serrano	11/11/2020	
Dibujado	C. Serrano	11/11/2020	Masa (Kg): 350,48
Escala 1:20	Nombre Pieza KC-00.00-Conjunto Kartcross	Cotas en milímetros Según tolerancias iso 2768-m	



PLANO DE VISTAS CON ÚTILES DE SOLDADURA PARA POSICIONADO DE ELEMENTOS



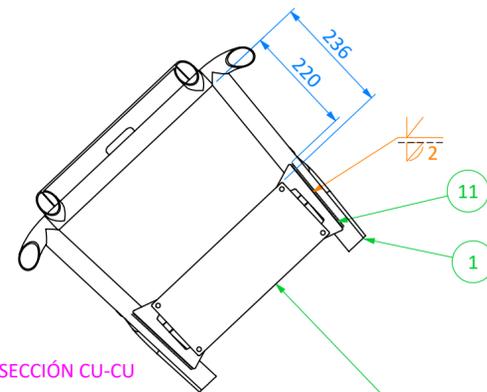
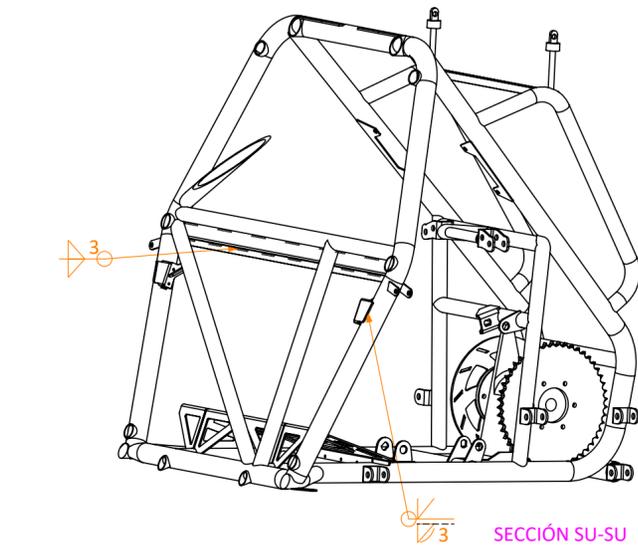
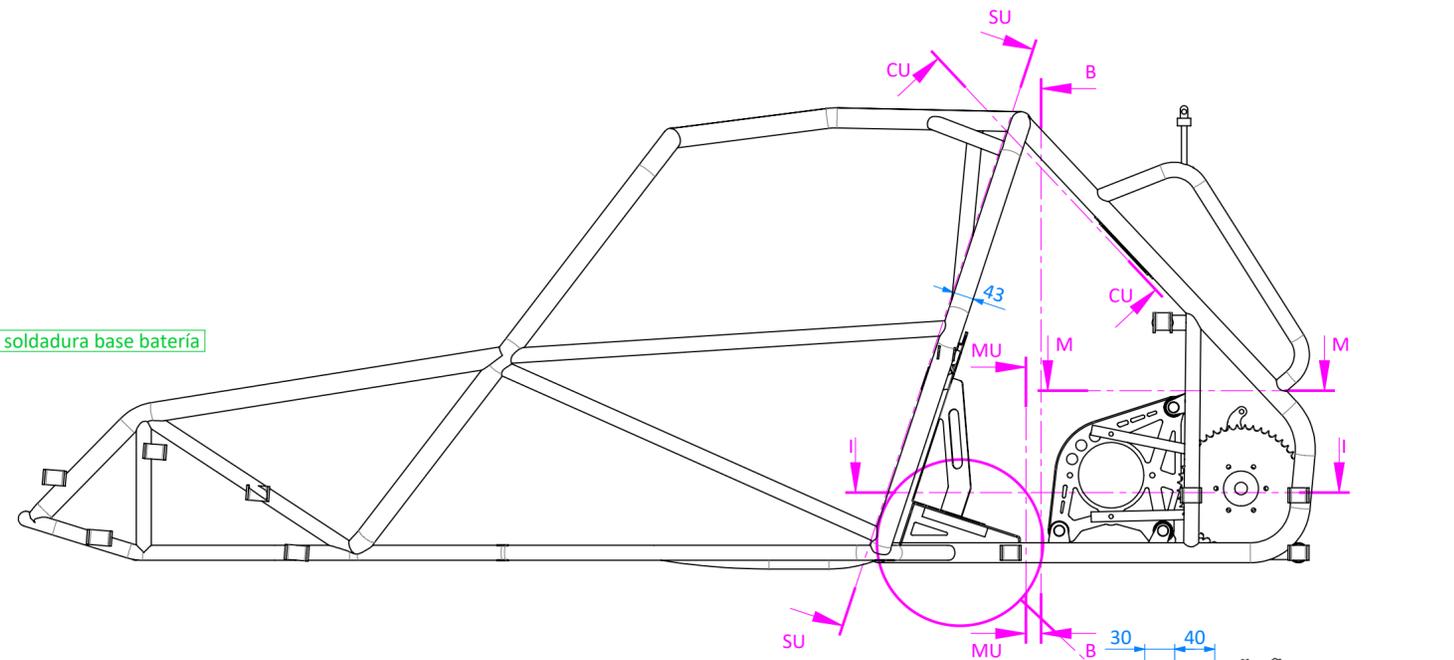
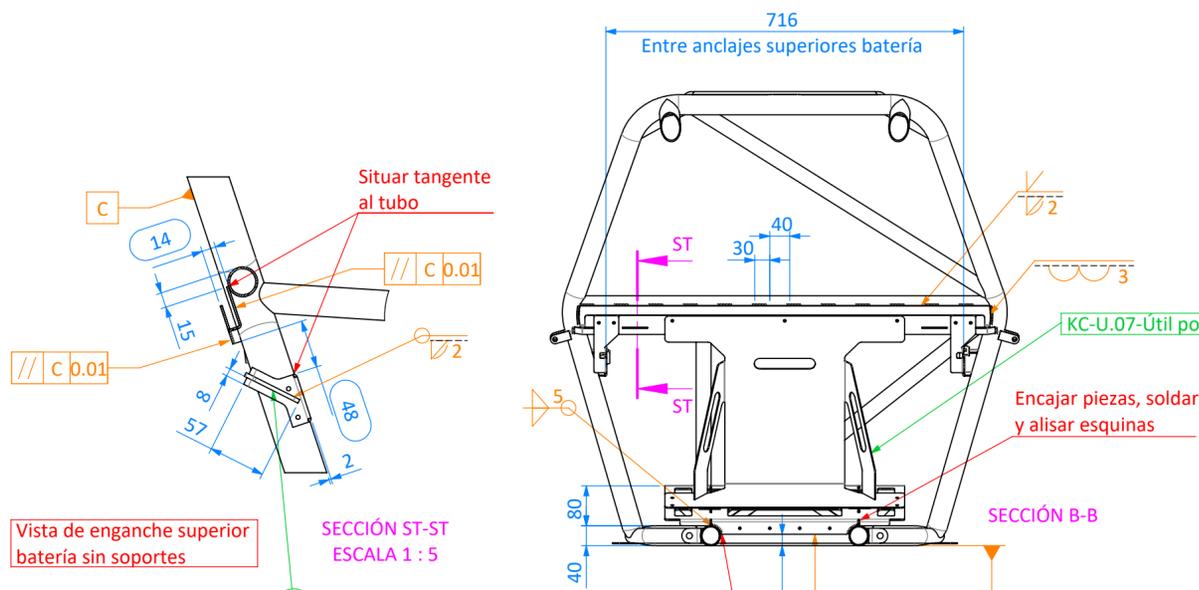
- PROCEDIMIENTO PARA SOLDAR:**
- Incorporar los elementos a soldar al chasis con los utilajes indicados en las vistas D Y T, codificados como KC-U.XX- en su nomenclatura.
 - En el caso de las orejetas de fijación del soporte del motor, deben ser punteadas estando montadas al mismo soporte con los silentblocks instalados, en las aristas o cantos de las mismas más alejadas de los silentblocks para que no resulten dañados por efecto térmico.
 - Posteriormente debe retirarse el soporte del motor con los silentblocks, siendo sustituido por los útiles KC-U.09 Y KC-U.10, montados con los bulones KC-03 y KC-04 para evitar que se cierren las orejetas.
 - Los soportes de la batería y el controlador pueden ser soldados empleando los útiles durante todo el proceso, hasta que se enfríe la soldadura.
 - Estas indicaciones están reflejadas adecuadamente en las distintas vistas de montaje con las acotaciones e indicaciones pertinentes.



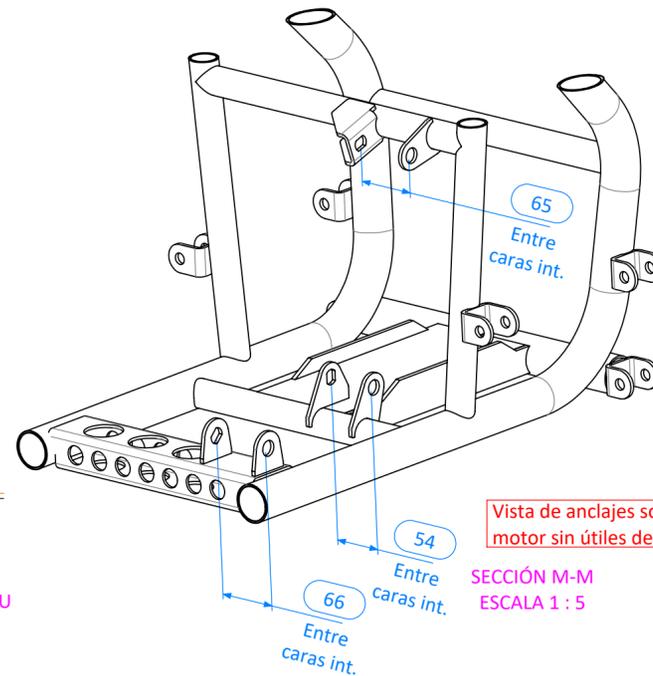
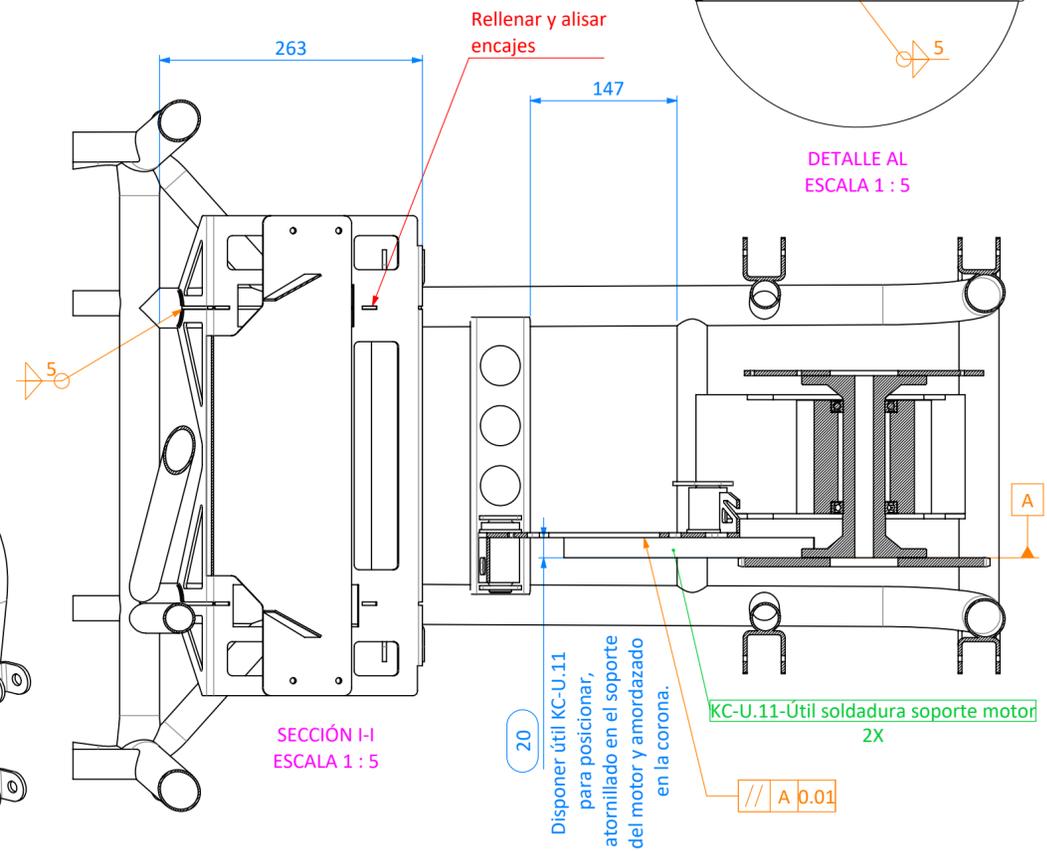
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	KC-PE.01-Chasis kart-cross	1
2	KC-CE.01-Conjunto eje transmisión trasero	1
3	KC-01.01-Orejeta fijación superior soporte motor	1
4	KC-CE.02-Soporte motor con silentblocks	1
5	KC-01.02-Tubular base soporte motor	1
6	KC-01.03-Orejeta fijación superior soporte motor plana	1
7	KC-01.04-Orejeta base soporte motor	1
8	KC-01.05-Orejeta fijación inferior delantera soporte motor	1
9	KC-01.06-Orejeta anti-giro fijación inferior delantera soporte motor	1
10	KC-01.07-Orejeta base soporte motor antigiro	1
11	KC-01.08-Soporte en chasis para controlador	2
12	KC-03-Bulón montaje casquillos silentblock largo	2
13	KC-04-Bulón montaje casquillos silentblock corto	1
14	KC-01.09-Base batería	1
15	KC-01.10-Soporte base batería-chasis	2
16	KC-01.11-Guía apoyo batería	1
17	KC-01.12-Canto apoyo batería-chasis	1
18	KC-01.13A-Soporte horquilla	1
19	KC-01.13B-Soporte horquilla_SIM	1
20	KC-U.01-Útil soldadura soporte en chasis para controlador	1
21	KC-U.07-Útil posicionado soldadura base batería	1
22	KC-U.08-Útil posicionado enganche superior batería	2
23	KC-U.11-Útil soldadura soporte motor	2
24	KC-01.14-Canto refuerzo anclaje superior batería	2

Cantidad:	Material:	Acabado: LACADO HORNO RAL 9016	Hoja 1 de 2
	Proceso fabricación: SOLDADURA	Formato A2 H	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un CarCross de competición
Diseñado	C. Serrano	11/11/2020	
Dibujado	C. Serrano	11/11/2020	Masa (Kg): 101,49
Escala 1:10	Nombre Pieza KC-01.00-Chasis Kartcross con soportes		Cotas en milímetros Según tolerancias iso 2768-m

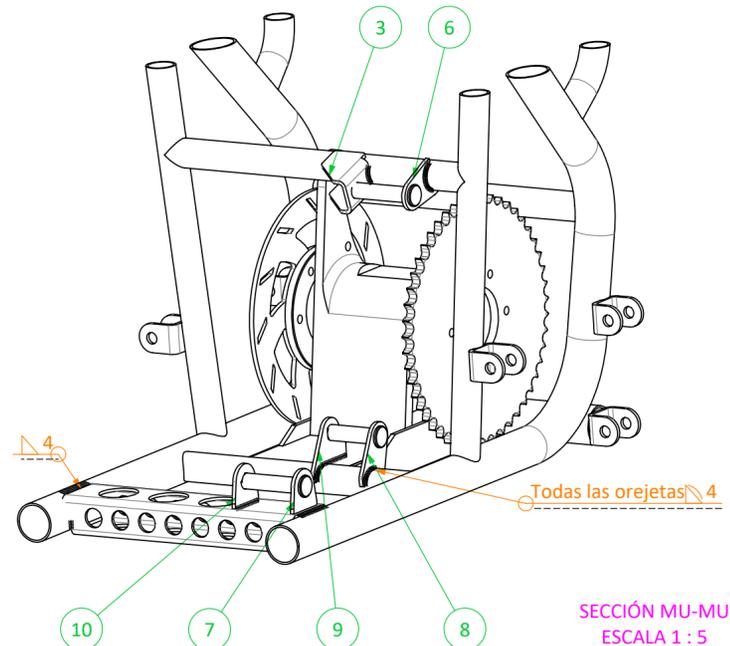




KC-U.01-Útil soldadura soporte en chasis para controlador

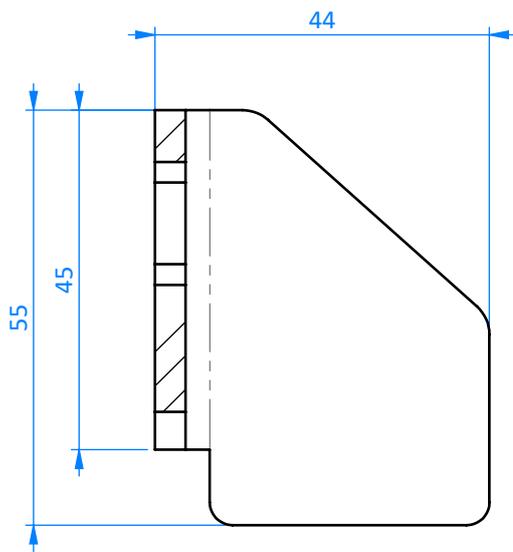


IMPORTANTE: Tras puntear los anclajes, soldarlos empleando los útiles indicados (KC-U.09 y KC-U.10) bien sujetos con los bulones para asegurar paralelismo y concentricidad entre orificios

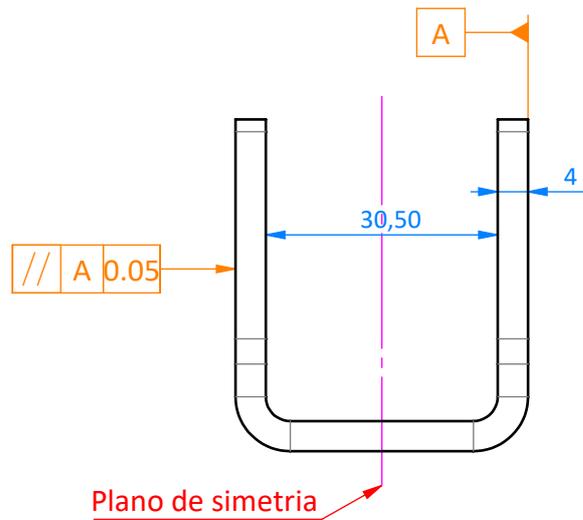
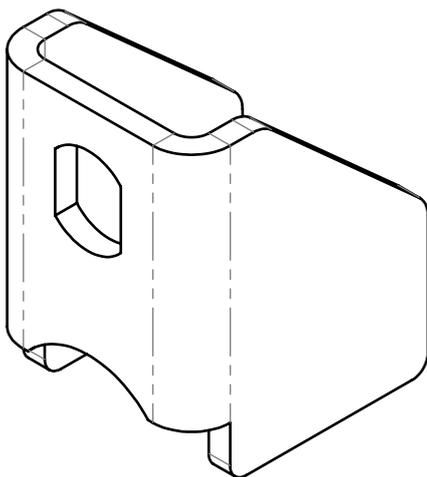
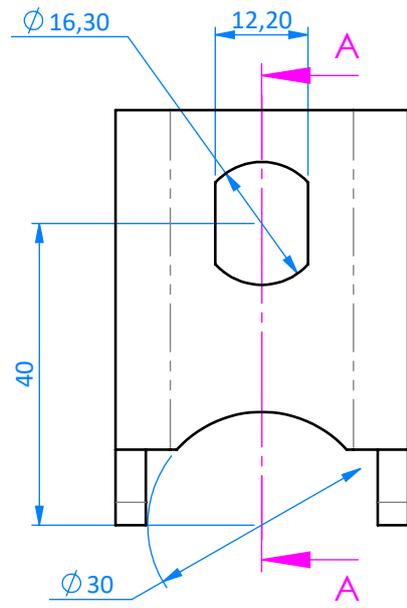


Cantidad:	Material:	Acabado: LACADO HORNO RAL 9016	Hoja 2 de 2
Diseñado	Proceso fabricación: SOLDADURA	Formato A2 H	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial
Dibujado	C. Serrano 11/11/2020	Masa (Kg): 101,49	Conversión a propulsión eléctrica de un CarCross de competición
Escala 1:10	Nombre Pieza KC-01.00-Chasis Kartcross con soportes	Cotas en milímetros Según tolerancias iso 2768-m	

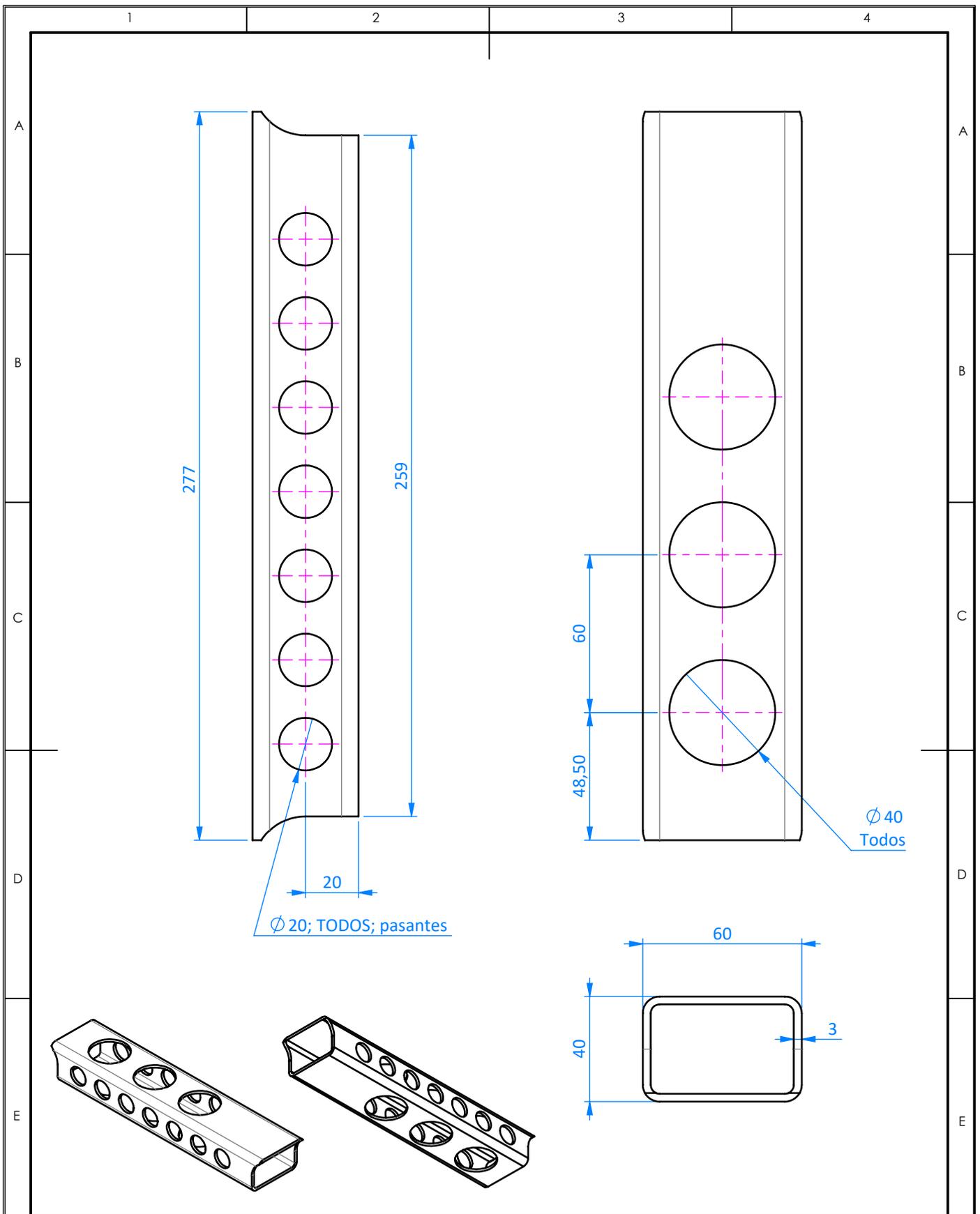




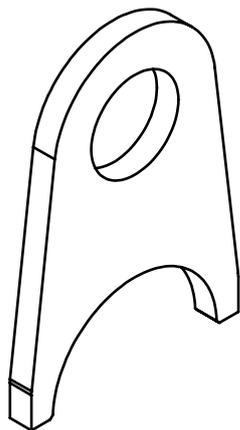
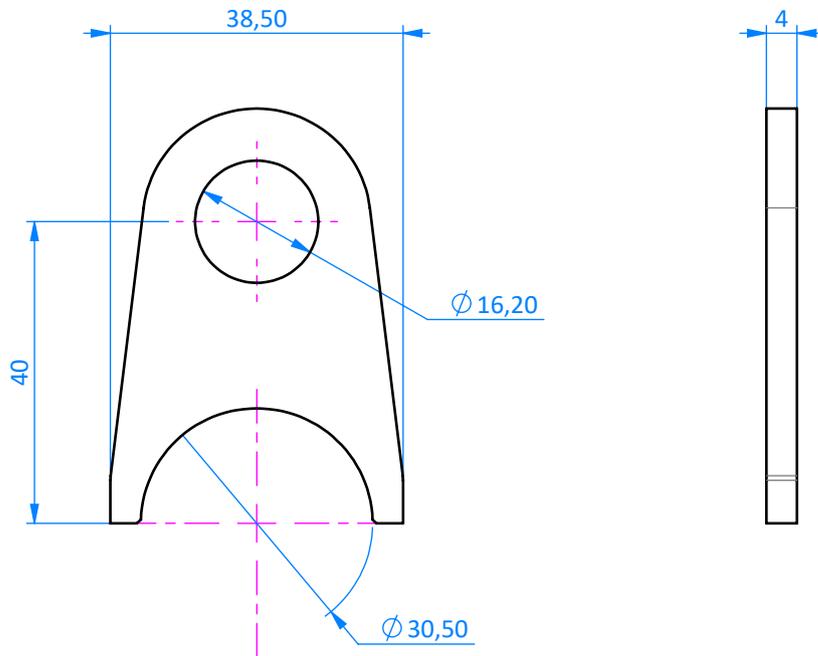
SECCIÓN A-A



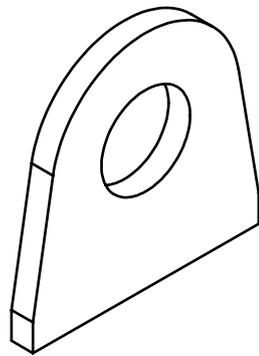
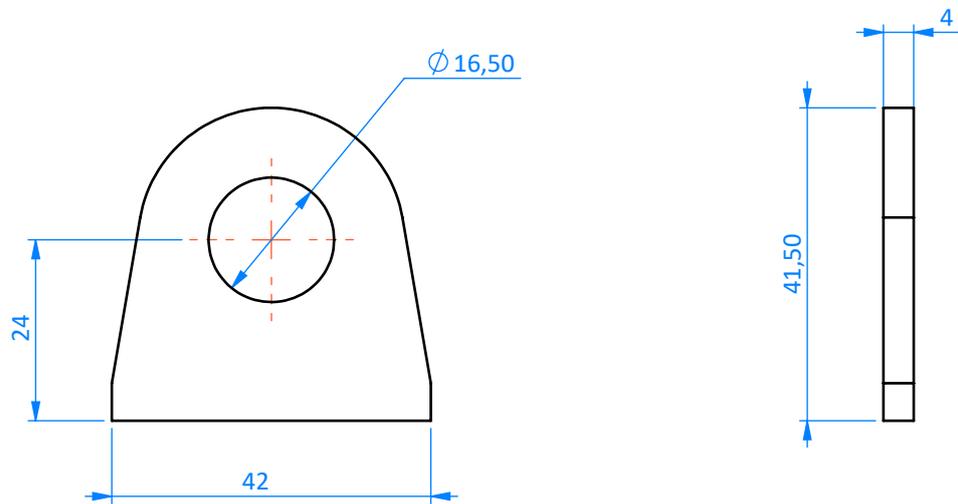
Cantidad:	Material: 1,0044 (S275JR)	Acabado: SOLDADURA	Hoja 1 de 1
	Proceso fabricación: CORTE LÁSER + PLEGADO	Formato A4 V	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un CarCross de competición
Diseñado	C. Serrano 11/11/2020		
Dibujado	C. Serrano 11/11/2020	Masa (Kg): 0,15	
Escala 1:1	Nombre Pieza KC-01.01-Orejeta fijación superior soporte motor		Cotas en milímetros Según tolerancias iso 2768-m



