



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

DISEÑO Y ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN

Alumno: Diego Pérez Monteagudo

Tutor: Prof. D. Patricio Lupiáñez Cruz

Depto.: Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos

Septiembre, 2018



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

**DISEÑO Y ANÁLISIS DE UN KART
DE COMPETICIÓN**

Alumno: Diego Pérez Monteagudo

Tutor: Prof. D. Patricio Lupiáñez Cruz

Depto.: Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos

Septiembre, 2018

ÍNDICE GENERAL

1	Introducción	4
2	Memoria	5
2.1	Objeto	5
2.2	Alcance	5
2.3	Antecedentes	5
2.3.1	Definición de kart	5
2.3.2	Historia del karting	6
2.3.3	Categorías del karting según la RFEDA.....	7
2.3.4	Principales componentes de un kart.....	8
2.3.5	Equipo de seguridad del piloto	18
2.4	Normas y referencias	23
2.4.1	Normas y referencias	23
2.4.2	Programa de cálculo	23
2.4.3	Bibliografía.....	23
2.5	Requisitos del diseño	25
2.6	Análisis de soluciones adoptadas	26
2.6.1	Consideraciones previas	26
2.6.2	Componentes diseñados.....	26
2.6.3	Elección de componentes	28
2.7	Resultados finales.....	33
2.8	Orden de prioridad entre los documentos.....	34
3	Anexos	35
3.1	Modelado del kart.....	35
3.1.1	Introducción al modelado con CATIA V5R21	35
3.1.2	Diferentes tipos de diseño de chasis de un kart	36
3.1.3	Modelado del chasis	43
3.1.4	Modelado del resto de los componentes	53

3.2	Cálculo de las prestaciones del kart	60
3.2.1	Cálculo de resistencias al avance	60
3.2.2	Cálculo de velocidad máxima del kart en llano	64
3.2.3	Cálculo de la adherencia del kart	65
3.2.4	Cálculo de máxima pendiente superable	67
3.2.5	Cálculo de la frenada	69
3.3	Cálculo estructural del chasis por el método de elementos finitos	73
3.3.1	Introducción a FEM	73
3.3.2	En parado	74
3.3.3	Aceleración longitudinal	77
3.3.4	Desaceleración longitudinal	79
3.3.5	Impacto frontal	81
3.3.6	Impacto lateral	83
4	Planos	88
5	Pliego de condiciones	89
5.1	Especificaciones de materiales y componentes	89
5.1.1	Listado de materiales y calidades mínimas	89
5.1.2	Componentes suministrados	90
5.2	Condiciones de fabricación y montaje	91
5.2.1	Proceso de curvado	91
5.2.2	Corte por laser	91
5.2.3	Proceso de taladrado	92
5.2.4	Proceso de soldadura	92
5.2.5	Orden de fabricación y montaje	94
5.3	Condiciones de mantenimiento	95
6	Mediciones	96
6.1	Ingeniería	96
6.2	Materiales	96
6.3	Producción y montaje	96