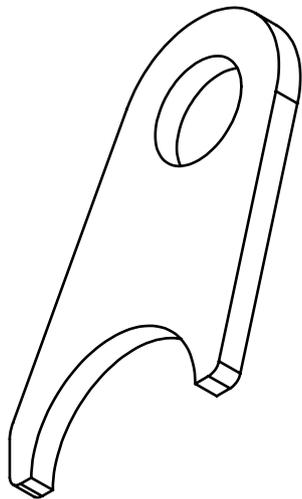
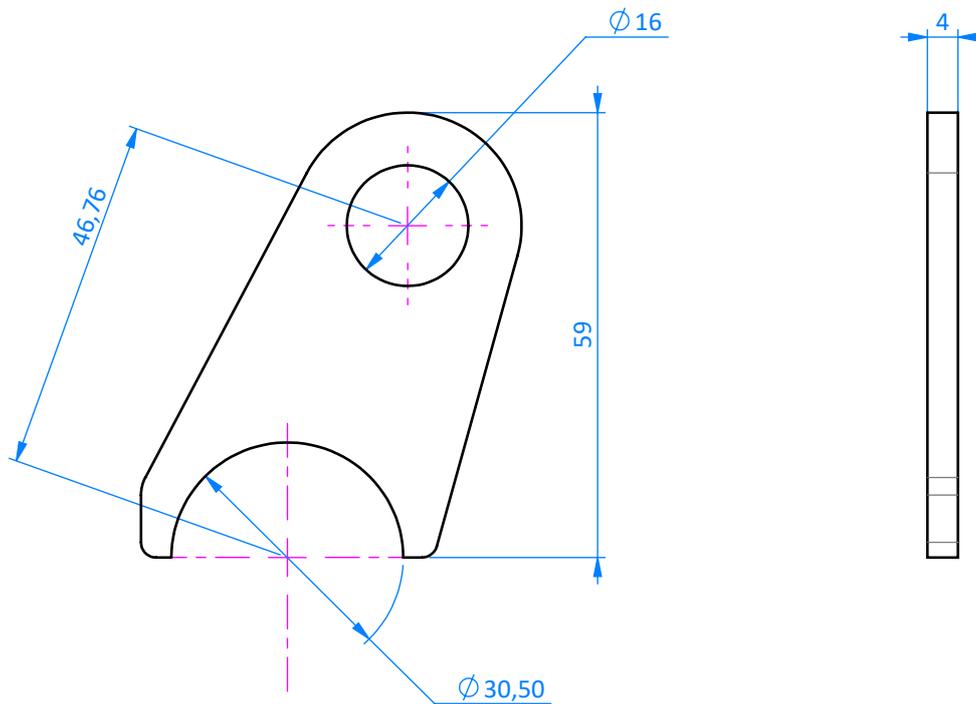
Cantidad:	Material: 1,0045 (S355JR)		Acabado: SOLDADURA		Hoja 1 de 1	
	Proceso fabricación: CORTE LÁSER TUBO		Formato A4 V		Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un CarCross de competición	
Diseñado	C. Serrano	11/11/2020				
Dibujado	C. Serrano	11/11/2020			Masa (Kg): 0,84	
Escala 1:2	Nombre Pieza KC-01.02-Tubular base soporte motor			Cotas en milímetros Según tolerancias iso 2768-m		



Cantidad:	Material: 1,0044 (S275JR)	Acabado: SOLDADURA	Hoja 1 de 1
	Proceso fabricación: CORTE LÁSER	Formato A4 V	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un CarCross de competición
Diseñado	C. Serrano 11/11/2020		
Dibujado	C. Serrano 11/11/2020	Masa (Kg): 0,04	
Escala 1:1	Nombre Pieza KC-01.03-Orejeta fijación superior soporte motor plana		

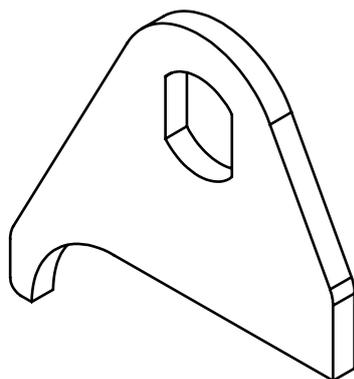
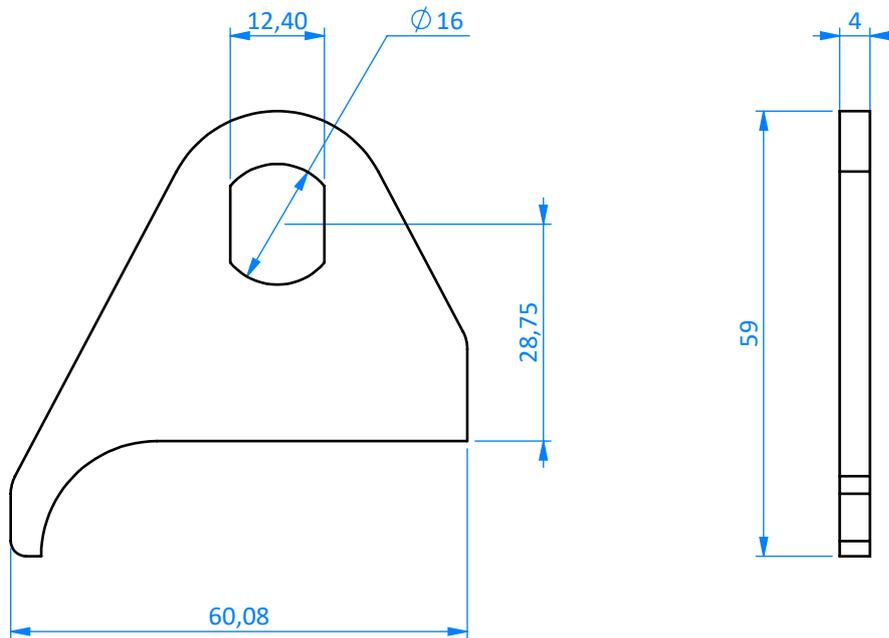


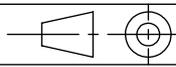
Cantidad:	Material: 1,0044 (S275JR)	Acabado: SOLDADURA	Hoja 1 de 1
	Proceso fabricación: CORTE LÁSER	Formato A4 V	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un <i>CarCross</i> de competición
Diseñado	C. Serrano 11/11/2020		
Dibujado	C. Serrano 11/11/2020	Masa (Kg): 0,04	
Escala 1:1	Nombre Pieza KC-01.04-Orejeta base soporte motor		

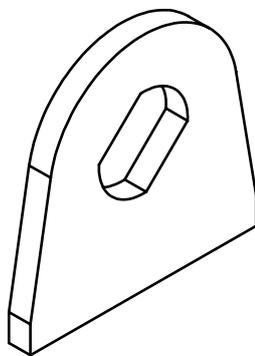
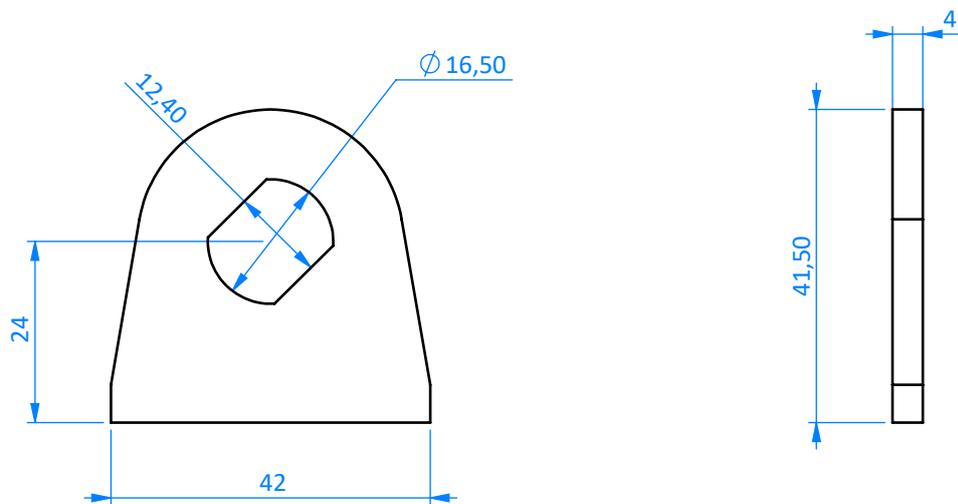


Cantidad:	Material: 1,0044 (S275JR)	Acabado: SOLDADURA	Hoja 1 de 1
	Proceso fabricación: CORTE LÁSER	Formato A4 V	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un <i>CarCross</i> de competición
Diseñado	C. Serrano	11/11/2020	
Dibujado	C. Serrano	11/11/2020	Masa (Kg): 0,04
Escala 1:1	Nombre Pieza KC-01.05-Orejeta fijación inferior delantera soporte motor		Cotas en milímetros Según tolerancias iso 2768-m

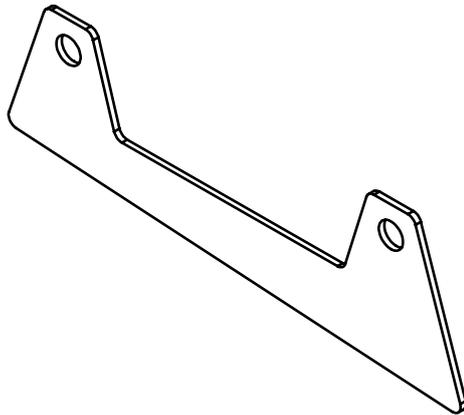
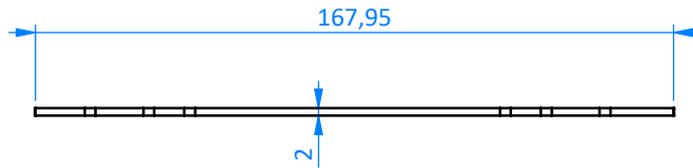
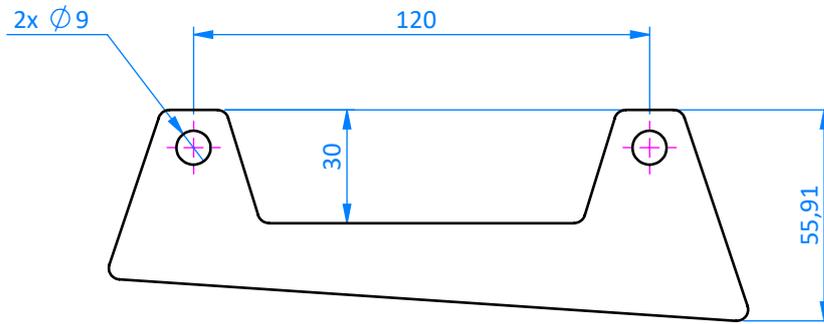




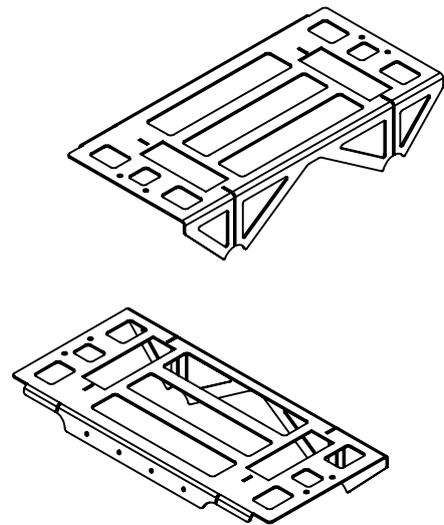
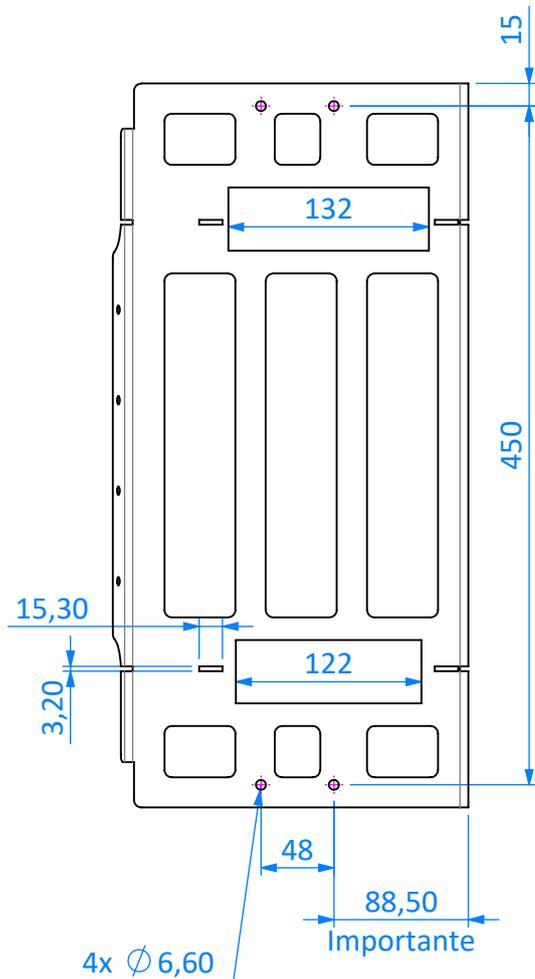
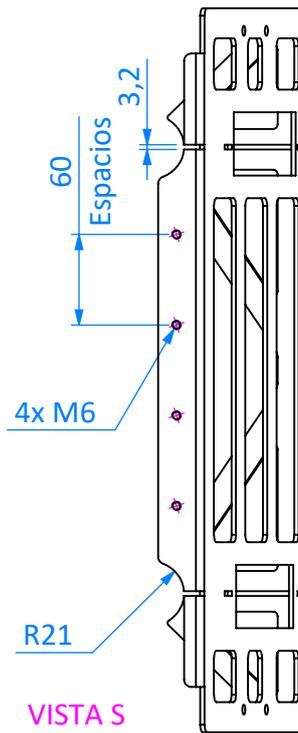
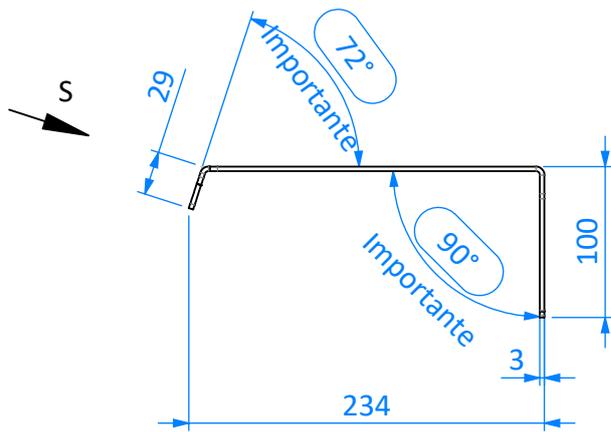
Cantidad:	Material: 1,0044 (S275JR)	Acabado: SOLDADURA	Hoja 1 de 1
	Proceso fabricación: CORTE LÁSER	Formato A4 V	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un <i>CarCross</i> de competición
Diseñado	C. Serrano 11/11/2020		
Dibujado	C. Serrano 11/11/2020	Masa (Kg): 0,05	
Escala 1:1	Nombre Pieza KC-01.06-Orejeta anti-giro fijación inferior delantera soporte motor		



Cantidad:	Material: 1,0044 (S275JR)	Acabado: SOLDADURA	Hoja 1 de 1
	Proceso fabricación: CORTE LÁSER	Formato A4 V	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un <i>CarCross</i> de competición
Diseñado	C. Serrano 11/11/2020		
Dibujado	C. Serrano 11/11/2020	Masa (Kg): 0,04	
Escala 1:1	Nombre Pieza KC-01.07-Orejeta base soporte motor antigiro		

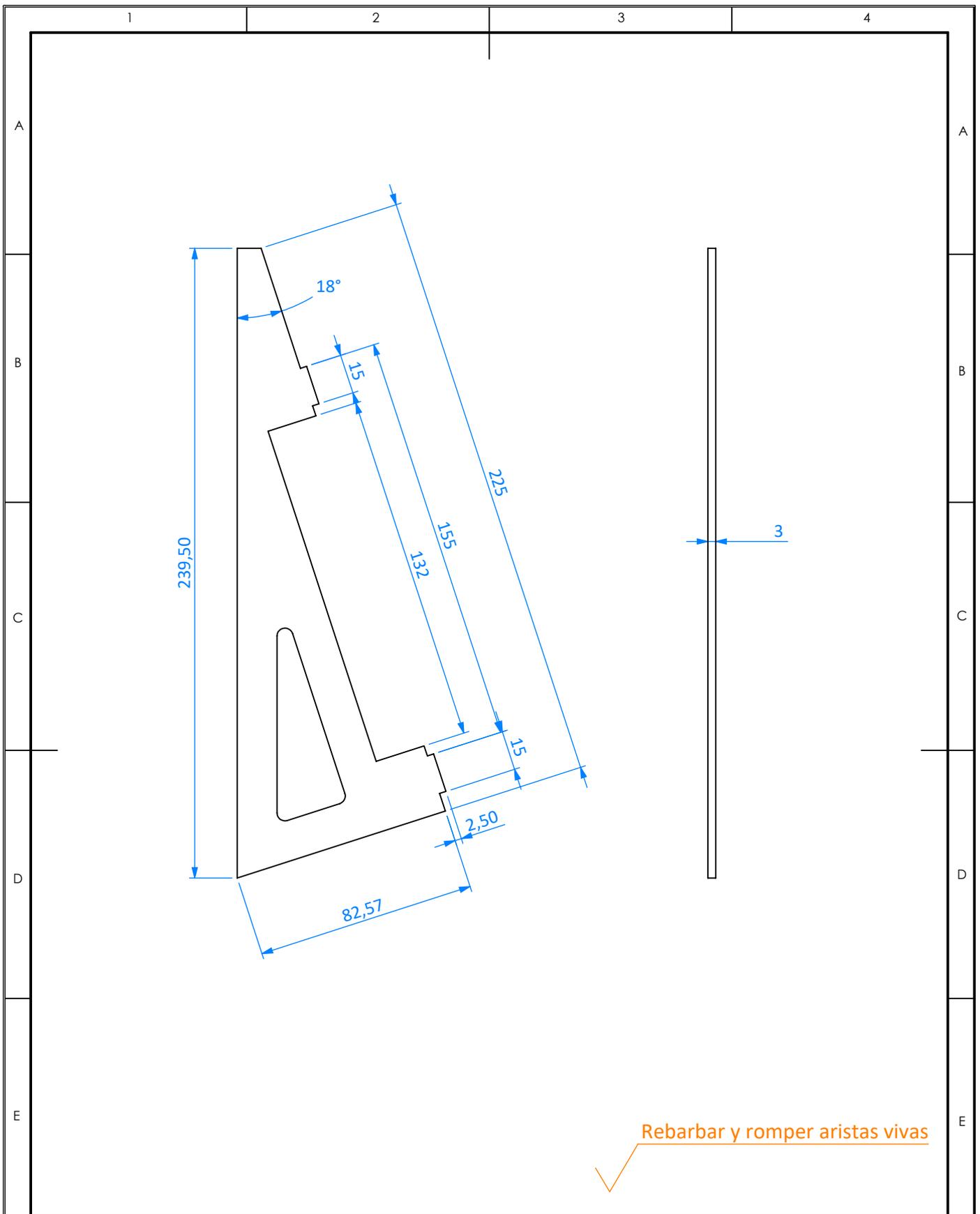


Cantidad:	Material: 1,0044 (S275JR)	Acabado: SOLDADURA	Hoja 1 de 1
	Proceso fabricación: CORTE LÁSER	Formato A4 V	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un <i>CarCross</i> de competición  UNIVERSITAT JAUME·I
Diseñado	C. Serrano 11/11/2020		
Dibujado	C. Serrano 11/11/2020	Masa (Kg): 0,07	
Escala 1:2	Nombre Pieza KC-01.08-Soporte en chasis para controlador	Cotas en milímetros Según tolerancias iso 2768-m	

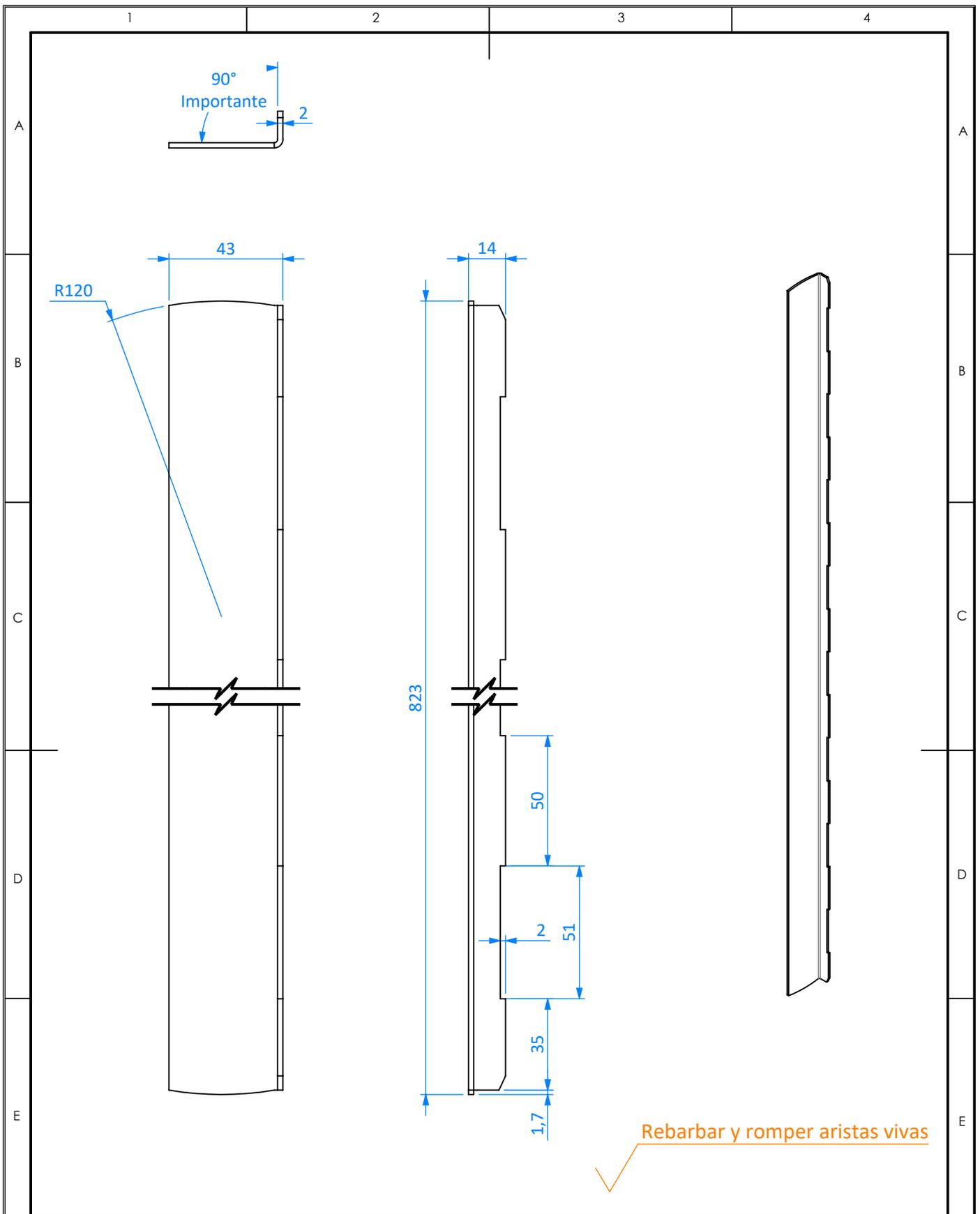


Rebarbar y romper aristas vivas

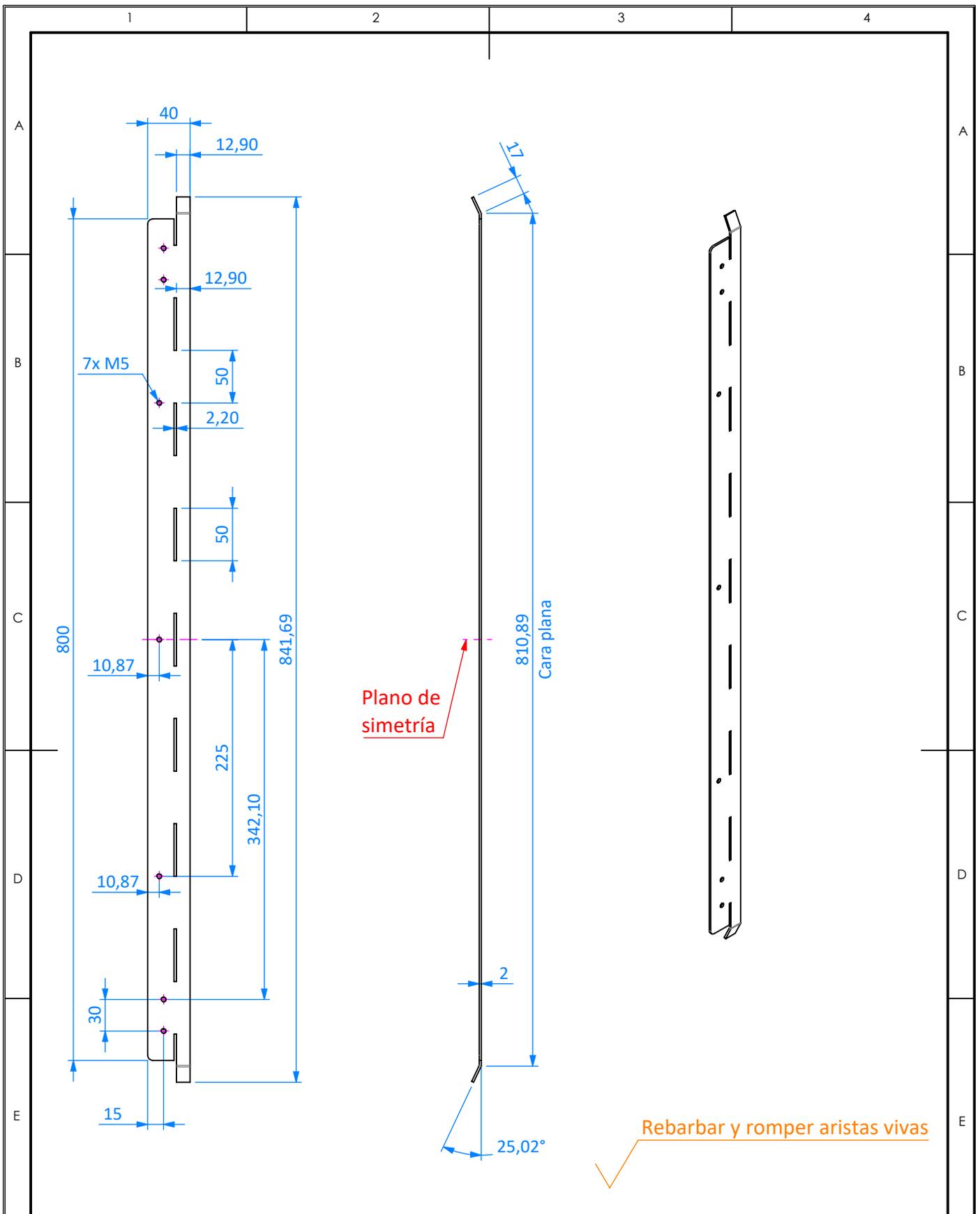
Cantidad:	Material: 1,0044 (S275JR)	Acabado: SOLDADURA	Hoja 1 de 1
	Proceso fabricación: CORTE LÁSER + PLEGADO	Formato A4 V	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un CarCross de competición
Diseñado	C. Serrano 11/11/2020		
Dibujado	C. Serrano 11/11/2020	Masa (Kg): 1,93	
Escala 1:5	Nombre Pieza KC-01.09-Base batería		



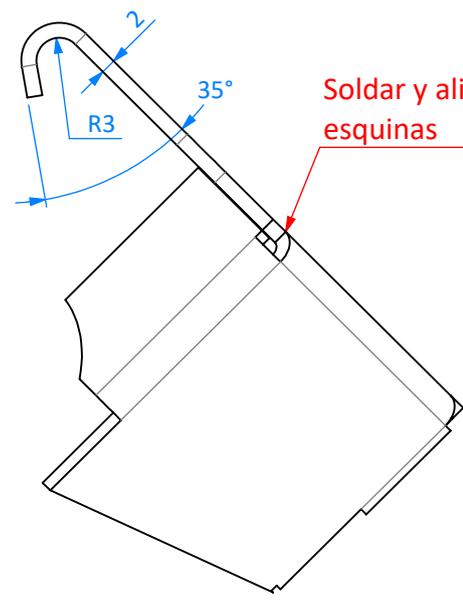
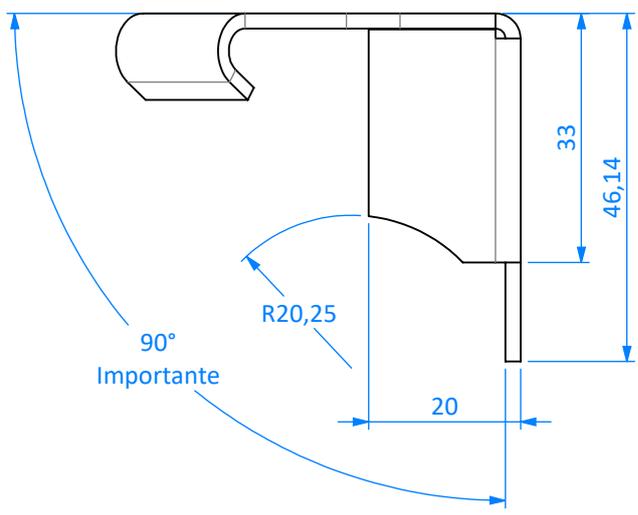
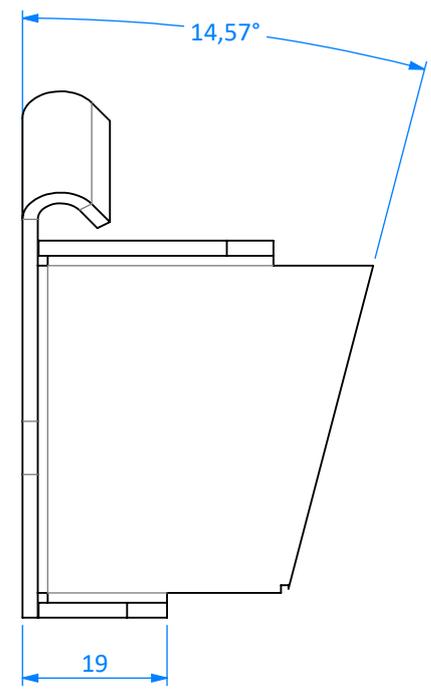
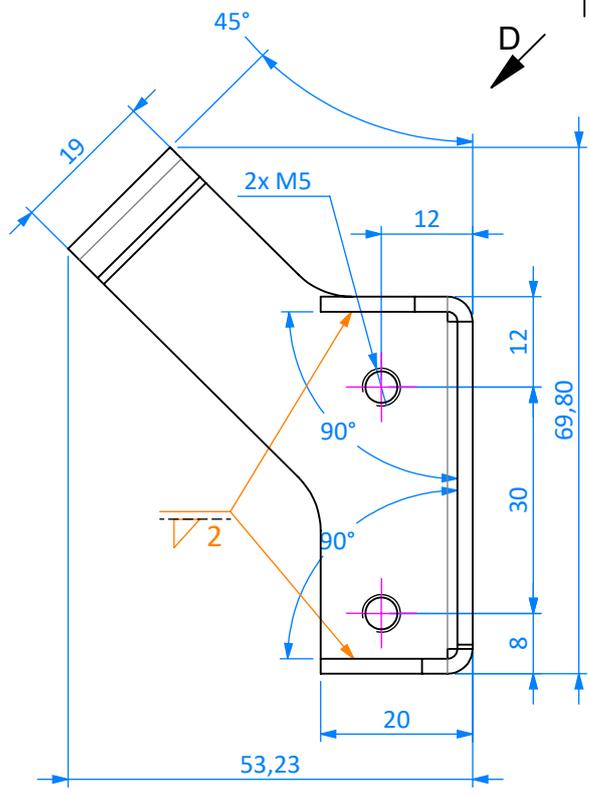
Cantidad:	Material: 1,0044 (S275JR)	Acabado: SOLDADURA	Hoja 1 de 1
	Proceso fabricación: CORTE LÁSER	Formato A4 V	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un CarCross de competición
Diseñado	C. Serrano 11/11/2020		
Dibujado	C. Serrano 11/11/2020	Masa (Kg): 0,16	
Escala 1:2	Nombre Pieza KC-01.10-Soporte base batería- chasis		



Cantidad:	Material: 1,0044 (S275JR)	Acabado: SOLDADURA	Hoja 1 de 1
	Proceso fabricación: CORTE LÁSER + PLEGADO	Formato A4 V	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un <i>CarCross</i> de competición
Diseñado	C. Serrano 11/11/2020		
Dibujado	C. Serrano 11/11/2020	Masa (Kg): 0,68	
Escala 1:2	Nombre Pieza KC-01.11-Guía apoyo batería		Cotas en milímetros Según tolerancias iso 2768-m



Cantidad:	Material: 1,0044 (S275JR)	Acabado: SOLDADURA	Hoja 1 de 1
Diseñado	C. Serrano	11/11/2020	Formato A4 V
Dibujado	C. Serrano	11/11/2020	Masa (Kg): 0,49
Escala 1:5	Nombre Pieza KC-01.12-Canto apoyo batería-chasis		Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un CarCross de competición UNIVERSITAT JAUME•I
			Cotas en milímetros Según tolerancias iso 2768-m

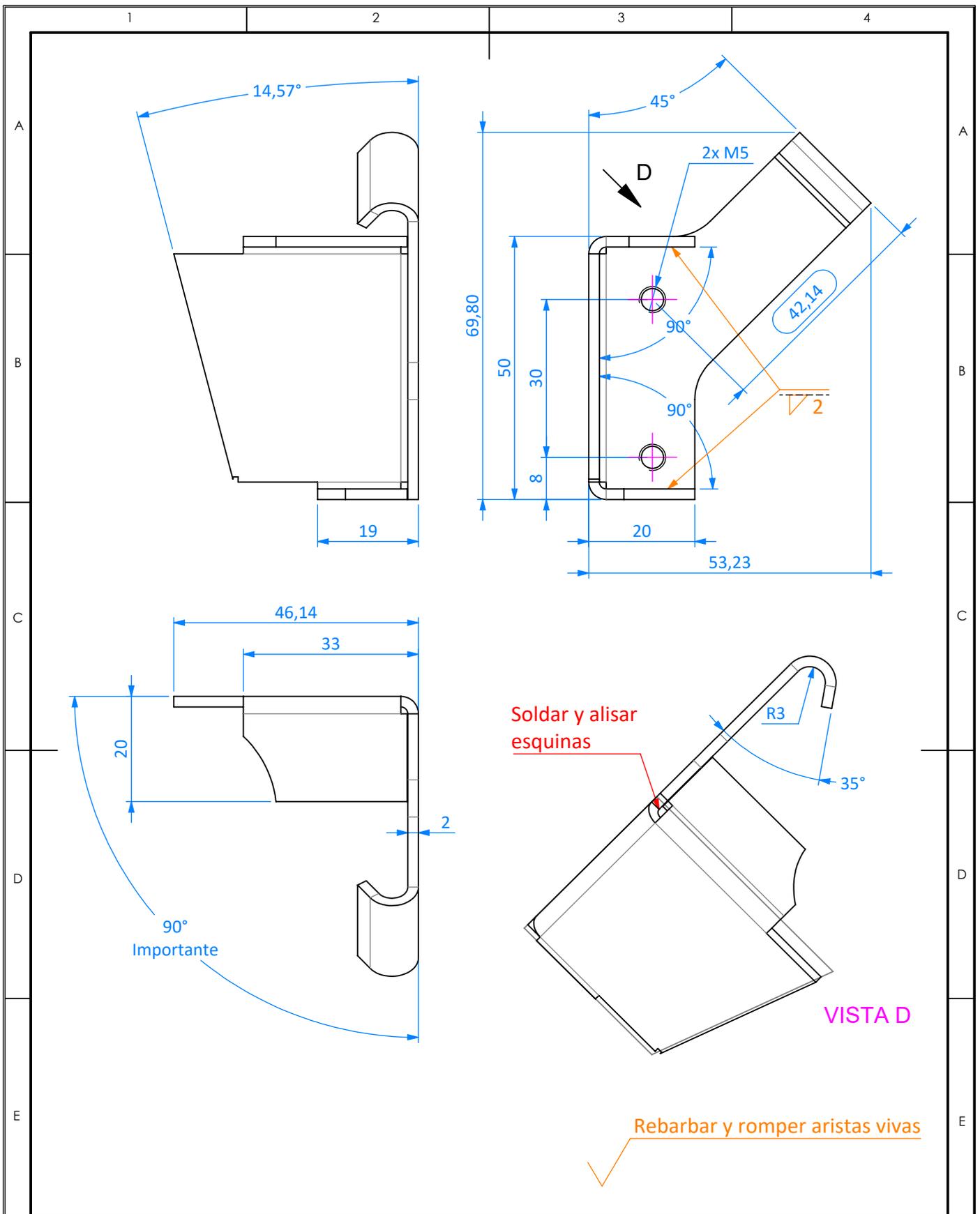


VISTA D

Rebarbar y romper aristas vivas

Cantidad:	Material: 1,0044 (S275JR)		Acabado: SOLDADURA		Hoja 1 de 1	
	Proceso fabricación: CORTE LÁSER + PLEGADO + SOLDADURA		Formato A4 V		Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un CarCross de competición	
Diseñado	C. Serrano	11/11/2020				
Dibujado	C. Serrano	11/11/2020			Masa (Kg): 0,07	
Escala 1:1	Nombre Pieza KC-01.13A-Soporte horquilla			Cotas en milímetros Según tolerancias iso 2768-m		





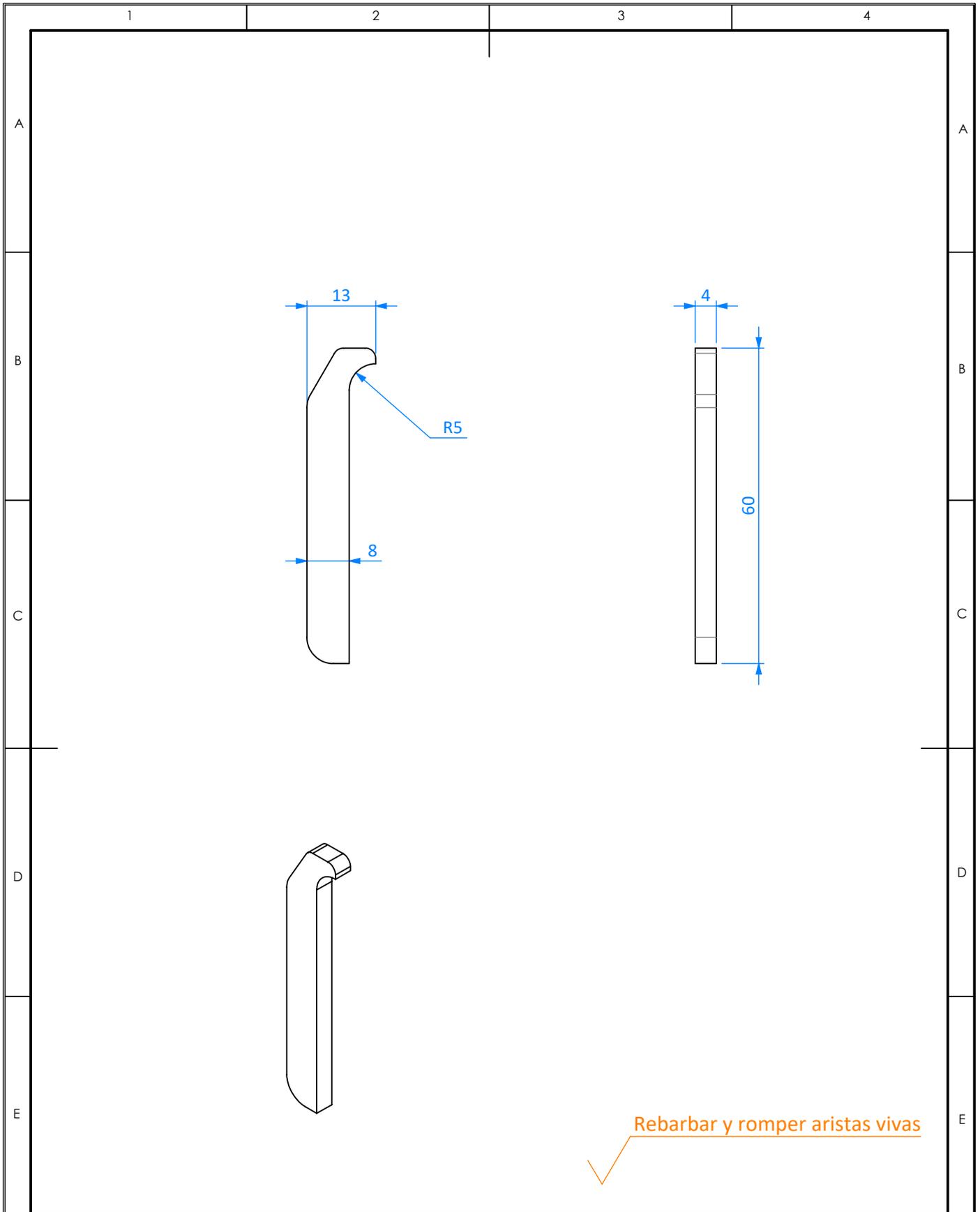
Cantidad:	Material: 1,0044 (S275JR)	Acabado: SOLDADURA	Hoja 1 de 1
	Proceso fabricación: CORTE LÁSER + PLEGADO + SOLDADURA	Formato A4 V	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un <i>CarCross</i> de competición
Diseñado	C. Serrano 11/11/2020		
Dibujado	C. Serrano 11/11/2020	Masa (Kg): 0,00	
Escala 1:1	Nombre Pieza KC-01.13B-Soporte horquilla_SIM		

1

2

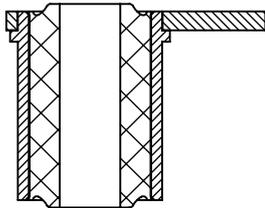
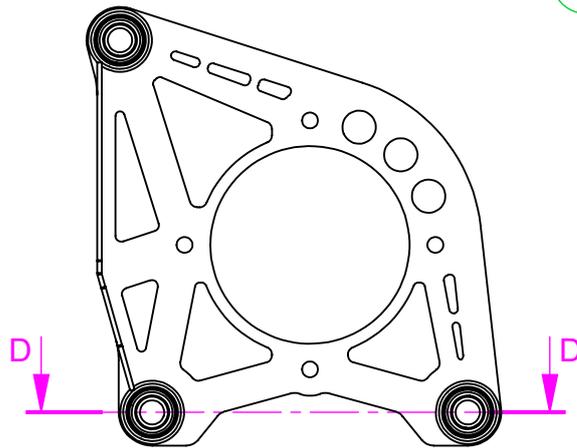
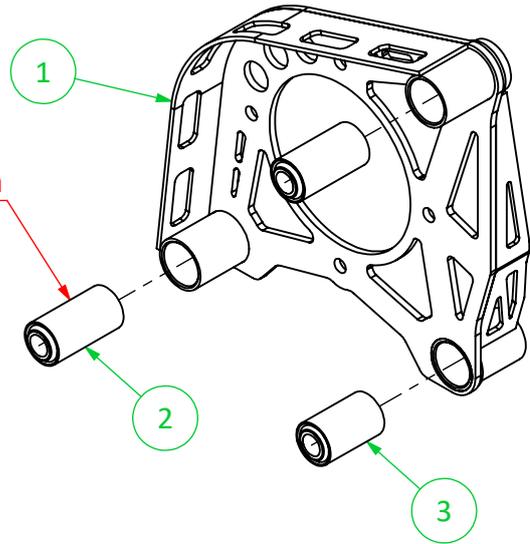
3

4

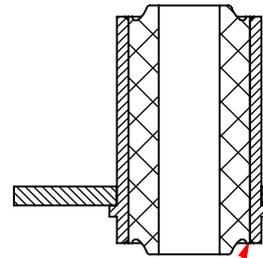


Cantidad:	Material: 1,0044 (S275JR)	Acabado: SOLDADURA	Hoja 1 de 1
	Proceso fabricación: CORTE LÁSER	Formato A4 V	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un CarCross de competición
Diseñado	C. Serrano 11/11/2020		
Dibujado	C. Serrano 11/11/2020	Masa (Kg): 0,01	
Escala 1:1	Nombre Pieza KC-01.14-Canto refuerzo anclaje superior batería		Cotas en milímetros Según tolerancias iso 2768-m

Montaje en prensa por interferencia



SECCIÓN D-D
ESCALA 1 : 2



Coincidir el borde del casquillo exterior de los silentblocks con la cara externa del casquillo de alojamiento, en ambos extremos.

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	KC-02.00-Soporte motor silentblocks	1
2	Silentblock Silentflex 951329	2
3	Silentblock Silentflex 951326	1

Cantidad:	Material:	Acabado: SIN ACABADO	Hoja 1 de 1
	Proceso fabricación: MONTAJE EN PRENSA	Formato A4 V	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un CarCross de competición
Diseñado	C. Serrano 12/11/2020		
Dibujado	C. Serrano 12/11/2020	Masa (Kg): 2,21	
Escala 1:5	Nombre Pieza KC-CE.02-Soporte motor con silentblocks	Cotas en milímetros Según tolerancias iso 2768-m	

ATENCIÓN: Emplear útiles de soldadura para posicionar todas las piezas entre sí, según las indicaciones de esta vista

NOTA: Emplear tornillería:

- 6 x DIN933 M8 de 15mm de longitud
- 6 x Arandela plana DIN125 M8

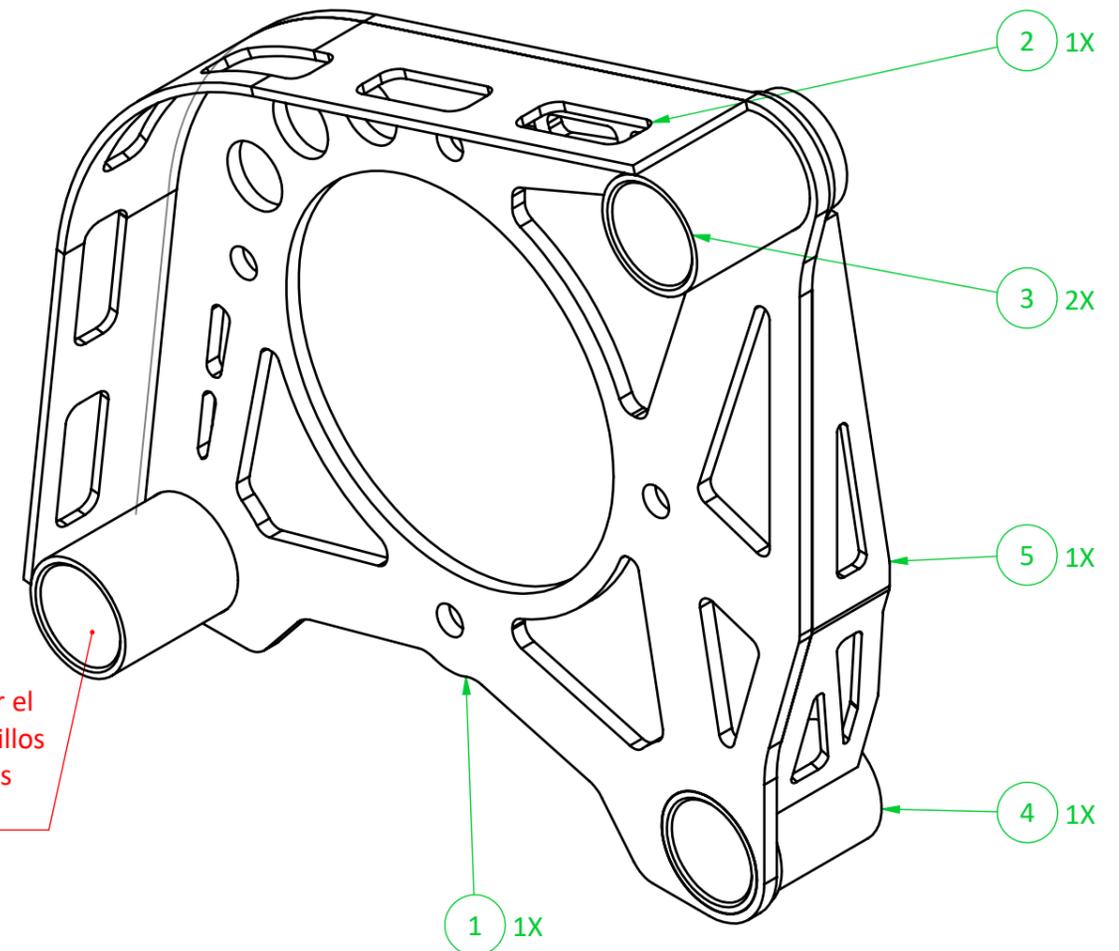
KC-U.04-bulón largo posicionado casquillo 2X

KC-U.06-Arandela empaquetado casquillos 3X

KC-U.03-bulón corto posicionado casquillo 1X

KC-U.02-Plantilla posicionado bulones casquillos soporte motor 1X

KC-U.05-casquillo posicionado casquillo motor 2X

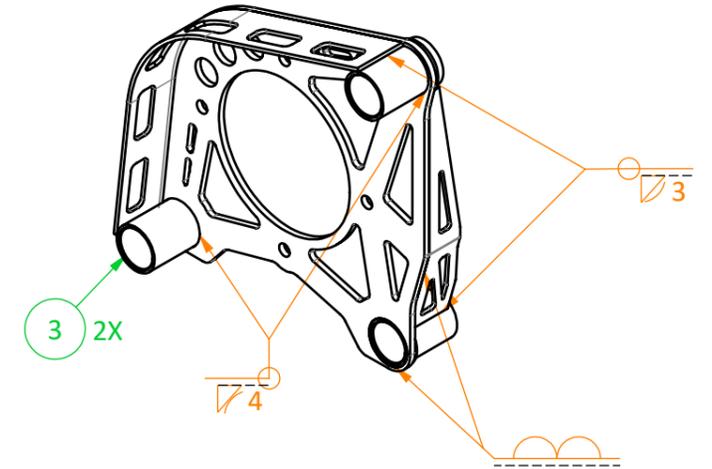
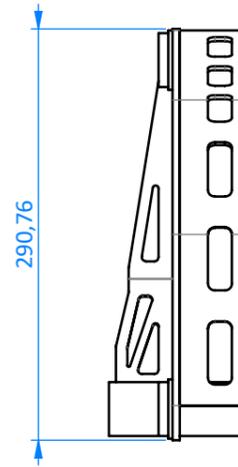
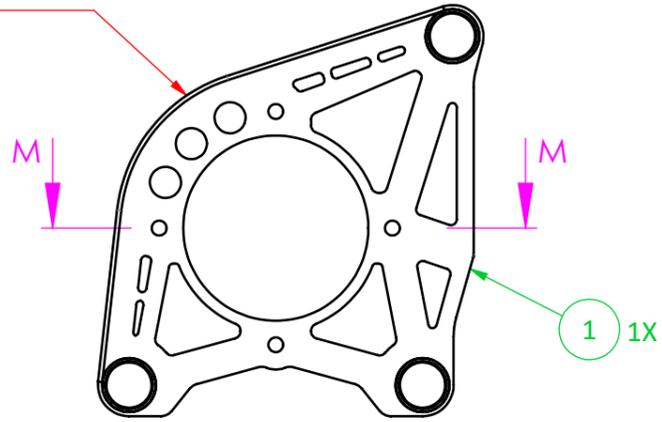


ATENCIÓN: no pintar el interior de los casquillos de alojamiento de los silentblocks

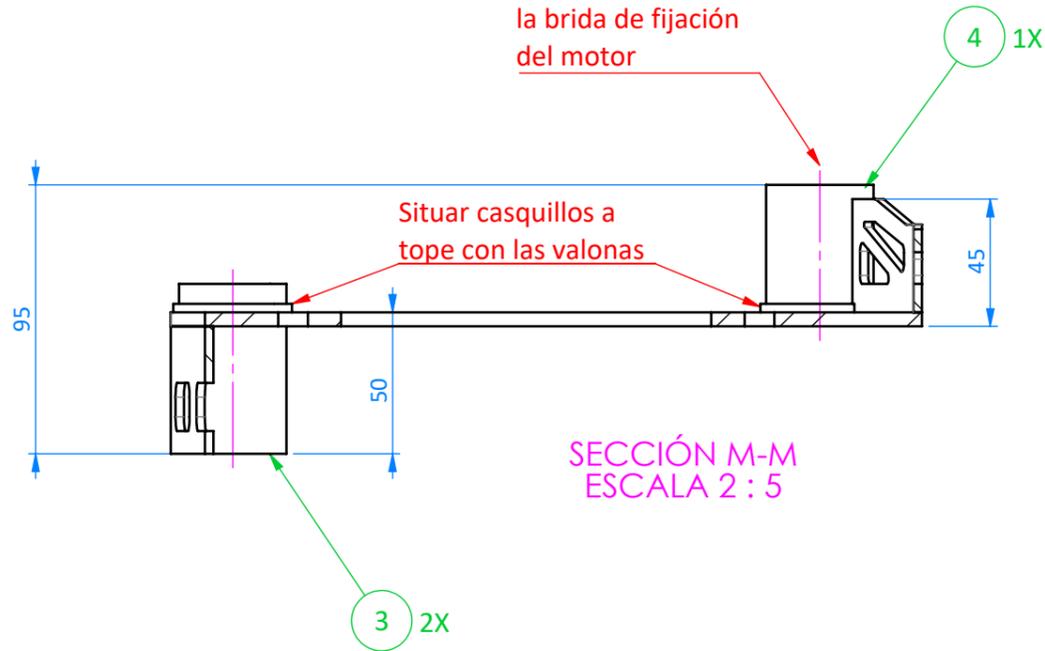
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	KC-02.01-Brida motor silentblock	1
2	KC-02.02-Arco perimetral soporte motor	1
3	KC-02.03-Casquillo montaje silentblock largo	2
4	KC-02.04-Casquillo montaje silentblock corto	1
5	KC-02.05-canto refuerzo soporte motor	1

Cantidad:	Material:	Acabado: LACADO HORNO RAL 9016	Hoja 1 de 2
	Proceso fabricación: SOLDADURA	Formato A3 H	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un CarCross de competición 
Diseñado	C. Serrano	11/11/2020	
Dibujado	C. Serrano	11/11/2020	
Escala 1:2	Nombre Pieza KC-02.00-Soporte motor silentblocks		Cotas en milímetros Según tolerancias iso 2768-m

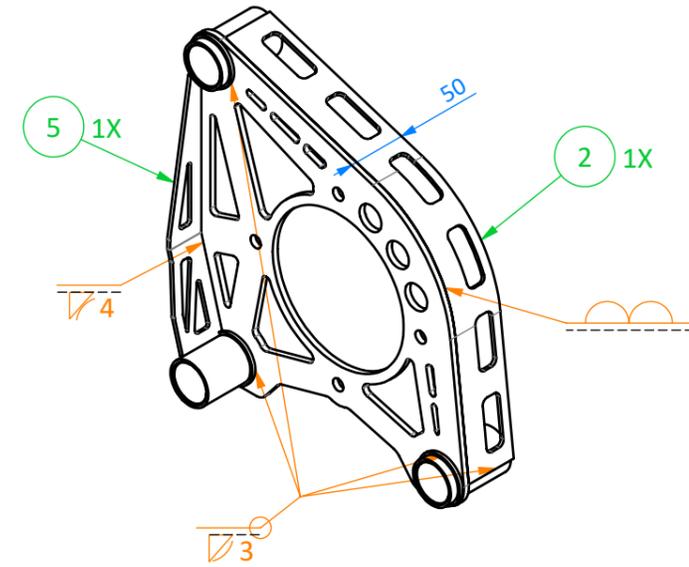
Forma de los refuerzos coincidente con la brida de fijación del motor



Todos los casquillos perpendiculares a la brida de fijación del motor

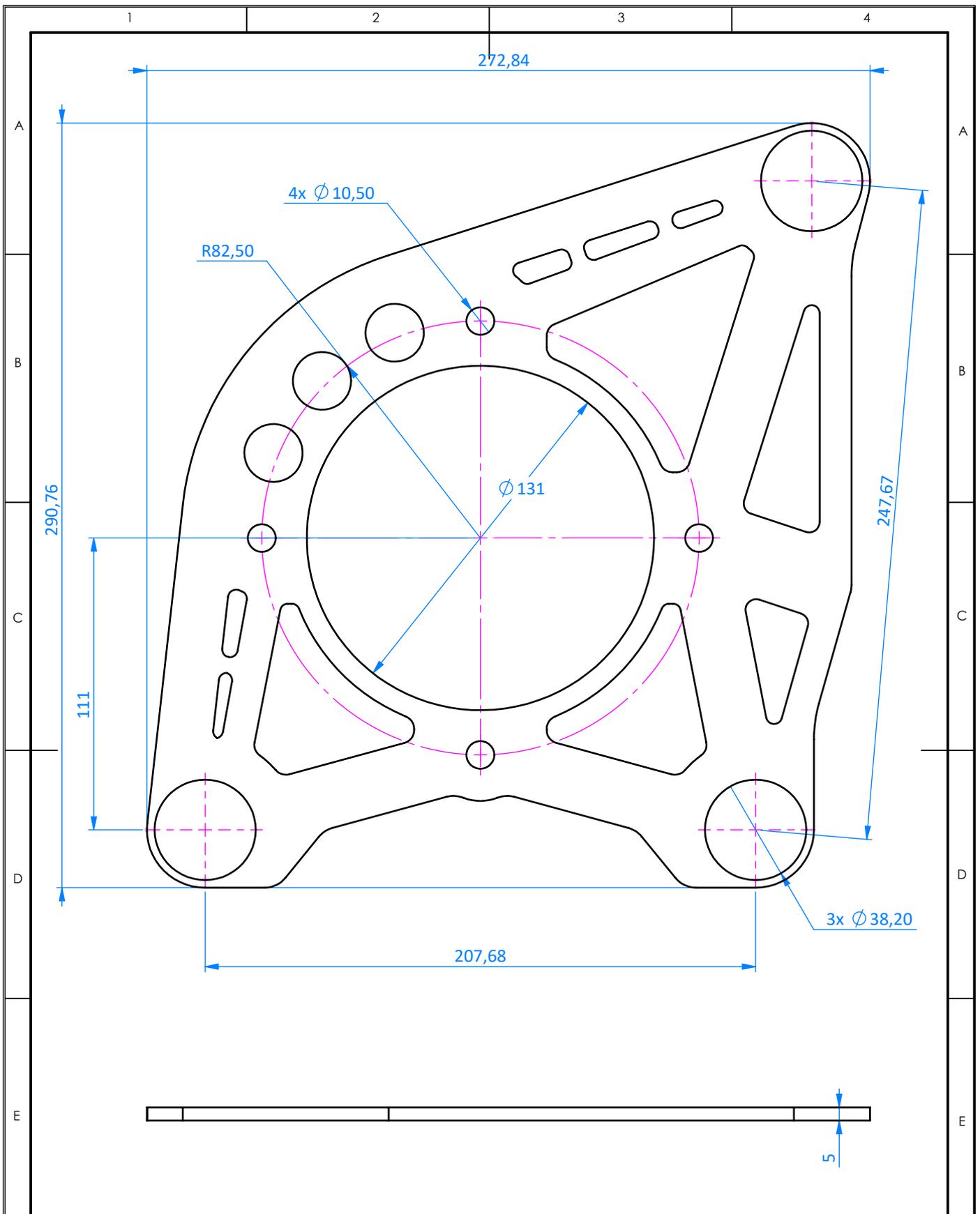


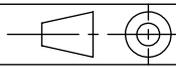
SECCIÓN M-M
ESCALA 2 : 5

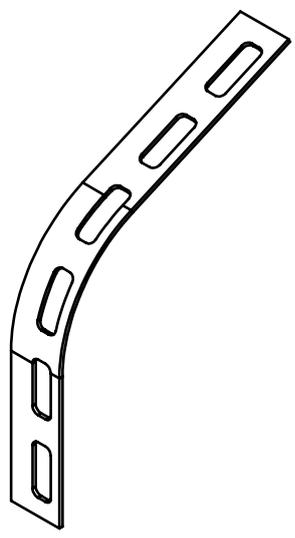
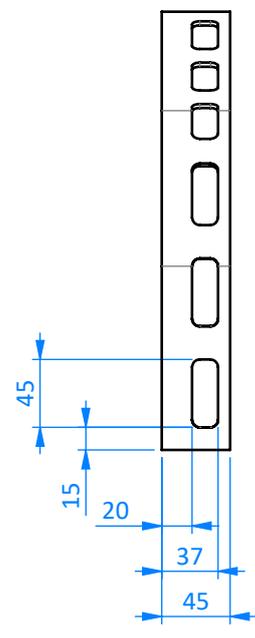
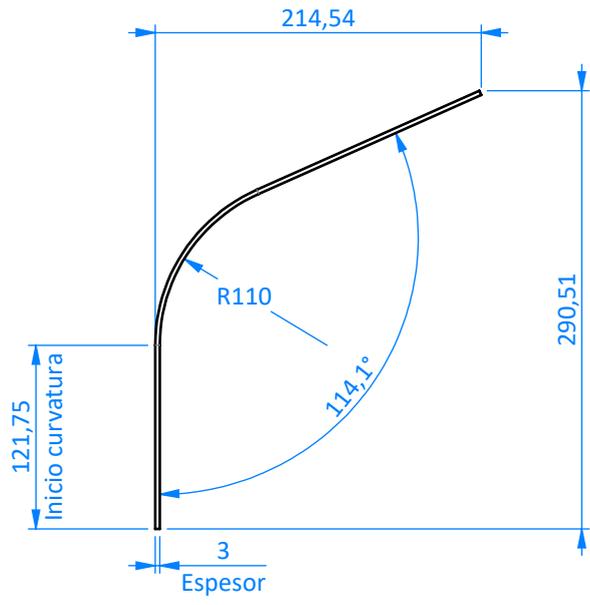


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	KC-02.01-Brida motor silentblock	1
2	KC-02.02-Arco perimetral soporte motor	1
3	KC-02.03-Casquillo montaje silentblock largo	2
4	KC-02.04-Casquillo montaje silentblock corto	1
5	KC-02.05-canto refuerzo soporte motor	1

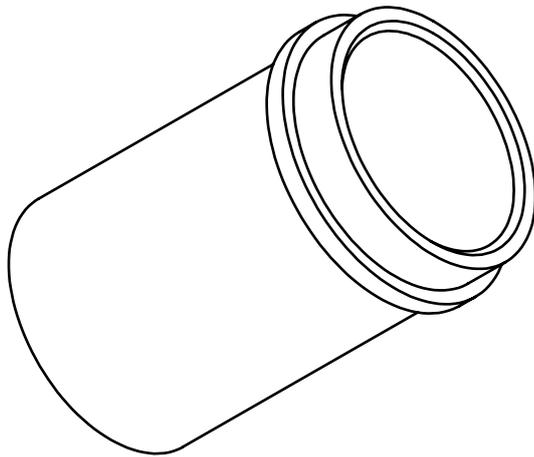
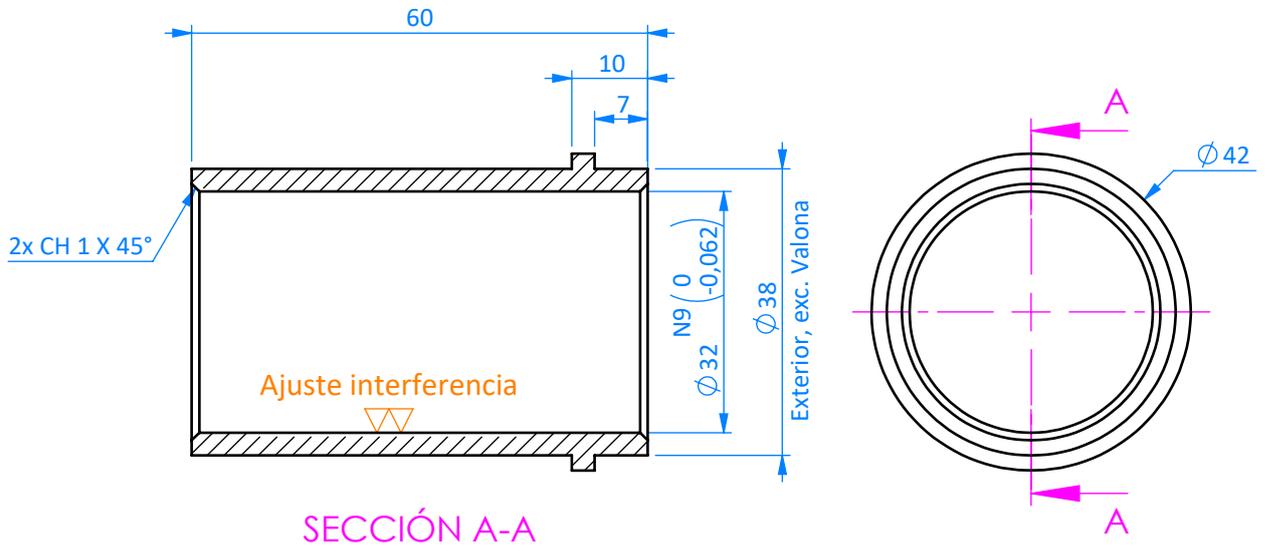
Cantidad:	Material:	Acabado: LACADO HORNO RAL 9016	Hoja 2 de 2
	Proceso fabricación: SOLDADURA	Formato A3 H	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un CarCross de competición 
Diseñado	C. Serrano 11/11/2020		
Dibujado	C. Serrano 11/11/2020	Masa (Kg): 2,09	
Escala 1:5	Nombre Pieza KC-02.00-Soporte motor silentblocks		Cotas en milímetros Según tolerancias iso 2768-m



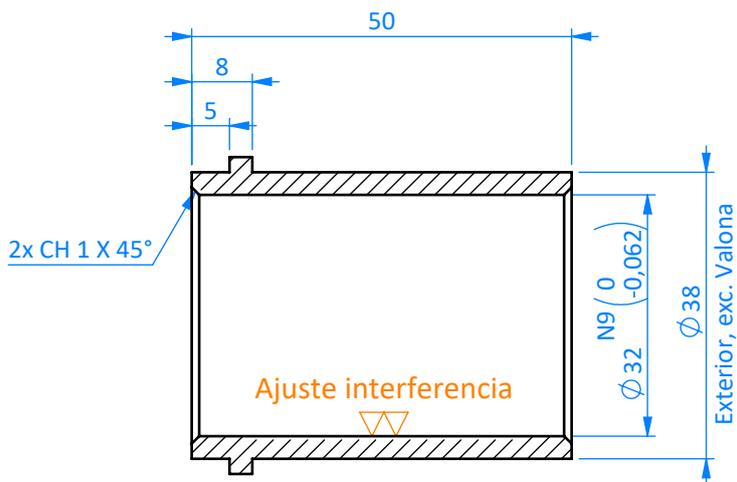
Cantidad:	Material: 1,0044 (S275JR)		Acabado: SOLDADURA		Hoja 1 de 1	
	Proceso fabricación: CORTE LÁSER		Formato A4 V		Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un CarCross de competición	
Diseñado	C. Serrano	11/11/2020				
Dibujado	C. Serrano	11/11/2020			Masa (Kg): 1,20	
Escala 1:2	Nombre Pieza KC-02.01-Brida motor silentblock			Cotas en milímetros Según tolerancias iso 2768-m		



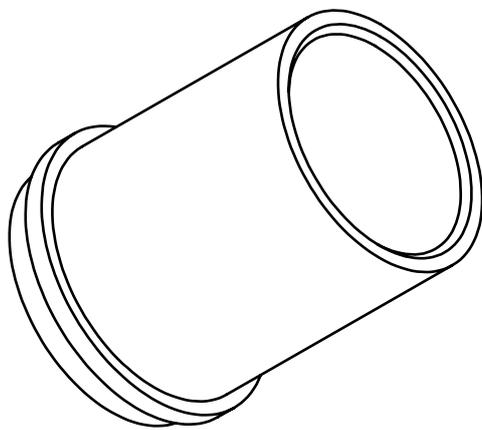
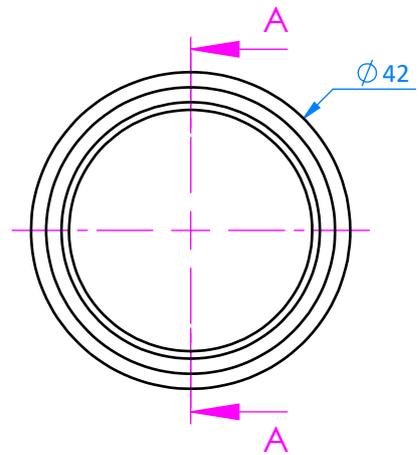
Cantidad:	Material: 1,0044 (S275JR)	Acabado: SOLDADURA	Hoja 1 de 1
	Proceso fabricación: CORTE LÁSER	Formato A4 V	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un CarCross de competición
Diseñado	C. Serrano 11/11/2020		
Dibujado	C. Serrano 11/11/2020	Masa (Kg): 0,33	
Escala 1:5	Nombre Pieza KC-02.02-Arco perimetral soporte motor		Cotas en milímetros Según tolerancias iso 2768-m



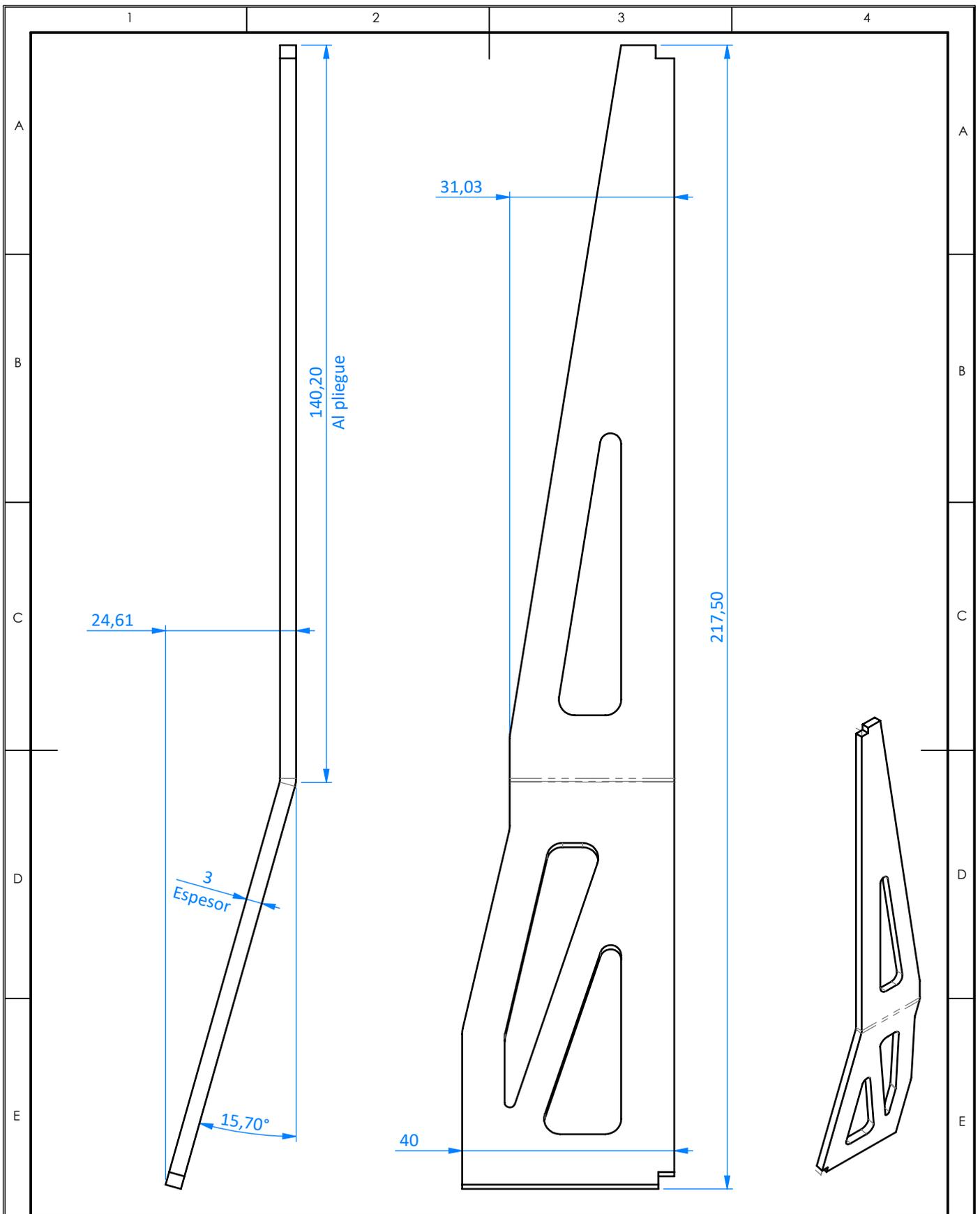
Cantidad:	Material: 1,1191 (C45E)	Acabado: SOLDADURA	Hoja 1 de 1
	Proceso fabricación: MECANIZADO	Formato A4 V	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un CarCross de competición
Diseñado	C. Serrano 11/11/2020		
Dibujado	C. Serrano 11/11/2020	Masa (Kg): 0,16	
Escala 1:1	Nombre Pieza KC-02.03-Casquillo montaje silentblock largo		Cotas en milímetros Según tolerancias iso 2768-m



SECCIÓN A-A



Cantidad:	Material: 1,1191 (C45E)	Acabado: SOLDADURA	Hoja 1 de 1
	Proceso fabricación: MECANIZADO	Formato A4 V	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un CarCross de competición
Diseñado	C. Serrano 11/11/2020		
Dibujado	C. Serrano 11/11/2020	Masa (Kg): 0,13	
Escala 1:1	Nombre Pieza KC-02.04-Casquillo montaje silentblock corto		Cotas en milímetros Según tolerancias iso 2768-m



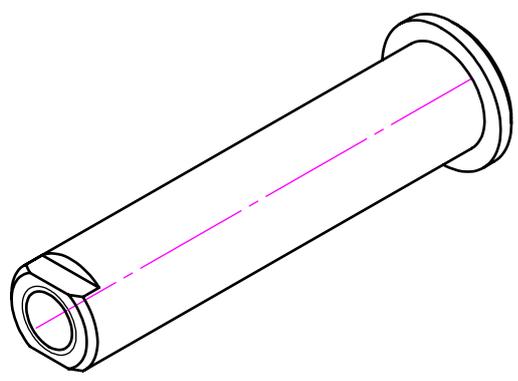
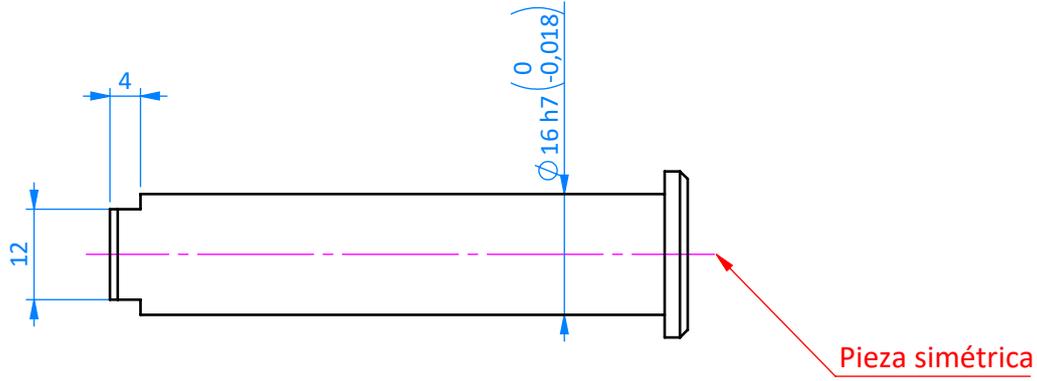
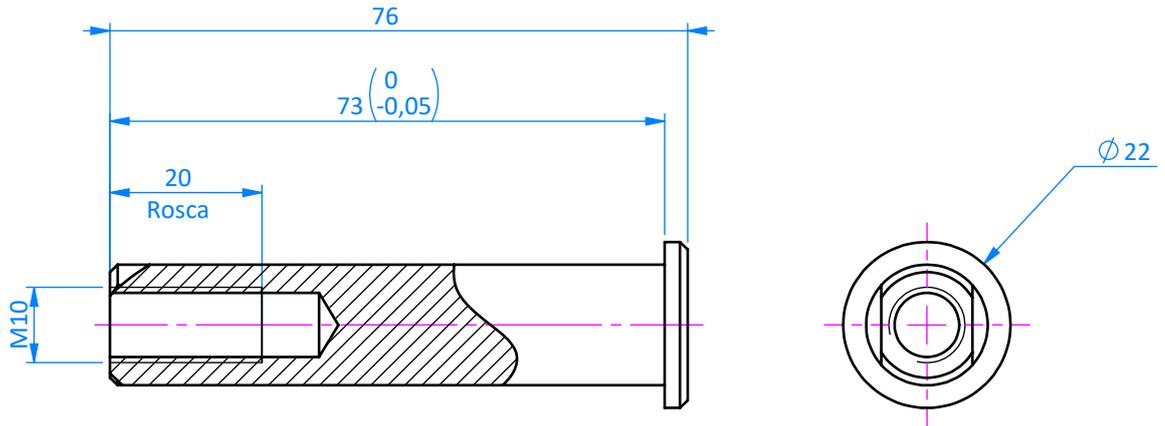
Cantidad:	Material: 1,0044 (S275JR)	Acabado: SOLDADURA	Hoja 1 de 1
	Proceso fabricación: CORTE LÁSER + PLEGADO	Formato A4 V	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un CarCross de competición
Diseñado	C. Serrano 11/11/2020		
Dibujado	C. Serrano 11/11/2020	Masa (Kg): 0,11	
Escala 1:1	Nombre Pieza KC-02.05-canto refuerzo soporte motor		Cotas en milímetros Según tolerancias iso 2768-m

1

2

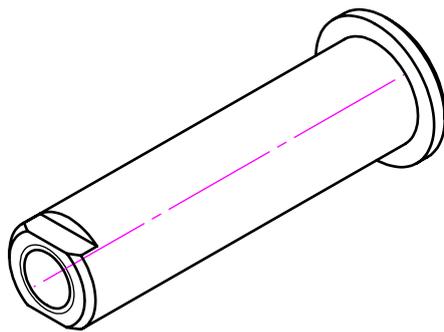
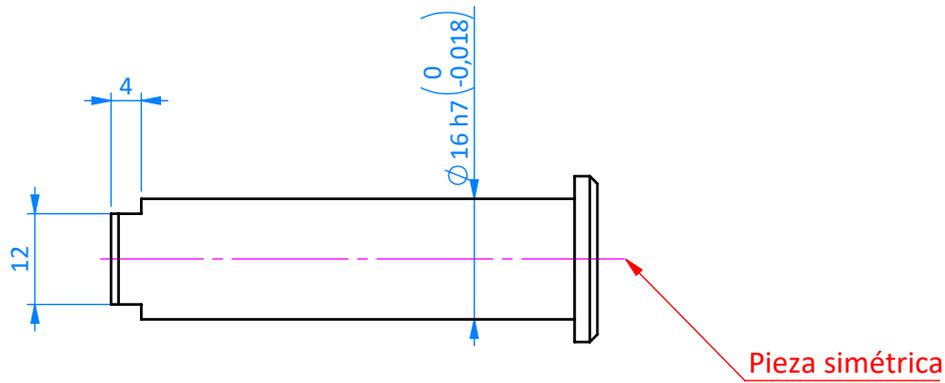
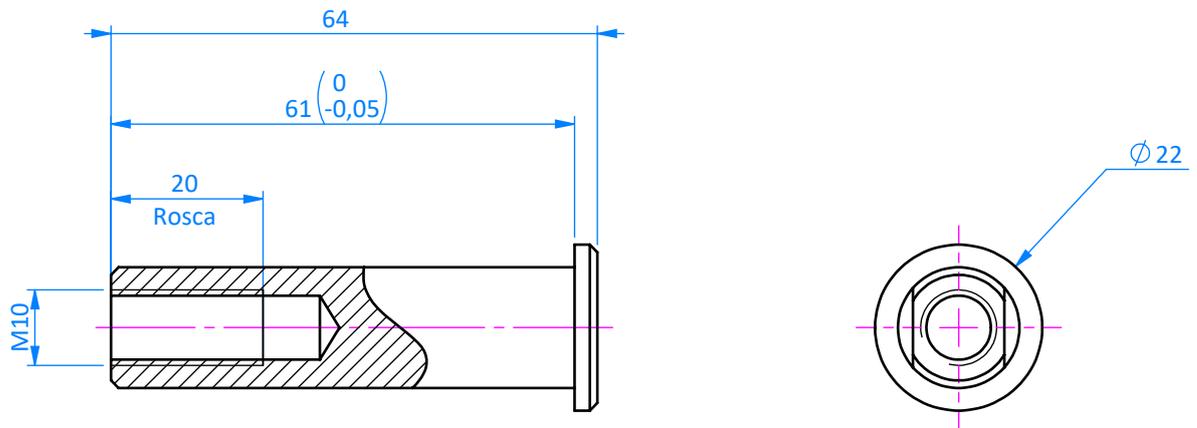
3

4

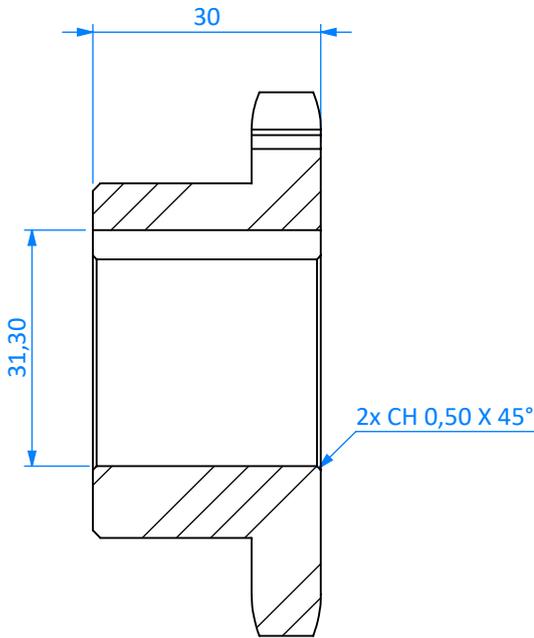


Cantidad:	Material: 1,1191 (C45E)	Acabado: PAVONADO	Hoja 1 de 1
	Proceso fabricación: MECANIZADO	Formato A4 V	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un CarCross de competición
Diseñado	C. Serrano	11/11/2020	
Dibujado	C. Serrano	11/11/2020	Masa (Kg): 0,11
Escala 1:1	Nombre Pieza KC-03-Bulón montaje casquillos silentblock largo		Cotas en milímetros Según tolerancias iso 2768-m

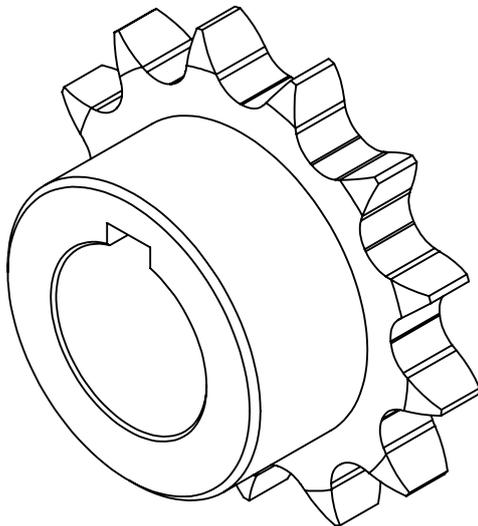
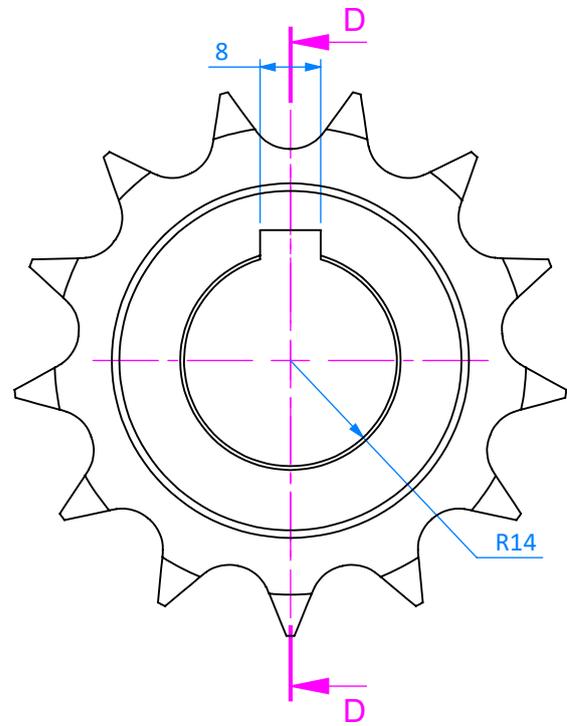




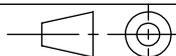
Cantidad:	Material: 1,1191 (C45E)	Acabado: PAVONADO	Hoja 1 de 1
	Proceso fabricación: MECANIZADO	Formato A4 V	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un <i>CarCross</i> de competición
Diseñado	C. Serrano 11/11/2020		
Dibujado	C. Serrano 11/11/2020	Masa (Kg): 0,09	
Escala 1:1	Nombre Pieza KC-04-Bulón montaje casquillos silentblock corto		Cotas en milímetros Según tolerancias iso 2768-m

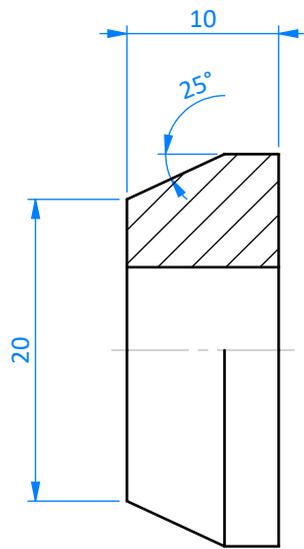


SECCIÓN D-D

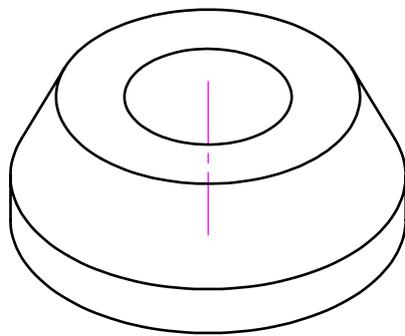
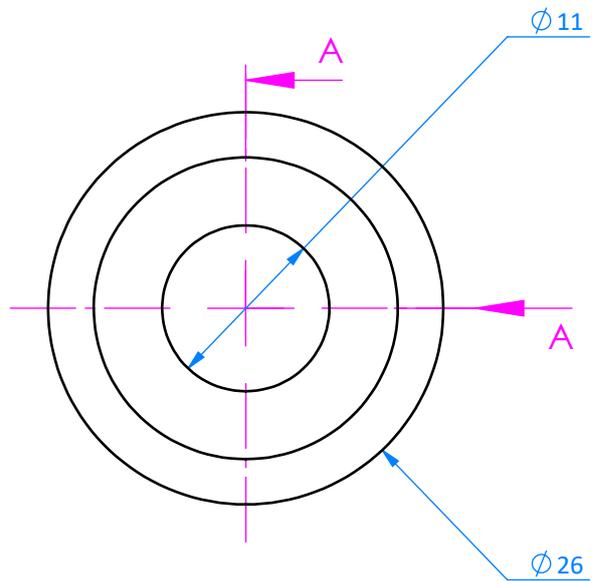


Rebarbar y romper aristas vivas

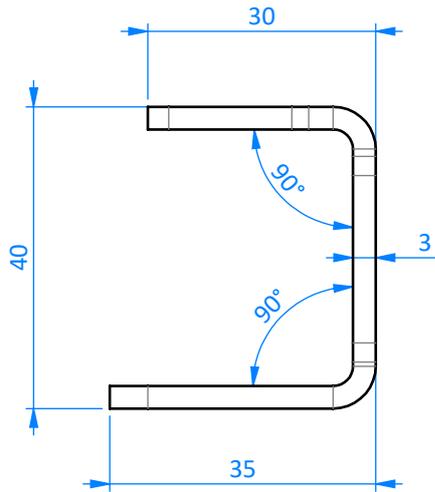
Cantidad:	Material: 1,1191 (C45E)	Acabado: NINGUNO	Hoja 1 de 1
	Proceso fabricación: MECANIZADO	Formato A4 V	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un CarCross de competición
Diseñado	C. Serrano 11/11/2020		
Dibujado	C. Serrano 11/11/2020	Masa (Kg): 0,34	 UNIVERSITAT JAUME•I
Escala 1:1	Nombre Pieza KC-05-Piñón Z13 10B-1		



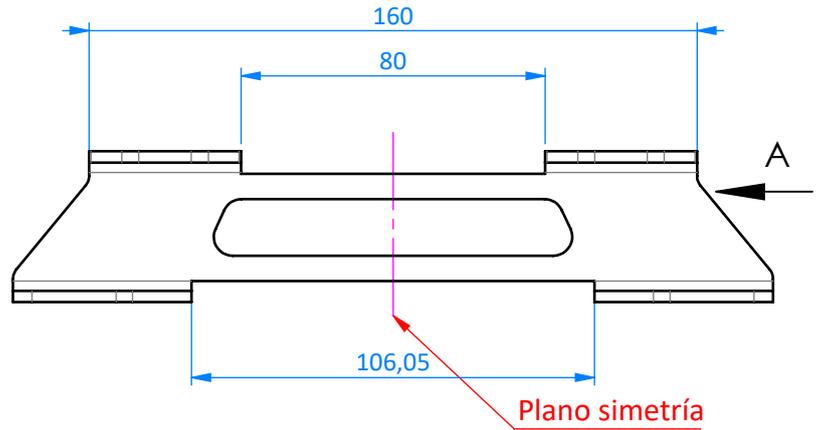
SECCIÓN A-A



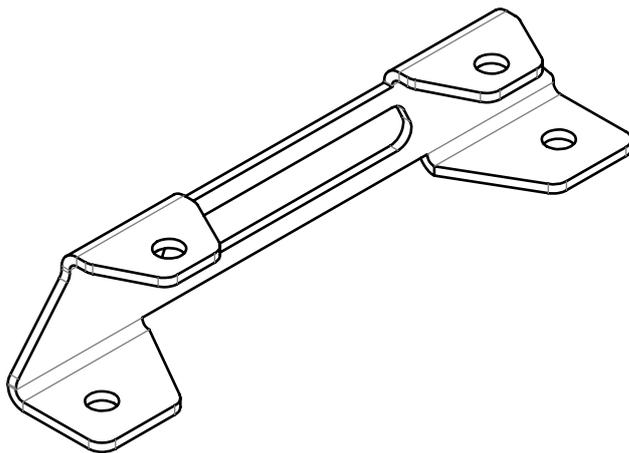
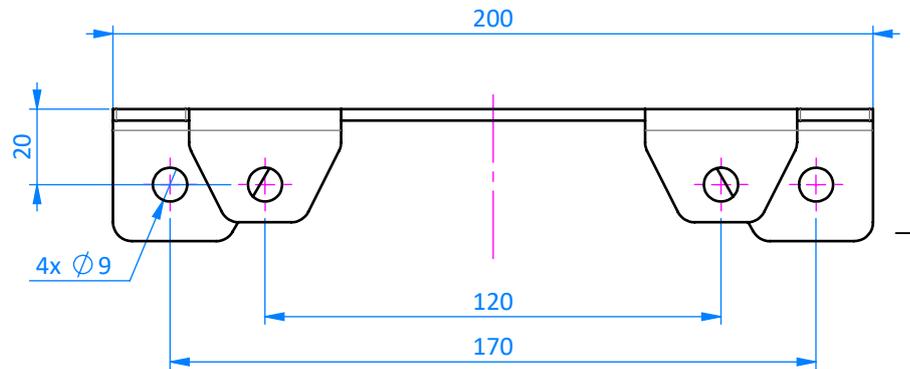
Cantidad:	Material: 1,1191 (C45E)	Acabado: GALVANIZADO	Hoja 1 de 1
	Proceso fabricación: MECANIZADO	Formato A4 V	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un CarCross de competición  UNIVERSITAT JAUME·I
Diseñado	C. Serrano	11/11/2020	
Dibujado	C. Serrano	11/11/2020	Masa (Kg): 0,03
Escala 2:1	Nombre Pieza KC-06-Casquillo suplemento soporte motor		Cotas en milímetros Según tolerancias iso 2768-m



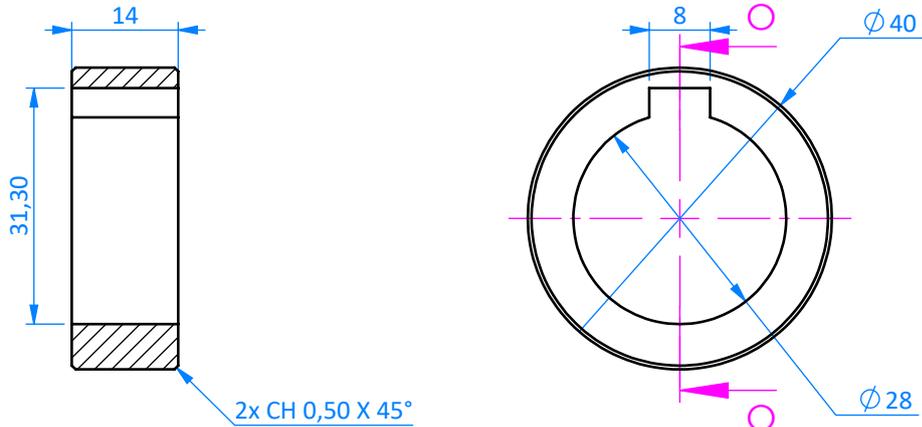
VISTA A
ESCALA 1:1



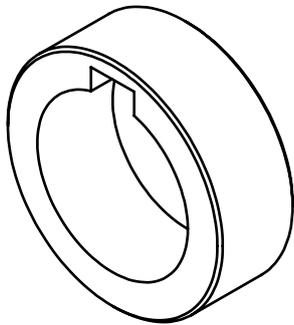
Plano simetría



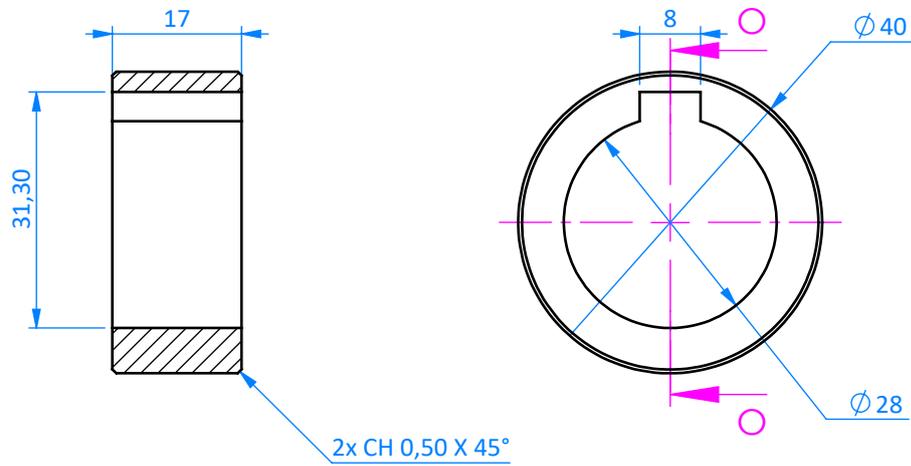
Cantidad:	Material: Chapa aluminio 5083	Acabado: NINGUNO	Hoja 1 de 1
	Proceso fabricación: CORTE LÁSER + PLEGADO	Formato A4 V	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un CarCross de competición
Diseñado	C. Serrano	11/11/2020	
Dibujado	C. Serrano	11/11/2020	Masa (Kg): 0,07
Escala 1:2	Nombre Pieza KC-07-Soporte controlador		Cotas en milímetros Según tolerancias iso 2768-m



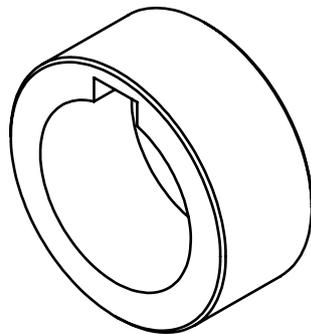
SECCIÓN O-O



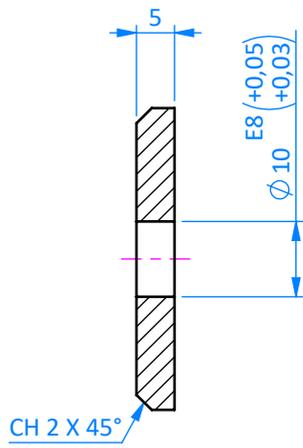
Cantidad:	Material: 1,1191 (C45E)	Acabado: PAVONADO	Hoja 1 de 1
	Proceso fabricación: MECANIZADO	Formato A4 V	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un <i>CarCross</i> de competición
Diseñado	C. Serrano 11/11/2020		
Dibujado	C. Serrano 11/11/2020	Masa (Kg): 0,07	
Escala 1:1	Nombre Pieza KC-08-Casquillo exterior posicionado piñón		



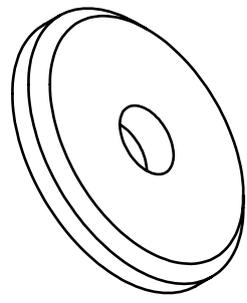
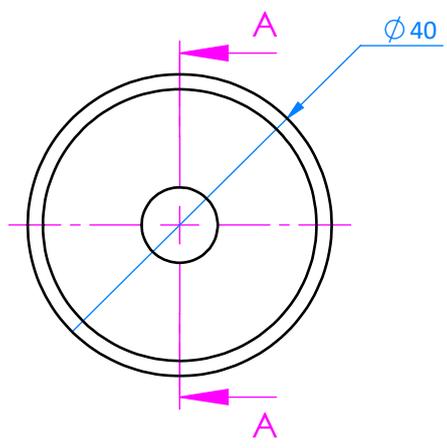
SECCIÓN O-O

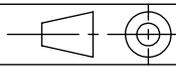


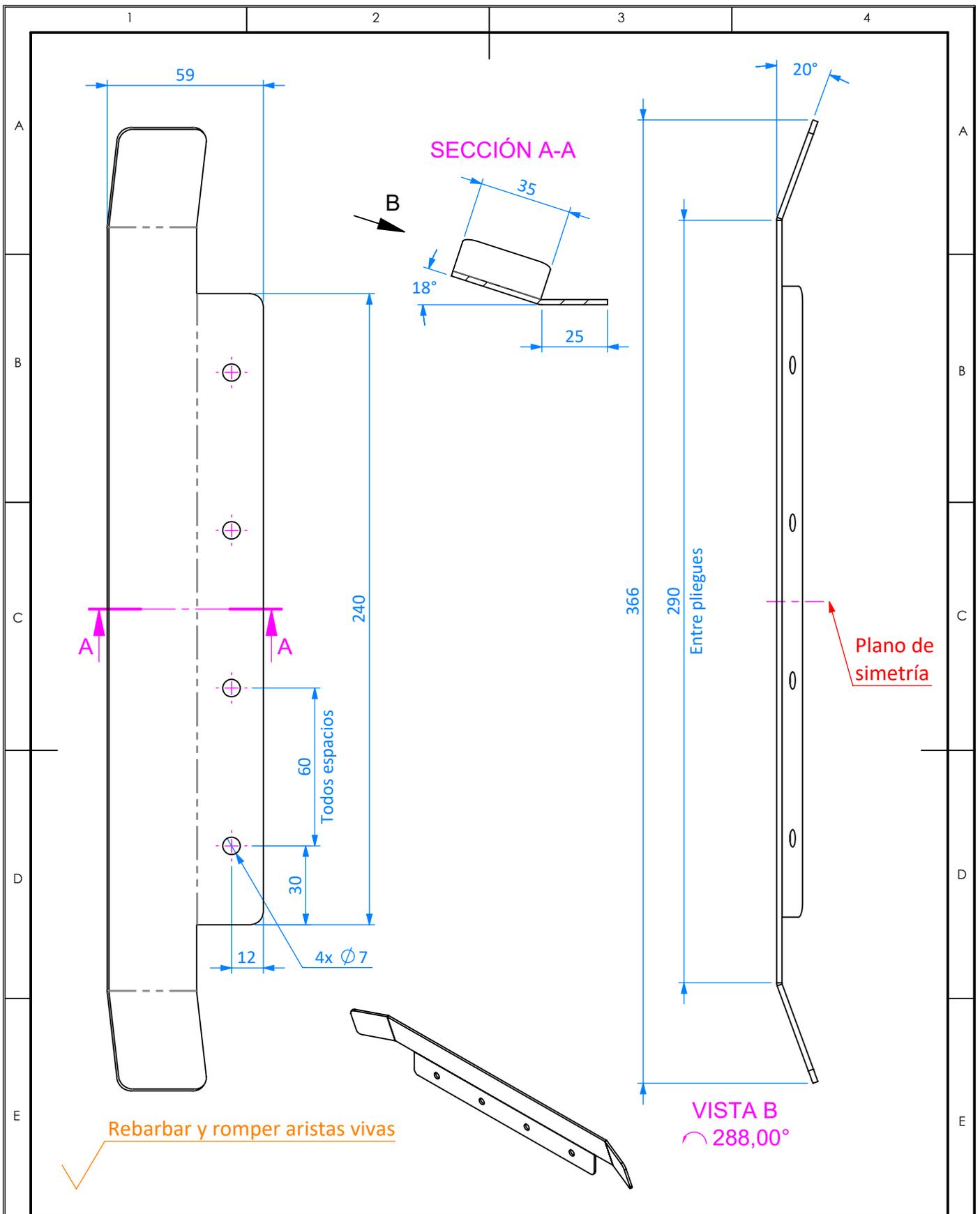
Cantidad:	Material: 1,1191 (C45E)	Acabado: PAVONADO	Hoja 1 de 1
	Proceso fabricación: MECANIZADO	Formato A4 V	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un CarCross de competición
Diseñado	C. Serrano 11/11/2020		
Dibujado	C. Serrano 11/11/2020	Masa (Kg): 0,08	
Escala 1:1	Nombre Pieza KC-09-Casquillo interior posicionado piñón		Cotas en milímetros Según tolerancias iso 2768-m



SECCIÓN A-A

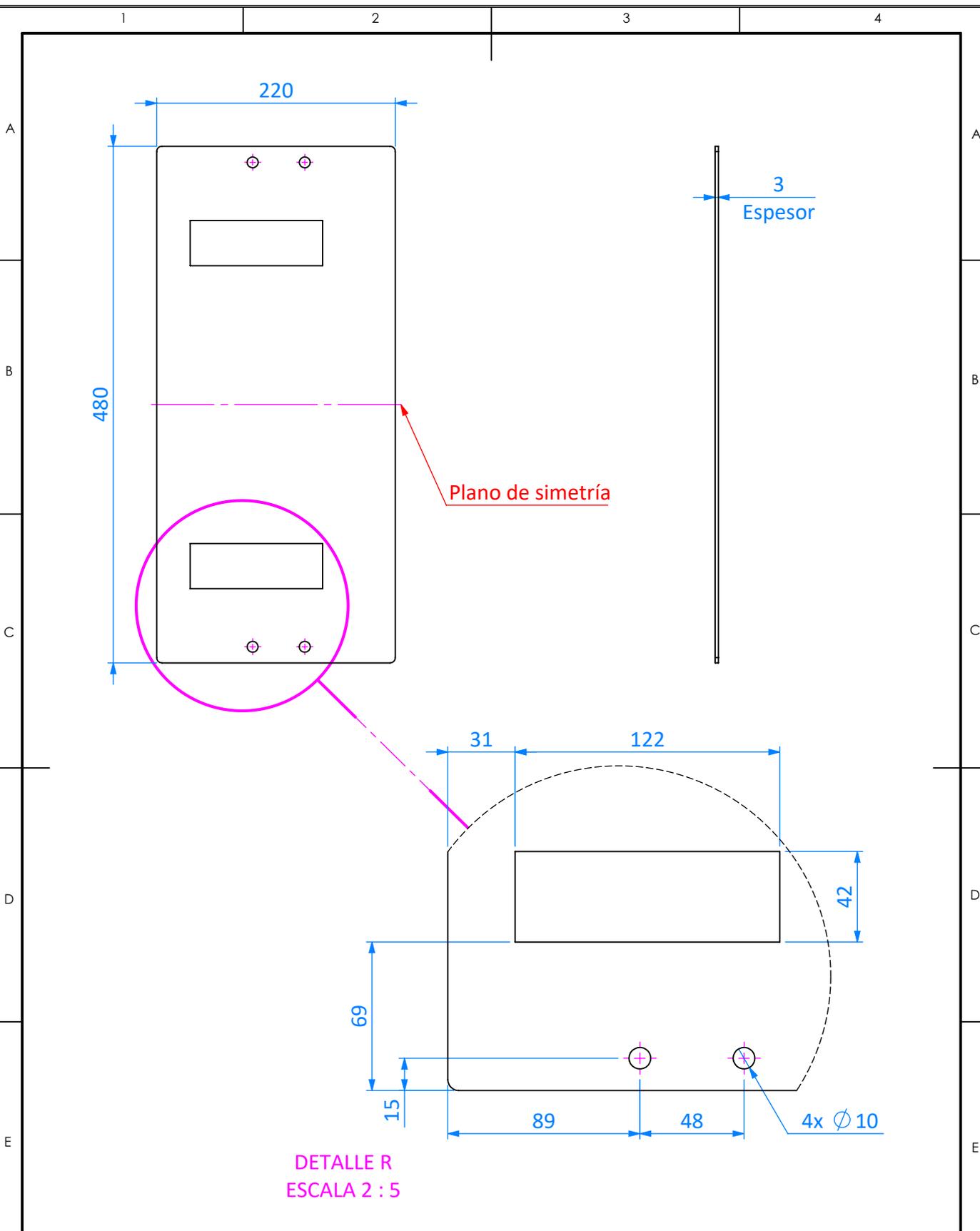


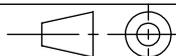
Cantidad:	Material: 1,1191 (C45E)	Acabado: PAVONADO	Hoja 1 de 1
	Proceso fabricación: MECANIZADO	Formato A4 V	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un <i>CarCross</i> de competición
Diseñado	C. Serrano 11/11/2020		
Dibujado	C. Serrano 11/11/2020	Masa (Kg): 0,04	 UNIVERSITAT JAUME·I
Escala 1:1	Nombre Pieza KC-10-Arandela cierre eje motor		Cotas en milímetros Según tolerancias iso 2768-m

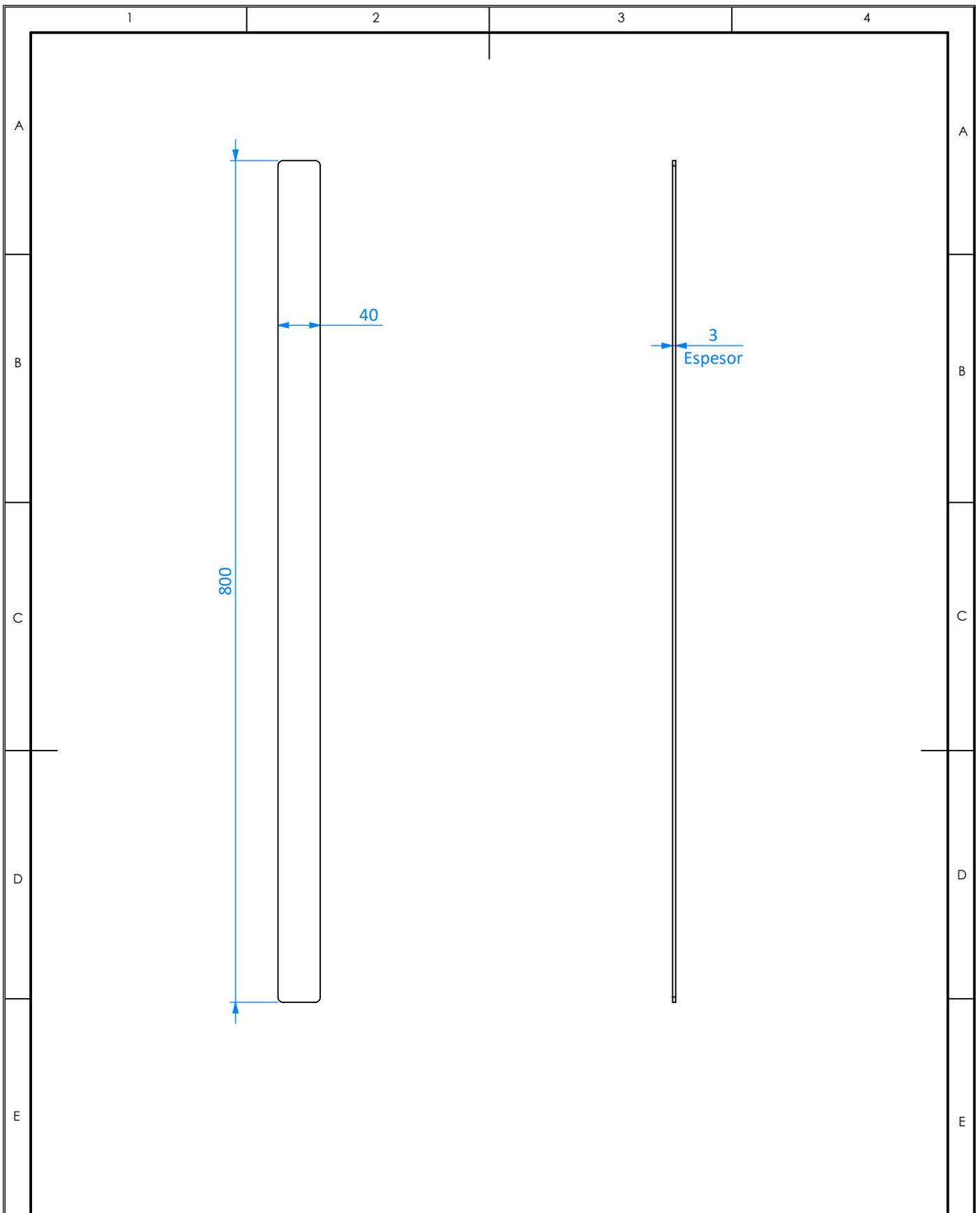


Cantidad:	Material:	1,0044 (S275JR)	Acabado:	LACADO AL HORNO RAL 9016	Hoja 1 de 1
	Proceso fabricación:	CORTE LÁSER + PLEGADO		Formato	A4 V
Diseñado	C. Serrano	11/11/2020	Masa (Kg):	0,29	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un <i>CarCross</i> de competición
Dibujado	C. Serrano	11/11/2020			
Escala	Nombre Pieza			Cotas en milímetros Según tolerancias iso 2768-m	
1:2	KC-11-Placa guía inferior batería				



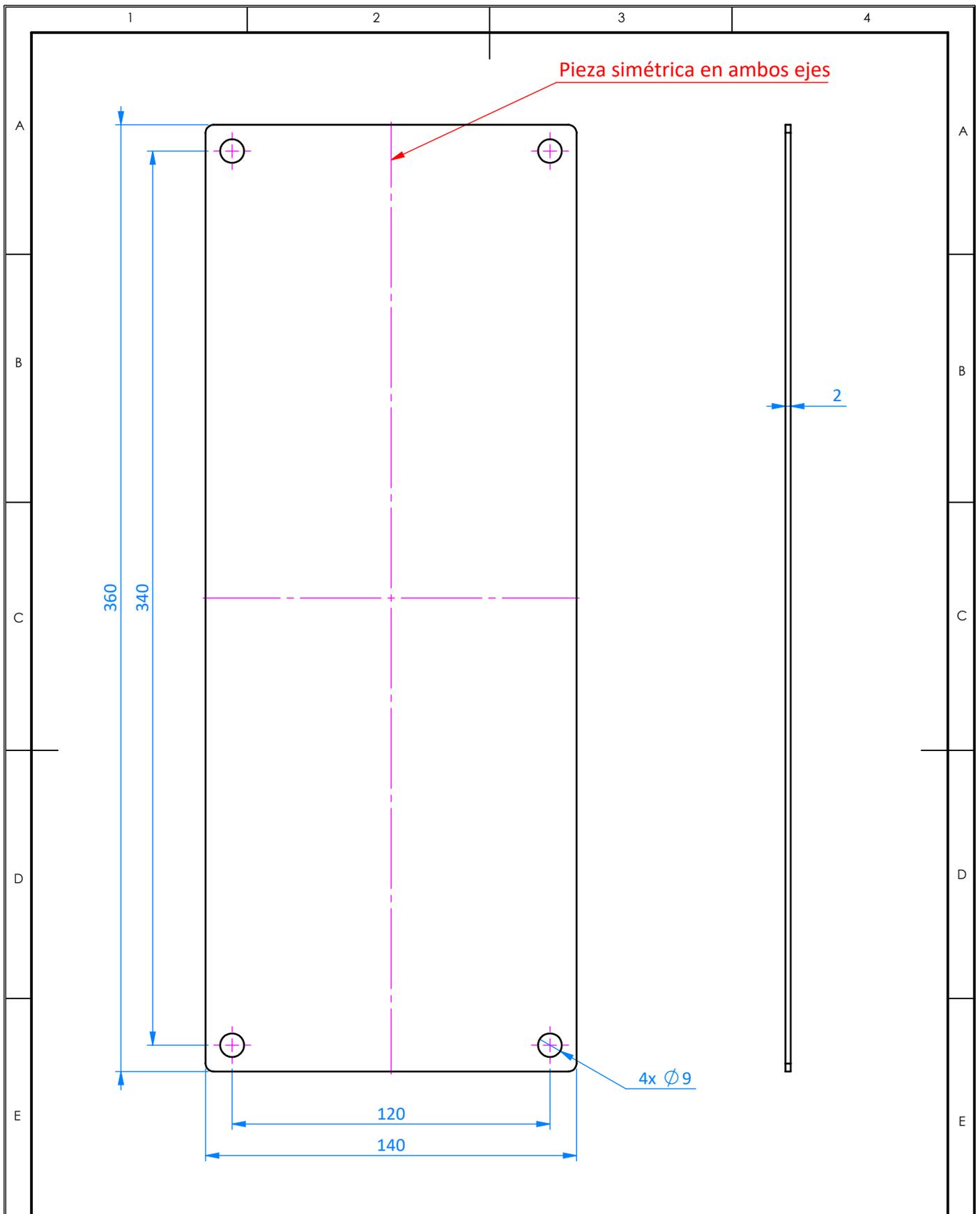


Cantidad:	Material: NBR	Acabado: NINGUNO	Hoja 1 de 1
	Proceso fabricación: CORTE	Formato A4 V	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un CarCross de competición 
Diseñado	C. Serrano 11/11/2020		
Dibujado	C. Serrano 11/11/2020	Masa (Kg): 0,33	
Escala 1:5	Nombre Pieza KC-12-Solapa NBR base batería		Cotas en milímetros Según tolerancias iso 2768-m



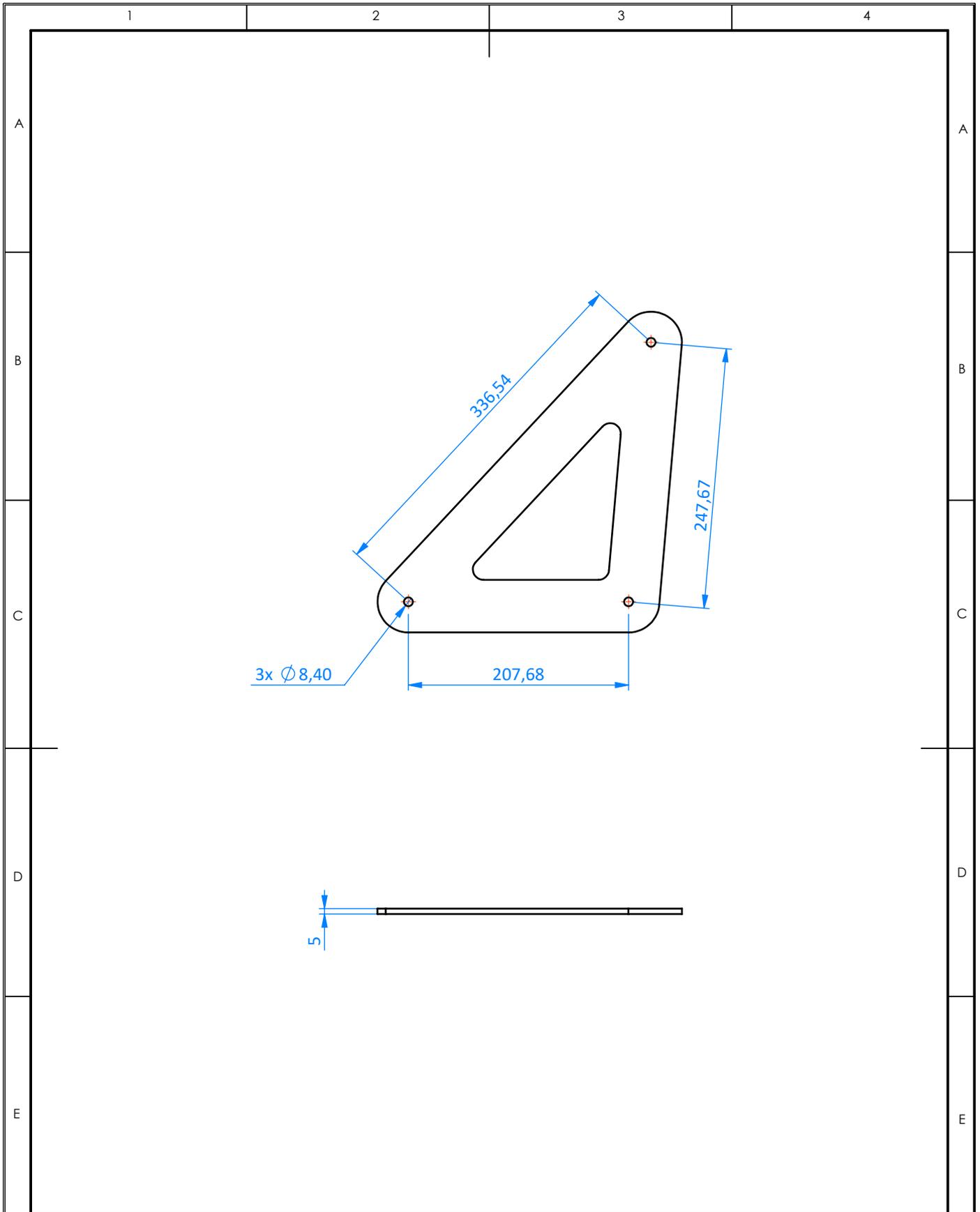
Cantidad:	Material: NBR	Acabado: NINGUNO	Hoja 1 de 1
	Proceso fabricación: CORTE	Formato A4 V	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un <i>CarCross</i> de competición
Diseñado	C. Serrano	11/11/2020	
Dibujado	C. Serrano	11/11/2020	Masa (Kg): 0,11
Escala 1:5	Nombre Pieza KC-13-Solapa NBR apoyo batería		Cotas en milímetros Según tolerancias iso 2768-m





Cantidad:	Material: 1,0044 (S275JR)	Acabado: NINGUNO	Hoja 1 de 1
	Proceso fabricación: CORTE LÁSER	Formato A4 V	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un <i>CarCross</i> de competición
Diseñado	C. Serrano	11/11/2020	
Dibujado	C. Serrano	11/11/2020	Masa (Kg): 0,78
Escala 1:2	Nombre Pieza KC-U.01-Útil soldadura soporte en chasis para controlador		Cotas en milímetros Según tolerancias iso 2768-m





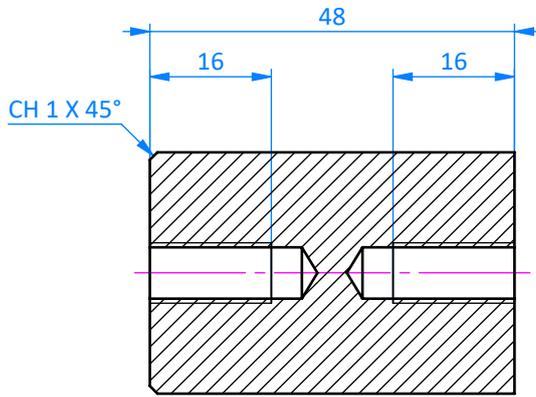
Cantidad:	Material: 1,0044 (S275JR)	Acabado: NINGUNO	Hoja 1 de 1
	Proceso fabricación: CORTE LÁSER	Formato A4 V	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un CarCross de competición
Diseñado	C. Serrano 11/11/2020		
Dibujado	C. Serrano 11/11/2020	Masa (Kg): 1,55	
Escala 1:5	Nombre Pieza KC-U.02-Plantilla posicionado bulones casquillos soporte motor		Cotas en milímetros Según tolerancias iso 2768-m

1

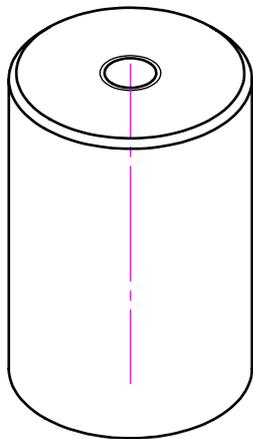
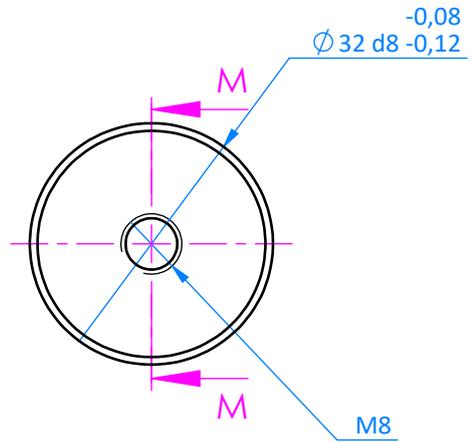
2

3

4

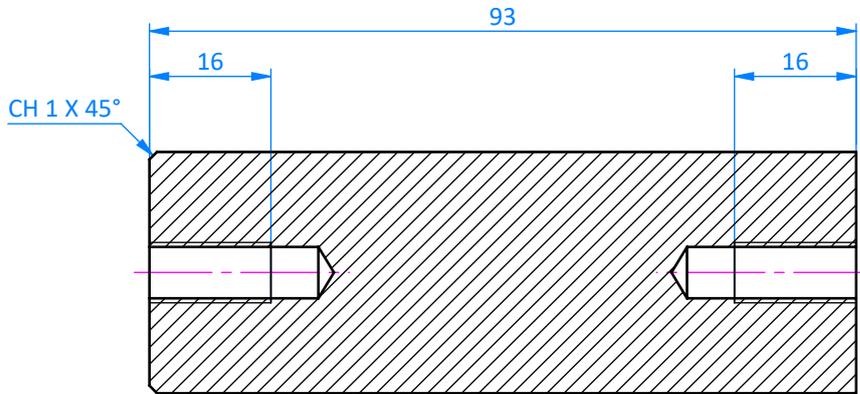


SECCIÓN M-M

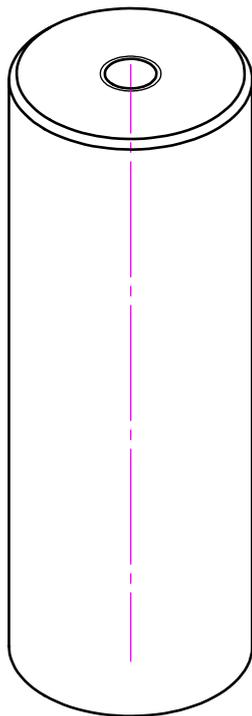
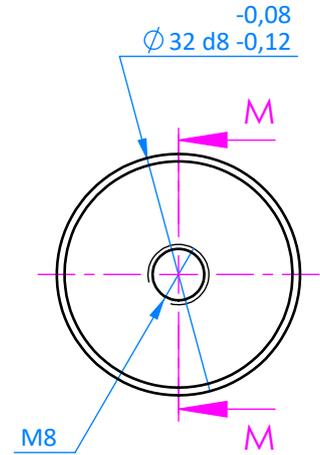


Cantidad:	Material: 1,1191 (C45E)	Acabado: NINIGUNO	Hoja 1 de 1
	Proceso fabricación: MECANIZADO	Formato A4 V	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un CarCross de competición
Diseñado	C. Serrano	11/11/2020	
Dibujado	C. Serrano	11/11/2020	Masa (Kg): 0,29
Escala 1:1	Nombre Pieza KC-U.03-bulón corto posicionado casquillo		Cotas en milímetros Según tolerancias iso 2768-m

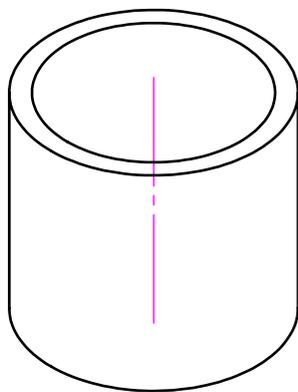
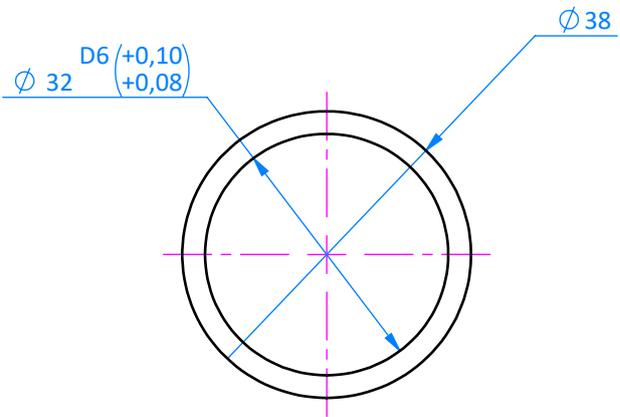
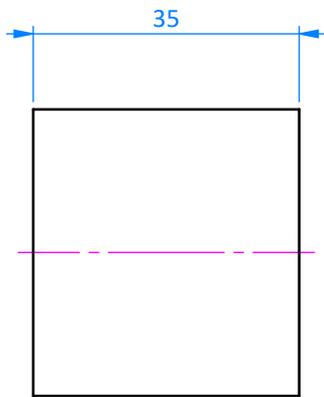




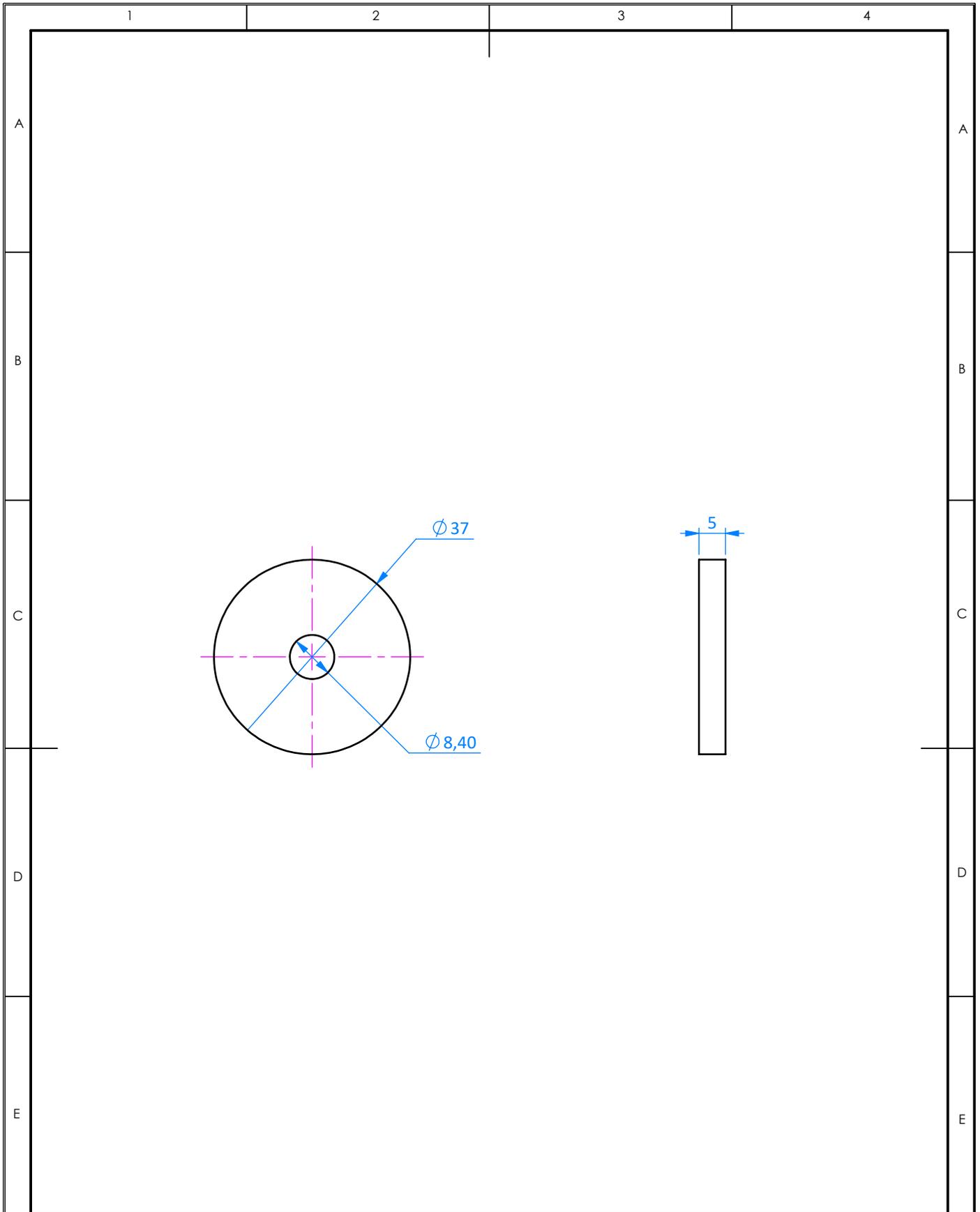
SECCIÓN M-M



Cantidad:	Material: 1,1191 (C45E)	Acabado: NINGUNO	Hoja 1 de 1
	Proceso fabricación: MECANIZADO	Formato A4 V	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un <i>CarCross</i> de competición
Diseñado	C. Serrano 11/11/2020		
Dibujado	C. Serrano 11/11/2020	Masa (Kg): 0,57	 UNIVERSITAT JAUME•I
Escala 1:1	Nombre Pieza KC-U.04-bulón largo posicionado casquillo		Cotas en milímetros Según tolerancias iso 2768-m



Cantidad:	Material: 1,1191 (C45E)	Acabado: NINGUNO	Hoja 1 de 1
	Proceso fabricación: MECANIZADO	Formato A4 V	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un <i>CarCross</i> de competición
Diseñado	C. Serrano 11/11/2020		
Dibujado	C. Serrano 11/11/2020	Masa (Kg): 0,09	
Escala 1:1	Nombre Pieza KC-U.05-casquillo posicionado casquillo motor		Cotas en milímetros Según tolerancias iso 2768-m



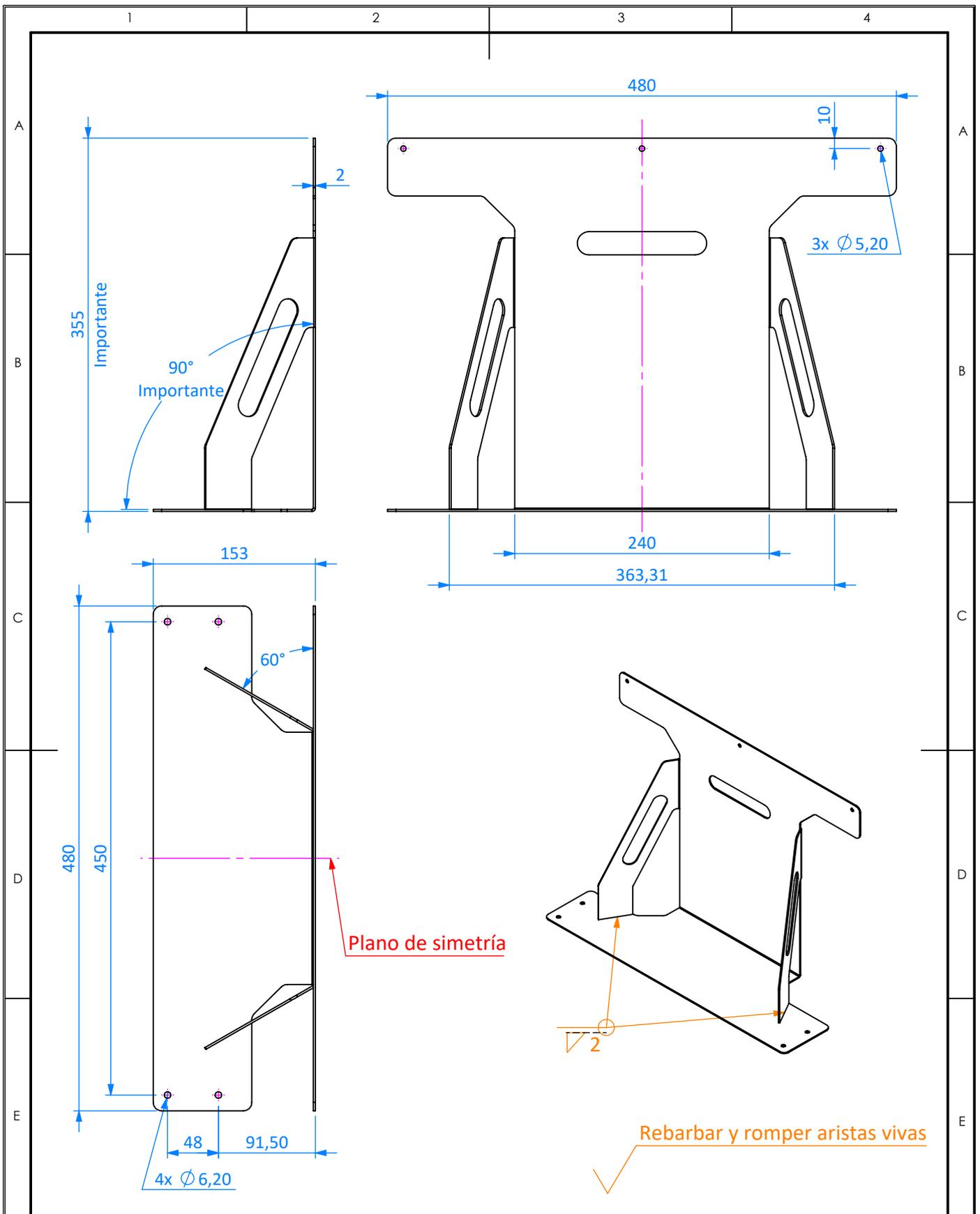
Cantidad:	Material: 1,0044 (S275JR)	Acabado: NINGUNO	Hoja 1 de 1
	Proceso fabricación: CORTE LÁSER	Formato A4 V	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un <i>CarCross</i> de competición
Diseñado	C. Serrano 11/11/2020		
Dibujado	C. Serrano 11/11/2020	Masa (Kg): 0,04	
Escala 1:1	Nombre Pieza KC-U.06-Arandela empaquetado casquillos		Cotas en milímetros Según tolerancias iso 2768-m

1

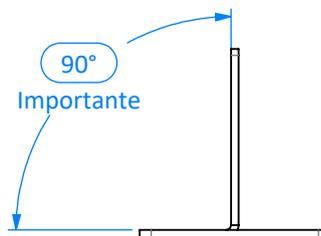
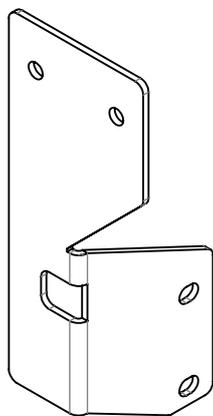
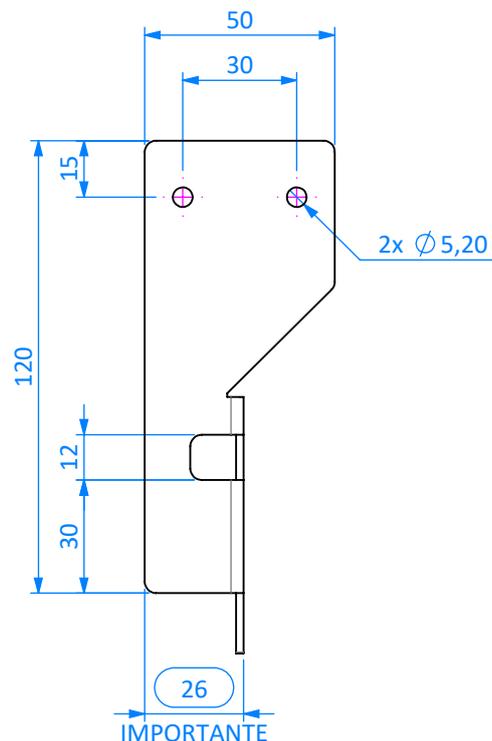
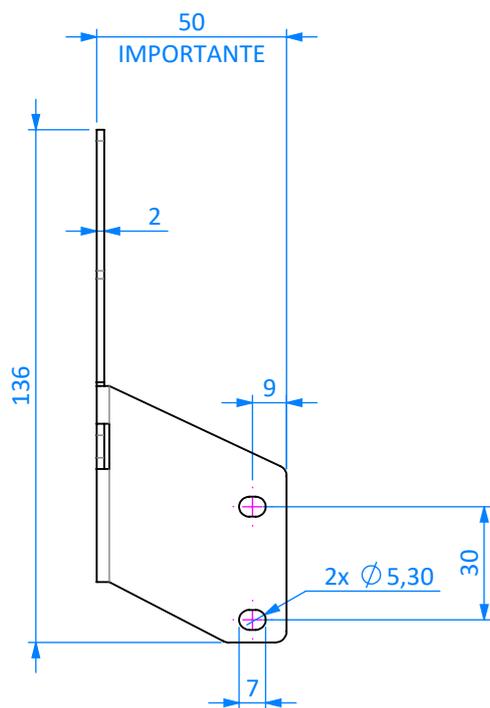
2

3

4

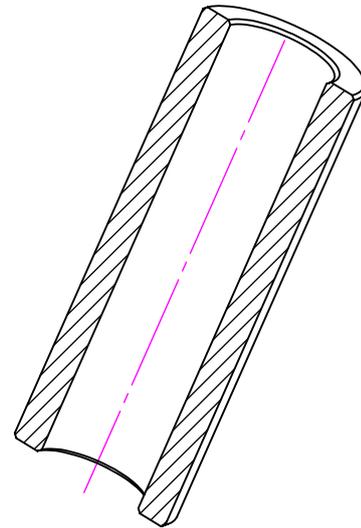
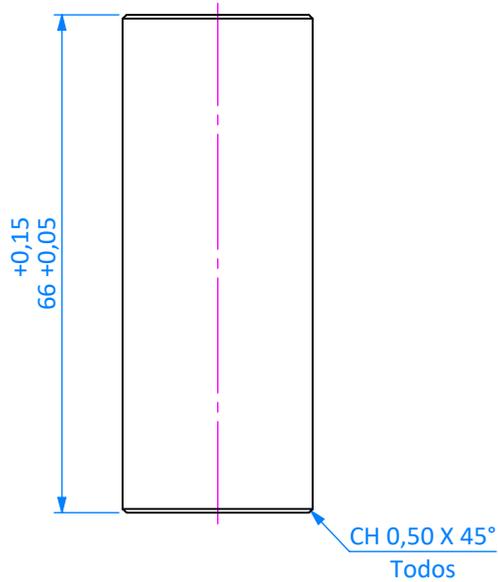


Cantidad:	Material: 1,0044 (S275JR)	Acabado: NINGUNO	Hoja 1 de 1
	Proceso fabricación: CORTE LÁSER + PLEGADO + SOLDADURA	Formato A4 V	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un <i>CarCross</i> de competición
Diseñado	C. Serrano 11/11/2020		
Dibujado	C. Serrano 11/11/2020	Masa (Kg): 2,76	
Escala 1:5	Nombre Pieza KC-U.07-Útil posicionado soldadura base batería		

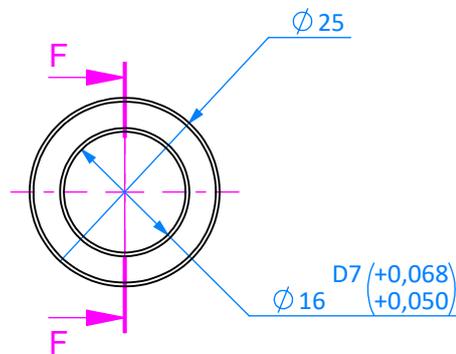


Rebarbar y romper aristas vivas

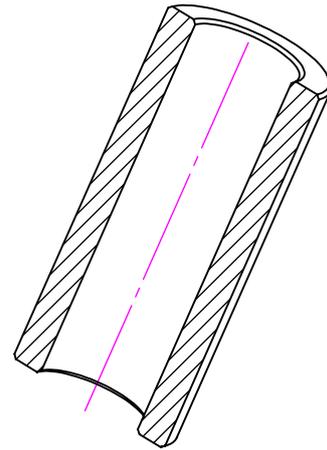
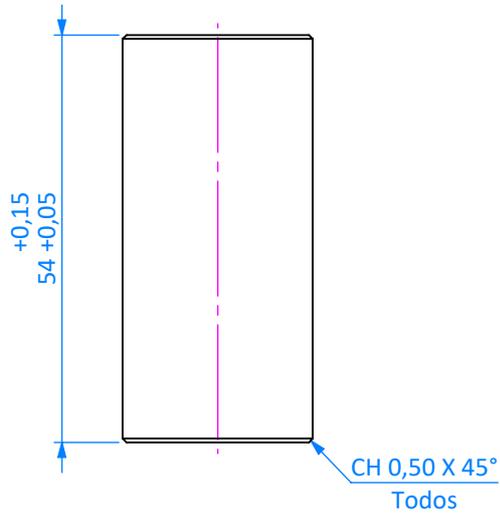
Cantidad:	Material: 1,0044 (S275JR)	Acabado: NINGUNO	Hoja 1 de 1
	Proceso fabricación: CORTE LÁSER + PLEGADO	Formato A4 V	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un CarCross de competición
Diseñado	C. Serrano 11/11/2020		
Dibujado	C. Serrano 11/11/2020	Masa (Kg): 0,10	
Escala 1:2	Nombre Pieza KC-U.08-Útil posicionado enganche superior batería		Cotas en milímetros Según tolerancias iso 2768-m



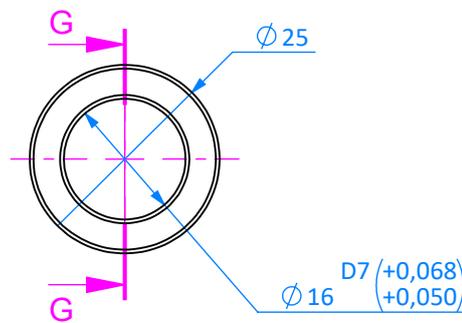
SECCIÓN F-F



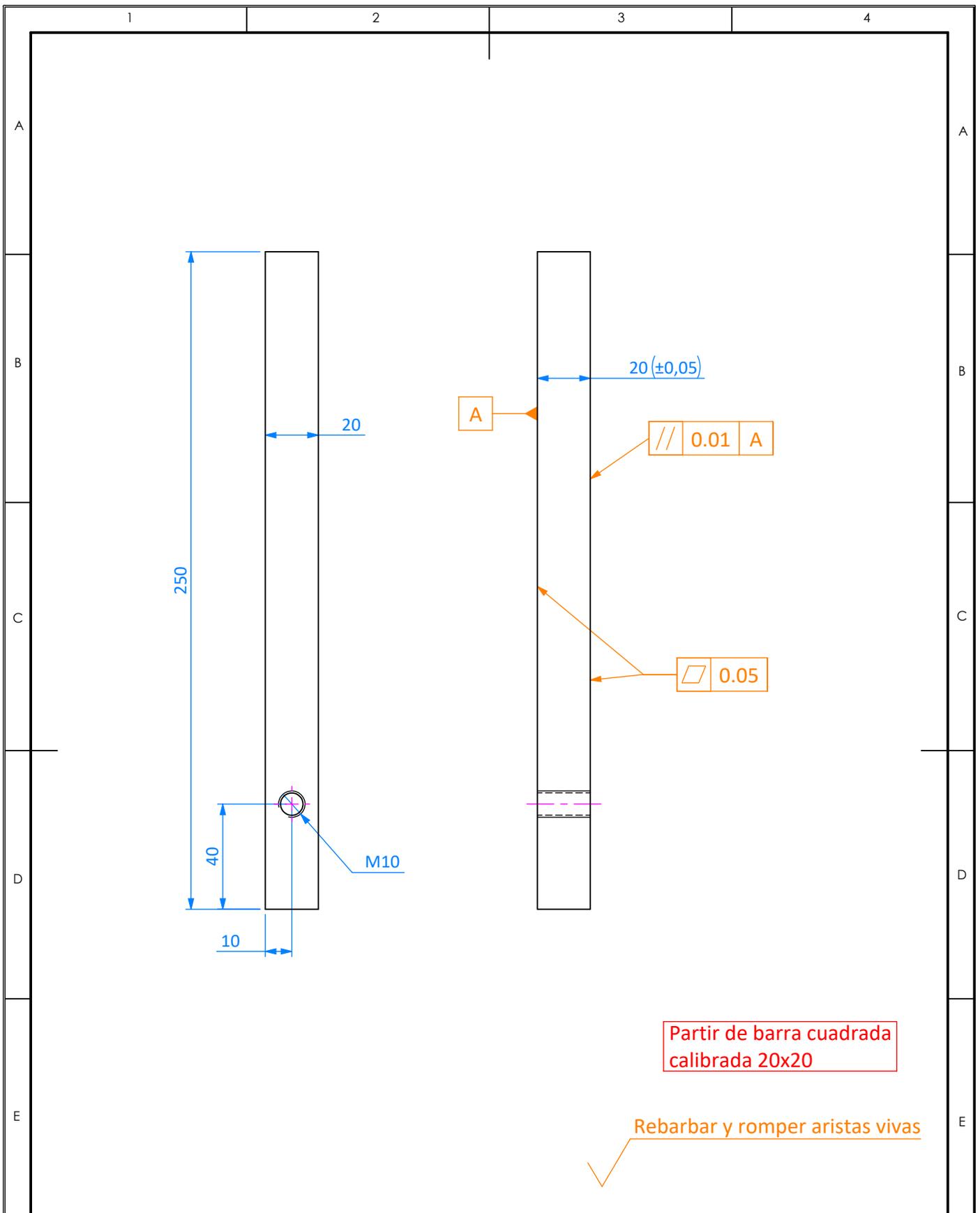
Cantidad:	Material: 1,1191 (C45E)	Acabado: NINGUNO	Hoja 1 de 1
	Proceso fabricación: MECANIZADO	Formato A4 V	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un CarCross de competición
Diseñado	C. Serrano 11/11/2020		
Dibujado	C. Serrano 11/11/2020	Masa (Kg): 0,15	
Escala 1:1	Nombre Pieza KC-U.09-Útil soldadura orejetas motor largo		Cotas en milímetros Según tolerancias iso 2768-m



SECCIÓN G-G



Cantidad:	Material: 1,1191 (C45E)	Acabado: NINGUNO	Hoja 1 de 1
	Proceso fabricación: MECANIZADO	Formato A4 V	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un CarCross de competición
Diseñado	C. Serrano 11/11/2020		
Dibujado	C. Serrano 11/11/2020	Masa (Kg): 0,12	
Escala 1:1	Nombre Pieza KC-U.10-Útil soldadura orejetas motor corto		



Partir de barra cuadrada
calibrada 20x20

Rebarbar y romper aristas vivas

Cantidad:	Material: 1,1191 (C45E)	Acabado: NINGUNO	Hoja 1 de 1
	Proceso fabricación: MECANIZADO	Formato A4 V	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial Conversión a propulsión eléctrica de un CarCross de competición
Diseñado	C. Serrano 11/11/2020		
Dibujado	C. Serrano 11/11/2020	Masa (Kg): 0,77	
Escala 1:2	Nombre Pieza KC-U.11-Útil soldadura soporte motor		

4. PLIEGO DE CONDICIONES

El proyecto que se presenta en este documento tiene un carácter académico y consiste en el diseño y cálculos técnicos para realizar las partes mecánicas necesarias para la adaptación a propulsión eléctrica de un kart-cross de competición. Posteriormente a su diseño y cálculo estas partes van a ser fabricadas, y para ello se han de seguir una serie de pautas y condiciones descritas en este apartado.

4.1. Introducción.

Los procesos de fabricación pertinentes para las piezas y elementos mecánicos diseñados en este proyecto, se va a encomendar a fabricantes externos contratados por el cliente de este proyecto. En este contexto es de suma importancia definir una serie de pautas y condiciones que se deben tener en consideración para asegurar la calidad del producto final mediante:

- La correcta fabricación de los diversos componentes.
- La calidad de los elementos comerciales suministrados.
- La calidad de los materiales suministrados para fabricar los componentes.

Para describir y transmitir la información necesaria y las pautas a tener en consideración en la fabricación de las piezas, parte de las tareas de ingeniería que se realizan y documentan en este proyecto consiste en la realización una serie de documentos que recojan toda la información de requerido cumplimiento.

4.2. Condiciones generales.

La fabricación de las piezas debe realizarla personal cualificado y con conocimientos suficientes para interpretar los planos adecuadamente, así como emplear la herramienta adecuada para realizar las operaciones necesarias para la producción de las piezas mecánicas requeridas para este proyecto. Por tanto, es responsabilidad del fabricante designado o los operarios bajo su mando el conocimiento de los procesos y técnicas de conformados asociados a los siguientes procesos de fabricación indicados:

- Corte de chapa por láser de control numérico.
- Plegado de chapa tradicional o por control numérico.
- Corte de perfiles tubulares estructurales mediante láser controlado numéricamente.
- Mecanizado.
- Soldadura.

4.3. Condiciones técnicas.

4.3.1. Conocimientos de Normativa.

Para interpretar los planos correctamente es necesario conocer las normas:

UNE-EN ISO 1302:2002	Para acabados de las piezas
ISO 2553:2013	Para indicaciones de soldadura
ASME Y14.5M-2009	Para indicaciones de tolerancias

4.3.2. Requerimientos mínimos de herramienta.

La realización de las piezas diseñadas, se debe encomendar a fabricantes que dispongan de la herramienta necesaria para realizar cada proceso de conformado particular:

- Corte de chapa por láser de control numérico.
 - Amoladora angular o radial de mano con disco de desbaste.
 - Equipo de corte por láser por control numérico.
 - Marcador permanente.
 - Sistema informático con software de lectura de ficheros .PDF y programación de las máquinas de control numérico.
- Plegado de chapa tradicional o por control numérico.
 - Plegadora de chapa.
 - Marcador permanente.
 - Sistema informático con software de lectura de ficheros .PDF y programación de las máquinas de control numérico.
- Corte de perfiles tubulares estructurales mediante láser controlado numéricamente.
 - Amoladora angular o radial de mano con disco de desbaste.
 - Equipo de corte de perfiles tubulares por láser por control numérico.
 - Marcador permanente.
 - Sistema informático con software de lectura de ficheros .PDF y programación de las máquinas de control numérico.
- Mecanizado.
 - Sistema informático con software de lectura de ficheros .PDF.
 - Sierra de cinta o cortadora radial de mano.
 - Torno paralelo.
 - Marcador permanente.
 - Lubricante para mecanizado y corte.
 - Taladro de columna.



- Soldadura.
 - Sistema informático con software de lectura de ficheros .PDF.
 - Sierra de cinta o cortadora radial de mano.
 - Banco de trabajo con elementos de fijación adecuados (Ej: Tornillo de banco).
 - Amoladora angular o radial de mano con disco de desbaste.
 - Lijadora de cinta o lima manual.
 - Equipo de soldadura TIG, MIG o MAG.
 - Martillo o mazo.
 - Sargentos.
 - Imanes.
 - Juego de llaves inglesas.
 - Desengrasante industrial.
 - Cepillo de púas metálicas.
 - Tornillería hexagonal (DIN 933) y tuercas (DIN 934) de paso normal en métricas: M5, M6, M8, M10.
 - Consumibles para los equipos de soldadura.
- Montaje.
 - Prensa hidráulica con accesorios.
 - Juego de llaves de vaso.
 - Martillo de nylon.
 - Grasa industrial para maquinaria.
 - Adhesivo Fija-tornillos.
 - Mini-grúa hidráulica.
 - Cinta adhesiva de doble cara.
 - Tornillería varia de paso métrico normal, de las medidas: M5, M6, M8, M10.
 - Guantes de seguridad anti-abrasivos.

Para el acabado de las piezas y conjuntos chasis:

- Equipo de pintura al horno.
- Pintura para lacado al horno RAL 9016.
- Equipo para realizar recubrimiento superficial por Pavonado.
- Equipo para realizar galvanizado en caliente.

4.3.3. Especificaciones de gestión documental.

El ingeniero responsable del proyecto debe suministrar al fabricante toda la información necesaria para la correcta fabricación de las piezas. La transmisión de información se realizará completamente en formato digital para evitar la pérdida o deterioro de hojas en formato físico.

Esta información transmitida puede constar de los siguientes ficheros:

Necesariamente:

- Fichero de texto en formato *.PDF* o tabla Excel con la relación de cantidades de pieza y planos suministrados, en la que se indicará cuantas piezas de cada se deben fabricar.

Opcionalmente, en función del proceso de conformado, indicado más adelante:

- Plano 2D en formato *.PDF* con la acotación de las piezas de requerido cumplimiento, mediante las vistas necesarias, y con las anotaciones pertinentes para asegurar el acabado deseado, que debe ser comprobado en la fase de la comprobación de la calidad.
- Fichero CAD 2D en formato de archivo *.dwg* o *.dxf* con el desarrollo de corte a escala real 1:1, para la programación de la máquina de corte láser de control numérico.
- Fichero CAD 3D en formato neutro *.step* que puede ser empleado para:
 - Programar la plegadora de chapa de control numérico, o bien generar el desarrollo para el corte láser a partir de este fichero, así como obtener las dimensiones que consideren.
 - Programar la cortadora de tubo láser de control numérico, así como obtener las dimensiones que consideren.

A continuación, se indica conjunto de ficheros y documentos que el ingeniero responsable del proyecto debe suministrar al fabricante, en función de cada proceso de conformado:

- Para piezas fabricadas mediante corte de control numérico por láser:
 - Plano en 2D en formato PDF con la acotación de las piezas de requerido cumplimiento para la comprobación en la fase de calidad.
 - Fichero CAD 2D en formato de archivo *.dwg* o *.dxf* con el desarrollo de corte a escala real 1:1, para la programación de la máquina de corte láser de control numérico.

- Para piezas fabricadas mediante corte por láser y posterior plegado:
 - Plano en 2D en formato PDF con la acotación de las piezas de requerido cumplimiento para la comprobación en la fase de calidad.
 - Fichero CAD 2D en formato de archivo .dwg o .dxf con el desarrollo de corte a escala real 1:1, para la programación de la máquina de corte láser de control numérico.
 - Fichero CAD 3D en formato neutro .step para la programación de la plegadora de chapa de control numérico, o bien generar el desarrollo para el corte láser a partir de éste fichero, así como obtener las dimensiones que consideren.
- Para piezas fabricadas a partir de tubos cortados mediante láser de control numérico:
 - Plano en 2D en formato PDF con la acotación de las piezas de requerido cumplimiento para la comprobación en la fase de calidad.
 - Fichero CAD 3D en formato neutro .step para la programación de la cortadora de tubo láser de control numérico, así como obtener las dimensiones que consideren.
- Para piezas fabricadas mediante procesos de mecanizado con torno paralelo:
 - Plano en 2D en formato PDF con la acotación de las piezas de requerido cumplimiento para la comprobación en la fase de calidad.
- Para partes fabricadas mediante proceso de soldadura:
 - Plano en 2D en formato PDF con la acotación de las piezas de requerido cumplimiento para la comprobación en la fase de calidad.

El fabricante debe por su parte asegurarse de haber recibido todos los ficheros indicados para cada proceso, y en caso contrario notificarlo al ingeniero responsable.

4.3.4. Especificaciones de materiales y conformado.

Todas las piezas involucradas en la fabricación del prototipo tendrán que atender a las siguientes prescripciones de materiales y procesos de conformado:

- Los materiales empleados en la fabricación de las piezas deben corresponder a los indicados en los planos de fabricación.
- El suministrador de los materiales debe garantizar su composición y propiedades mecánicas.
- El material de aporte utilizado en la soldadura del chasis debe ser el adecuado para asegurar una unión correcta entre las piezas.
- No podrán emplearse materiales que no cumplan los puntos descritos anteriormente.
- Las piezas plegadas han sido diseñadas considerando un factor K de la fibra neutra de la chapa igual a 0.5. Por tanto, en caso de requerir emplear otro distinto en la plegadora del taller, habría que notificarlo al diseñador para ajustar los desarrollos.

Para garantizar la calidad estructural del producto, las propiedades mecánicas de los materiales pueden ser comprobadas mediante ensayos, tomando como referencia los valores adjuntados en la sección de anexos [Ver anexos, apartado 2.1].

Para la fabricación de las piezas, la soldadura y el montaje del conjunto estructural, se seguirán las indicaciones descritas en los planos de montaje proporcionados en este documento.

4.3.5. Especificaciones de los materiales comerciales.

Todas las piezas suministradas por proveedores de material estándar comercial, involucradas en la fabricación del prototipo tendrán que atender a los siguientes requisitos:

- El material de la tornillería comercial empleada para la unión mecánica de los componentes debe ser de calidad 8.8 o superior.
- Los silentblocks o articulaciones elásticas deberán ser de la marca y modelo indicado en la siguiente ilustración:

ESFUERZOS Y DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS												
Ref.	d mm	D mm	L mm	l mm	Dureza	RADIAL		TORSIÓN		AXIAL		CÓNICA
						Fr Max Kg	Sr Max mm	Mt Max Nm	Angulo Max °	Fa Max Kg	Sa Max mm	Angulo Max °
951326	16	32	54	50		330	0,05		20º	220	0,4	1º
951329	16	32	66	60		450	0,05		20º	300	0,4	1º




Ilustración 104 - Especificaciones para los silentblocks

- Los piñones y coronas empleados para el sistema de transmisión deberán cumplir con la norma:

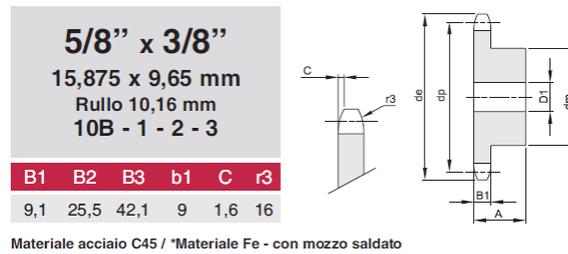


Ilustración 105 - Especificaciones piñones y coronas

En el caso de la corona únicamente se debe tomar en cuenta la dimensión del ancho del diente (cota B1).

- Si no se indica lo contrario, la rosca métrica de la tornillería comercial se considerará de paso normal, indicado en el anexo 2.2.
- La cadena de transmisión de rodillos y eslabones debe ser del tipo 520H, con retenes.

En la realización del pedido, las piezas comerciales se solicitarán a partir de su código o descripción indicadas en el listado de piezas. En caso de que requieran algún tipo de operación o manipulación posterior como por ejemplo los elementos de transmisión se incluirá un plano con las particularidades que requiera la pieza acabada a partir del elemento comercial de suministro.

4.3.6. Especificaciones de soldadura.

Para garantizar la correcta ubicación de las piezas que deben ser soldadas en el chasis se deben emplear los útiles de soldadura descritos en el apartado 1.14 de la memoria de este proyecto, y los procedimientos indicados en ese mismo apartado para cada operación.

Las cotas de ubicación de las distintas piezas para su disposición o comprobación vendrán indicadas en los planos pertinentes, junto con las anotaciones de soldadura.

Si el operario encargado del proceso de soldadura tiene alguna duda o comentario o detecta alguna incongruencia en las anotaciones de los planos debe comunicarlo con el ingeniero responsable del proyecto para encontrar la solución.

4.3.7. Descripción de las indicaciones proporcionadas en los planos.

Para garantizar una correcta gestión y tratamiento de las piezas a lo largo del proceso productivo, en el cajetín que incorporan los planos adjuntos en este proyecto se reservan una serie de campos, donde se indican las características de cada pieza que el fabricante o responsable de su producción debe conocer y tener en consideración.

A continuación, se describen los campos incluidos en el cajetín que se puede observar en la siguiente ilustración:

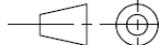
Cantidad:	Material:		Acabado:		Hoja 1 de 1
	Proceso fabricación:		Formato A3 H	Trabajo final del Master en Ingeniería Industrial	
Diseñado	C. Serrano	08/11/2020		 Conversión a propulsión eléctrica de un CarCross de competición	
Dibujado	C. Serrano	08/11/2020	Masa (Kg):	UNIVERSITAT JAUME·I	
Escala 1:5	Nombre Pieza			Cotas en milímetros Según tolerancias iso 2768-m	

Ilustración 106 - Cajetín plano

- **Cantidad:** en este campo se proporciona en el plano para que el fabricante que desee imprimir las hojas en papel y trabajar con ellas disponga de un espacio para anotarse la cantidad de piezas que hay que fabricar. En todo caso la cantidad de piezas se indicaría para cada pedido por el ingeniero responsable, en la hoja de relación de planos y cantidades.
- **Material:** en este campo se indica el material a partir del cual debe fabricarse la pieza que se representa en el plano.
- **Acabado:** en este campo se representa el tratamiento que debe darse a la pieza posteriormente a su conformado. Dentro de este campo pueden indicarse las siguientes opciones que deben ser efectuadas en caso de indicarse:
 - **Sin acabado:** no realizar ningún tratamiento superficial a la pieza previo a su utilización, si es de acero se deberá recubrir con algún agente lubricante hidrófobo para evitar que entre en contacto con la humedad ambiente y se oxide.
 - **Soldadura:** en este caso se indica que el destino de la pieza es a formar parte de un conjunto soldado, con el fin de indicar y facilitar su gestión.
 - **Lacado al horno RAL XXXX:** en este caso se indica que el acabado de la pieza deberá ser pintado al horno con el color indicado mediante el código RAL.
 - **Pavonado:** en este caso se indica que el acabado de la pieza debe ser pavonado.
 - **Galvanizado:** en este caso se indica que el acabado de la pieza debe ser galvanizado en caliente.

- **Hoja X de X:** En este campo se indica el número de hoja de las totales que pueden componer las indicaciones para la fabricación o montaje de una única pieza o conjunto, bien sea por montaje o soldadura. No hace referencia al número de hojas totales de proyecto.
- **Nombre de pieza:** En este campo se indica el código y nombre de la pieza al que hace referencia el plano para relacionarla mediante la hoja de relación de planos y cantidades para conocer la cantidad que hay que fabricar.
- **Masa:** En este campo se indica el peso de la pieza, para que el fabricante puede prever las herramientas necesarias que podría necesitar para manipular la pieza adecuadamente, bien sea en los procesos de fabricación como en acabados.
- **Formato:** Indica el formato de la hoja en que debe imprimirse en escala completa, para que, en caso de desear trabajar en papel, el operario disponga de las dimensiones adecuadas a la escala indicada en el plano.

4.3.8. Verificación del producto fabricado.

Una vez el prototipo haya sido fabricado, se llevarán a cabo los controles de calidad necesarios para garantizar la fiabilidad, la resistencia y los acabados del conjunto. Para ello, puede ser verificado en un laboratorio mediante técnicas de inspección de soldaduras para verificar la calidad de las mismas y por otra parte comprobar las dimensiones empleando instrumentos de medida apropiados.



5. PRESUPUESTO

5.1. Introducción.

El presupuesto presentado a continuación tiene como finalidad estimar el coste de fabricación de los componentes diseñados, bien sean piezas sueltas como conjuntos soldados o montajes.

Por otro lado, se consideran también las piezas comerciales, de las cuales se ha buscado el precio por internet o contactando con el proveedor.

En este presupuesto, no se considera el coste de diseño ni de las licencias de software, ya que se trata de un proyecto realizado en la universidad, altruistamente, como vía de aprendizaje sobre las geometrías y peculiaridades de los vehículos kart-cross, gracias al proceso de ingeniería inversa desarrollado en el proyecto, y con la motivación de ver en funcionamiento un vehículo de competición de estas características impulsado con energía limpia. Además, al tratarse de un proyecto de índole universitario, todo el software empleado está facilitado por la misma universidad.

5.2. Metodología seguida para la determinación del presupuesto.

Para estimar el coste de las piezas fabricadas se considera por una parte el precio del material en bruto a partir del cual se va a elaborar la pieza diseñada, y por otro lado el coste de la mano de obra o el proceso de producción.

Para cada tipo de conformado se sigue el proceso de contabilización descrito a continuación:

- **Conformado mediante proceso de corte láser y corte láser + plegado:**
 - Se calcula el volumen del retal rectangular mínimo en el que se puede inscribir el desarrollo de la pieza a cortar, en función del área ocupada y el espesor del material. El área en cuestión equivale a la zona que queda dentro del rectángulo de líneas discontinuas visible en la siguiente ilustración:

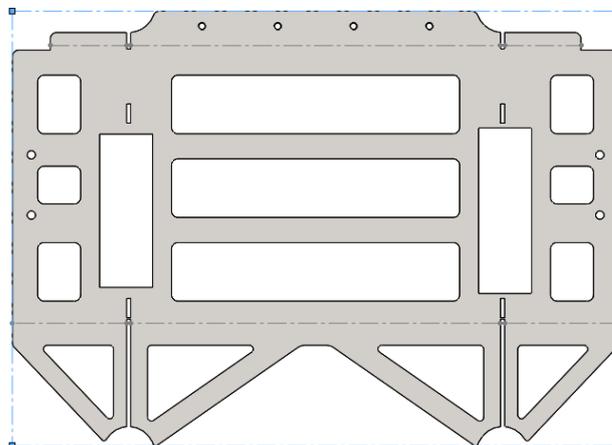


Ilustración 107 - Dimensiones del rectángulo del desarrollo de una pieza de corte láser

- Se calcula el peso de material en bruto empleado a partir del volumen y la densidad del material empleado:
- Se halla el coste del material multiplicando el peso resultante por el precio en Euros por cada kilogramo de material empleado.
- Se calcula el coste de la operación de conformado, estimando una tarifa de 45€/hora, contemplando 25€/hora de salario de operario y 20€/hora por el funcionamiento de la máquina, multiplicado el tiempo de procesado requerido para cada pieza, contemplando tanto corte como plegado.
- Conformado mediante proceso de mecanizado:
 - Cálculo del volumen del material en bruto empleado para fabricar la pieza requerida, midiendo el área de la sección de partida, independientemente de su morfología, y multiplicando por la longitud de la pieza.
 - Cálculo del peso de material en bruto empleado a partir del volumen y la densidad del material empleado:
 - Hallar el coste del material multiplicando el peso resultante por el precio en Euros por cada kilogramo de material empleado.
 - Se calcula el coste de la operación de conformado, estimando una tarifa de 45€/hora, contemplando 30€/hora de salario de operario y 15€/hora por el funcionamiento de la máquina, multiplicado el tiempo de procesado requerido para cada pieza.
- Conformado mediante proceso de montaje:
 - Se estima el tiempo de montaje requerido y se calcula el precio estimando un coste de 25€/hora, considerando el salario bruto para el operario.
- Conformado mediante proceso de soldadura:
 - Se estima el tiempo de soldadura requerido y se calcula el precio estimando un coste de 45€/hora contemplando un salario bruto de 30€/hora para el soldador y 15 €/hora por consumo de energía y consumibles de soldadura.
- Conformado mediante proceso de corte:
 - Se estima el tiempo de corte requerido y se calcula el precio estimando un coste de 25€/hora, considerando el salario bruto para el operario.

Para los acabados se estimará una tarifa en función del acabado y el peso del material que hay que procesar para dicho acabado.

La densidad de los materiales empleados en la fabricación se recoge en la siguiente tabla:

Material	Acero	Aluminio	NBR
Densidad [Kg/m ³]	7860	2660	1500

Tabla 7 - Valor de la densidad de los materiales empleados en la fabricación

5.3. Coste de fabricación.

A continuación, mediante una tabla de cálculo, se detallan los costes indicados para la fabricación de las piezas y conjuntos soldados y montados, según las indicaciones descritas en el procedimiento de cálculo del punto anterior.

Nombre de pieza	Conformado	Masa bruta (Kg)	Material	Precio material [€/Kg]	Coste material	Tiempo procesado [min]	Coste conformado [€/h]	Precio unitario	Unidades	Subtotal
KC-00.00-Conjunto Kartcross	Montaje					60	25	25,00 €	1	25,00 €
KC-01.00-Chasis Kartcross con soportes	Soldadura					180	45	135,00 €	1	135,00 €
KC-01.01-Orejeta fijación superior soporte motor	Corte láser + Plegado	0,20	1,0044 (S275JR)	1,5	0,30 €	6	45	4,80 €	1	4,80 €
KC-01.02-Tubular base soporte motor	Corte láser tubo	1,26	1,0045 (S355JR)	1,5	1,89 €	5	45	5,64 €	1	5,64 €
KC-01.03-Orejeta fijación superior soporte motor plana	Corte láser	0,07	1,0044 (S275JR)	1,5	0,10 €	2	45	1,60 €	1	1,60 €
KC-01.04-Orejeta base soporte motor	Corte láser	0,05	1,0044 (S275JR)	1,5	0,08 €	2	45	1,58 €	1	1,58 €
KC-01.05-Orejeta fijación inferior delantera soporte motor	Corte láser	0,08	1,0044 (S275JR)	1,5	0,12 €	2	45	1,62 €	1	1,62 €
KC-01.06-Orejeta anti-giro fijación inferior delantera soporte motor	Corte láser	0,10	1,0044 (S275JR)	1,5	0,15 €	2	45	1,65 €	1	1,65 €
KC-01.07-Orejeta base soporte motor anti-giro	Corte láser	0,05	1,0044 (S275JR)	1,5	0,08 €	2	45	1,58 €	1	1,58 €
KC-01.08-Soporte en chasis para controlador	Corte láser	0,15	1,0044 (S275JR)	1,5	0,22 €	2	45	1,72 €	2	3,44 €
KC-01.09-Base batería	Corte láser + Plegado	3,92	1,0044 (S275JR)	1,5	5,88 €	20	45	20,88 €	1	20,88 €
KC-01.10-Soporte base batería-chasis	Corte láser	0,44	1,0044 (S275JR)	1,5	0,67 €	4	45	3,67 €	2	7,33 €
KC-01.11-Guía apoyo batería	Corte láser + Plegado	0,70	1,0044 (S275JR)	1,5	1,05 €	6	45	5,55 €	1	5,55 €
KC-01.12-Canto apoyo batería-chasis	Corte láser + Plegado	0,53	1,0044 (S275JR)	1,5	0,80 €	5	45	4,55 €	1	4,55 €
KC-01.13A-Soporte horquilla	Corte láser + Plegado	0,13	1,0044 (S275JR)	1,5	0,20 €	6	45	4,70 €	1	4,70 €
KC-01.13B-Soporte horquilla_SIM	Corte láser + Plegado	0,13	1,0044 (S275JR)	1,5	0,20 €	6	45	4,70 €	1	4,70 €
KC-01.14-Canto refuerzo anclaje superior batería	Corte láser	0,02	1,0044 (S275JR)	1,5	0,04 €	6	45	4,54 €	2	9,07 €
KC-CE.02-Soporte motor con silentblocks	Montaje					15	25	6,25 €	1	6,25 €
KC-02.00-Soporte motor silentblocks	Soldadura					60	45	45,00 €	1	45,00 €
KC-02.01-Brida motor silentblock	Corte láser	3,12	1,0044 (S275JR)	1,5	4,68 €	17	45	17,43 €	1	17,43 €
KC-02.02-Arco perimetral soporte motor	Corte láser + Plegado	0,44	1,0044 (S275JR)	1,5	0,65 €	6	45	5,15 €	1	5,15 €

KC-02.03-Casquillo montaje silentblock largo	Mecanizado	0,85	1,1191 (C45E)	1,5	1,28 €	15	45	12,53 €	2	25,06 €
KC-02.04-Casquillo montaje silentblock corto	Mecanizado	0,71	1,1191 (C45E)	1,5	1,07 €	15	45	12,32 €	1	12,32 €
KC-02.05-canto refuerzo soporte motor	Corte láser + Plegado	0,21	1,0044 (S275JR)	1,5	0,31 €	3	45	2,56 €	1	2,56 €
KC-03-Bulón montaje casquillos silentblock largo	Mecanizado	0,23	1,1191 (C45E)	1,5	0,34 €	20	45	15,34 €	2	30,68 €
KC-04-Bulón montaje casquillos silentblock corto	Mecanizado	0,19	1,1191 (C45E)	1,5	0,29 €	20	45	15,29 €	1	15,29 €
KC-05-Piñón Z13 10B-1	Mecanizado	Comercial			10,00 €	20	45	25,00 €	1	25,00 €
KC-06-Casquillo suplemento soporte motor	Mecanizado	0,04	1,1191 (C45E)	1,5	0,06 €	5	45	3,81 €	4	15,25 €
KC-07-Soporte controlador	Corte láser + Plegado	0,15	Chapa aluminio 5083	7,5	1,14 €	19	45	15,39 €	2	30,77 €
KC-08-Casquillo exterior posicionado piñón	Mecanizado	0,14	1,1191 (C45E)	1,5	0,21 €	10	45	7,71 €	1	7,71 €
KC-09-Casquillo interior posicionado piñón	Mecanizado	0,17	1,1191 (C45E)	1,5	0,25 €	10	45	7,75 €	1	7,75 €
KC-10-Arandela cierre eje motor	Mecanizado	0,05	1,1191 (C45E)	1,5	0,07 €	5	45	3,82 €	1	3,82 €
KC-11-Placa guía inferior batería	Corte láser + Plegado	0,33	1,0044 (S275JR)	1,5	0,50 €	4	45	3,50 €	1	3,50 €
KC-12-Solapa NBR base batería	Corte	0,48	NBR	10	4,75 €	10	25	8,92 €	1	8,92 €
KC-13-Solapa NBR apoyo batería	Corte	0,14	NBR	10	1,44 €	3	25	2,69 €	1	2,69 €
KC-U.01-Útil soldadura soporte en chasis para controlador	Corte láser	0,79	1,0044 (S275JR)	1,5	1,19 €	3	45	3,44 €	1	3,44 €
KC-U.02-Plantilla posicionado bulones casquillos soporte motor	Corte láser	3,26	1,0044 (S275JR)	1,5	4,89 €	6	45	9,39 €	1	9,39 €
KC-U.03-bulón corto posicionado casquillo	Mecanizado	0,36	1,1191 (C45E)	1,5	0,54 €	15	45	11,79 €	1	11,79 €
KC-U.04-bulón largo posicionado casquillo	Mecanizado	0,70	1,1191 (C45E)	1,5	1,05 €	15	45	12,30 €	2	24,61 €
KC-U.05-casquillo posicionado casquillo motor	Mecanizado	0,31	1,1191 (C45E)	1,5	0,47 €	15	45	11,72 €	2	23,44 €
KC-U.06-Arandela empacotado casquillos	Corte láser	0,05	1,0044 (S275JR)	1,5	0,08 €	1	45	0,83 €	3	2,49 €
KC-U.07-Útil posicionado soldadura base batería	Corte láser + Plegado	3,81	1,0044 (S275JR)	1,5	5,72 €	25	45	24,47 €	1	24,47 €
KC-U.08-Útil posicionado enganche superior batería	Corte láser + Plegado	0,16	1,0044 (S275JR)	1,5	0,23 €	4	45	3,23 €	2	6,47 €
KC-U.09-Útil soldadura orejetas motor largo	Mecanizado	0,25	1,1191 (C45E)	1,5	0,38 €	10	45	7,88 €	2	15,76 €
KC-U.10-Útil soldadura orejetas motor corto	Mecanizado	0,21	1,1191 (C45E)	1,5	0,31 €	10	45	7,81 €	1	7,81 €
KC-U.11-Útil soldadura soporte motor	Mecanizado	0,82	1,1191 (C45E)	1,5	1,22 €	10	45	8,72 €	2	17,45 €
Total										650,96 €

Tabla 8 - Costes de fabricación, soldadura y montaje

A continuación, se detallan los costes de los elementos comerciales adquiridos para la fabricación de este proyecto:

Nombre del elemento comercial	Precio unitario	Unidades	Subtotal
Silentblock Silentflex 951326	17,68 €	1	17,68 €
Silentblock Silentflex 951329	20,58 €	2	41,16 €
Cadena 520H con retenes	55,00 €	1	55,00 €
Chaveta acero DIN 6885 8x7x30	0,45 €	1	0,45 €
Tornillería métrica Varia DIN	10,00 €	1	10,00 €
Total			124,29 €

Tabla 9 - Costes de los elementos comerciales

A continuación, se detallan los costes de los procesos y tratamientos de acabado contemplados para las piezas fabricadas en este proyecto:

Nombre de la pieza	Peso [Kg]	Acabado	Coste [€/Kg]	Precio	Cantidad	Subtotal
KC-01.00-Chasis Kartcross con soportes	101,91	Lacado al horno	2	203,82 €	1	203,82 €
KC-02.00-Soporte motor silentblocks	2,09	Lacado al horno	2	4,18 €	1	4,18 €
KC-08-Casquillo exterior posicionado piñón	0,07	Pavonado	1	0,07 €	1	0,07 €
KC-09-Casquillo interior posicionado piñón	0,08	Pavonado	1	0,08 €	1	0,08 €
KC-10-Arandela cierre eje motor	0,04	Pavonado	1	0,04 €	1	0,04 €
KC-11-Placa guía inferior batería	0,29	Lacado al horno	2	0,58 €	1	0,58 €
KC-03-Bulón montaje casquillos silentblock largo	0,11	Pavonado	1	0,11 €	2	0,22 €
KC-04-Bulón montaje casquillos silentblock corto	0,09	Pavonado	1	0,09 €	1	0,09 €
KC-06-Casquillo suplemento soporte motor	0,03	Galvanizado	0,5	0,02 €	4	0,06 €
Total						209,14 €

Tabla 10 - Costes de los procesos de acabado

En la siguiente tabla se recogen todos los subtotales de las distintas partes del presupuesto calculadas: fabricación y montaje, elementos comerciales y acabados. De cada uno de estos se calcula el Impuesto sobre el Valor añadido (IVA), que en el caso de España grava en un 21% sobre el valor del producto. Y se calcula el coste total como la suma de los costes subtotales con sus impuestos añadidos.

Concepto	Coste Subtotal	IVA (21%)	Coste Total
Fabricación y montaje	650,96 €	136,70 €	787,67 €
Elementos comerciales	124,29 €	26,10 €	150,39 €
Tratamientos y procesos de acabado	209,14 €	43,92 €	253,06 €
Total	984,39 €		1.191,12 €

Tabla 11 - Coste total acumulado de fabricación

En esta última tabla se ha determinado que el coste total estimado para fabricar el prototipo, con impuestos añadidos, asciende a **1191,12€**.

6. BIBLIOGRAFÍA

En este punto se recoge la bibliografía y los enlaces WEB Visitados hasta la fecha de entrega del proyecto para la búsqueda de información necesaria en la realización del mismo.

- Características y propiedades de la chapa de aluminio 5083:
https://www.randrade.com/index.php?controller=attachment&id_attachment=154
- Características y propiedades del acero s355 j2+N:
<https://www.ipargama.com/pdf/St-523.pdf>
- Características y propiedades del acero 1.1191 - C45 // F1140
<https://www.ipargama.com/pdf/F-1140.pdf>
- Coeficientes del acero estructural:
http://sections.arcelormittal.com/fileadmin/redaction/2-Products_Services/1_Product_Range/ES-EN-IT/Coefficients.pdf
- Caucho NBR
<https://www.lorkindustrias.com/downloads/fichastecnicas/fichaTecnicaNBR.pdf>
- Catálogo de silentblocks:
<http://silentflex.com/catalogs/antivibratorios-amortiguadores-silentblocks-caucho-metal-articulacion-elastica.pdf> // <http://silentflex.com/tablas/tabla-articulaciones-elasticas>
- Hojas de cálculo resistencia cadenas:
https://irp-cdn.multiscreensite.com/81612fc9/files/uploaded/cadena_transmission_calculo.pdf
<https://www.renold.es/media/165418/transmission-i-and-m-ren12-eng-10-10.pdf>
<http://www.mecapedia.uji.es/catalogos/cadena/renold.2.pdf>
- Hoja características cadenas de moto:
<https://www.impocali.com/img/catalogos/Npc/Hoja%20%C3%A9cnica%20de%20Cadena%20de%20Motos.pdf>
- Catálogo transmisiones:
<http://www.sgtransmisiones.com/info/pdf/cadenas/Pinones.pdf>

- Pasos de rosca:

<https://www.patricioruiz.es/wp-content/uploads/2016/07/Tabla-de-tipos-de-roscas.pdf>

- Chaveta de transmisión:

<https://www.belsaibelsa.com/chaveta-din-6885-8x7x50>

Documentación técnica sobre normativa y acotación en planos de fabricación.

- Pedro Company (2016). Documentación técnica de productos: Planos.
- Pedro Company (2016). Documentación técnica de productos: Modelos anotados.
- Pedro Company (2013). Uniones mediante aglutinantes.
- Pedro Company, Margarita Vergara (2007). Tolerancias geométricas.
- UNE-EN ISO 1302:2002.
- ISO 2553:2013.
- ASME Y14.5M-2009.

- Símbolos para soldadura

<https://diuanl.files.wordpress.com/2012/08/simbolos-de-soldadura.pdf>

http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m2/Uniones_soldadas_y_su_simbologia_segun_AWS.pdf

- Propuesta normalización color planos

https://www2.uned.es/egi/publicaciones/congresos/Propuesta_de_normalizacion_del_color_en_ingenieria_grafica.pdf

Enlaces de imágenes obtenidas de internet:

<https://www.wordracing.com/images/Tony%20Kart/401S%20Racer%20KZ/Tony-Kart-401S-Racer-KZ-with-ROK-Shifter-race-prepped-by-WORD-Racing.jpg>

https://en.wikipedia.org/wiki/Continuously_variable_transmission

https://dirtwheelsmag.com/wp-content/uploads/2018/12/RENEGADE_BELT_23-1024x683.jpg

http://www.cid.es/catalogos/wipp/Diseno_Transmision_Cadena_Rodillos_1.pdf

ENUMERACIÓN DE LAS ILUSTRACIONES DEL DOCUMENTO

Ilustración 1 - Kart-Cross Ya-Car - Maralba Circuit	2
Ilustración 2 - Kart "Tony Kart"	2
Ilustración 3 - Calibre o pie de rey	8
Ilustración 4 - Cinta métrica	8
Ilustración 5 - Nivel láser	9
Ilustración 6 - Escuadra.....	9
Ilustración 7 - Medidor láser con sensor angular	9
Ilustración 8 - Scanner 3D.....	9
Ilustración 9 - Nivelación horizontal del chasis y origen eje Z.....	11
Ilustración 10 - Esquema mediciones Ejes X e Y.....	12
Ilustración 11 - Montaje nivel láser referencia longitudinal	13
Ilustración 12 - Croquis en tres planos	14
Ilustración 13 - Croquis alámbrico 3D	15
Ilustración 14 - Modelado tubos y accesorios.....	15
Ilustración 15 - Operación de simetría y componentes asimétricos.....	16
Ilustración 16 - Conjunto parte ciclo kart-cross Modelado.....	16
Ilustración 17 - Detalle vano trasero chasis kart-cross.....	17
Ilustración 18 – Batería Abervian	18
Ilustración 19 – Controlador SuperSigma.....	18
Ilustración 20 – Motor Engiro.....	19
Ilustración 21 – Reductora con reenvío angular	20
Ilustración 22 – Variador centrífugo con correa.....	20
Ilustración 23 – Correa dentada	20
Ilustración 24 - Transmisión cadena eslabones.....	21

Ilustración 25 - Prestaciones motor eléctrico	23
Ilustración 26 - Estimación CAD del número eslabones de la cadena	26
Ilustración 27 - Datos cadenas	27
Ilustración 28 - Datos piñones.....	27
Ilustración 29 - Disposición del motor en el chasis.....	30
Ilustración 30 - Peso del modelo del motor.....	31
Ilustración 31 - Referencias y dimensiones de los silentblocks pre-seleccionados.....	32
Ilustración 32 - Soporte motor con silentblocks diseñado	32
Ilustración 33 - Motor con soporte y anclajes a chasis.....	33
Ilustración 34 - Telemetría de kart-cross en pista	35
Ilustración 35 - Montaje conjunto análisis soporte motor	36
Ilustración 36 - Contactos asignados ensayo motor	37
Ilustración 37 - Definición asignación sujeciones ensayo soporte motor	38
Ilustración 38 - Asignación de las cargas para el ensayo del soporte del motor.....	39
Ilustración 39 - Configuración mallado soporte motor.....	40
Ilustración 40 - Resultado mallado soporte motor	41
Ilustración 41 - Asignación materiales ensayo soporte motor	42
Ilustración 42 - Trazado deformaciones soporte motor	42
Ilustración 43 - Trazado de tensiones soporte motor.....	43
Ilustración 44 - Reacciones anclajes soporte motor	43
Ilustración 45 - Trazado FDS ensayo soporte motor.....	44
Ilustración 46 – Piezas, sujeciones fijas (izquierda) y contacto (derecha) para estudio modal y de frecuencia.....	45
Ilustración 47 - Mallado ensayo modal y de frecuencia soporte motor.....	45
Ilustración 48 - Frecuencias y modos de vibración resultantes.....	46
Ilustración 49 - Definición conexiones y contactos ensayo anclajes soporte motor.....	47
Ilustración 50 - Asignación de sujeciones para ensayo anclajes soporte motor	48

Ilustración 51 - Asignación cargas ensayo anclajes soporte motor	48
Ilustración 52 - Mallado ensayo anclajes soporte motor	49
Ilustración 53 - Materiales asignados en el ensayo de los anclajes del soporte del motor.....	50
Ilustración 54 - Trazado desplazamientos ensayo anclajes soporte motor	51
Ilustración 55 - Trazado de tensiones en anclajes de soporte de motor	52
Ilustración 56 - Trazado Factor de Seguridad anclajes soporte motor	53
Ilustración 57 - Resultado soporte motor	55
Ilustración 58 – Detalle distribución y emplazamiento componentes del sistema eléctrico ..	56
Ilustración 59 - Vistas posición controlador	58
Ilustración 60 - Soportes montaje y fijación del controlador.....	59
Ilustración 61 - Montaje para análisis soporte motor	61
Ilustración 62 - Contactos y conectores para el ensayo del soporte del controlador	62
Ilustración 63 - Asignación de sujeciones para ensayo soporte controlador.....	63
Ilustración 64 - Asignación cargas ensayo soporte controlador	64
Ilustración 65 - Configuración mallado soporte controlador	64
Ilustración 66 - Asignación de materiales para el análisis de los soportes del controlador	65
Ilustración 67 - Trazado de desplazamientos soporte motor	66
Ilustración 68 - Trazado Factor de Seguridad soporte controlador	67
Ilustración 69 - Caras de apoyo de la batería	69
Ilustración 70 - Vistas soporte baterías diseñado	70
Ilustración 71 - Detalles de los anclajes de la batería	71
Ilustración 72 - Anclaje cierre rápido batería	72
Ilustración 73 - Detalles constructivos soporte batería	73
Ilustración 74 - Conjunto simulación resistencia soportes batería	74
Ilustración 75 - Contactos y conectores para el ensayo del soporte del controlador	75
Ilustración 76 – Sujeciones para ensayo de base apoyo y anclaje batería	76

Ilustración 77 - Máxima carga de trabajo cierre rápido TLA.Z 23	76
Ilustración 78 - Sistemas de coordenadas ensayo soportes batería.....	77
Ilustración 79 - Asignación cargas en base inferior apoyo batería	78
Ilustración 80 - Asignación cargas apoyo y anclajes superiores batería.....	78
Ilustración 81 - Mallado base inferior apoyo batería.....	78
Ilustración 82 - Mallado apoyo superior batería.....	79
Ilustración 83 - Refinamiento mallado anclajes batería cierres rápidos	79
Ilustración 84 - Asignación de materiales ensayo soportes batería	80
Ilustración 85 - Trazado tensiones base inferior apoyo batería	80
Ilustración 86 - Trazado tensiones apoyo superior batería	81
Ilustración 87 - Trazado de desplazamientos bases apoyo y anclajes batería	82
Ilustración 88 - Trazado factor de seguridad en anclaje de cierre rápido batería.....	82
Ilustración 89 - Ejes sección rectangular (Y-Débil) (X-Fuerte).....	83
Ilustración 90 - Diseño del refuerzo local en anclaje	85
Ilustración 91 - Trazado factor de seguridad refuerzo anclaje cierre rápido batería	85
Ilustración 92 – Detalle factor de seguridad <2,5 anclaje batería	86
Ilustración 93 - Detalle factor de seguridad <1 anclaje batería	86
Ilustración 94 - Trazado de desplazamientos en anclaje superior de batería	87
Ilustración 95 - Utillajes soldadura soporte motor	88
Ilustración 96 - Útiles soldadura anclajes soporte motor	89
Ilustración 97 - Útil de soldadura para los anclajes al chasis de los soportes del controlador	90
Ilustración 98 - Útil posicionado apoyo superior batería.....	90
Ilustración 99 - Útil posicionado anclaje superior batería	91
Ilustración 100 - Masa y propiedades físicas del kart-cross de combustión interna.....	93
Ilustración 101 - Ubicación del centro de gravedad del kart-cross de combustión interna....	93
Ilustración 102 - Masa y propiedades físicas del kart-cross de propulsión eléctrica.	94

Ilustración 103 - Ubicación del centro de gravedad del kart-cross de propulsión eléctrica....94

Ilustración 104 - Especificaciones para los silentblocks112

Ilustración 105 - Especificaciones piñones y coronas.....113

Ilustración 106 - Cajetín plano.....114

Ilustración 107 - Dimensiones del rectángulo del desarrollo de una pieza de corte láser116



ENUMERACIÓN DE LAS TABLAS DEL DOCUMENTO

Tabla 1 - Características Kart-cross estándar	3
Tabla 2 – Selección de los instrumentos y herramientas de medida.	10
Tabla 3 - Comprobación validez silentblocks	44
Tabla 4 - Comparativa dinámicas kart-cross original frente 100% eléctrico	94
Tabla 5 - Código de color indicaciones plano.....	104
Tabla 6 - Relación planos y cantidades	106
Tabla 7 - Valor de la densidad de los materiales empleados en la fabricación	117
Tabla 8 - Costes de fabricación, soldadura y montaje	119
Tabla 9 - Costes de los elementos comerciales	120
Tabla 10 - Costes de los procesos de acabado.....	120
Tabla 11 - Coste total acumulado de fabricación.....	120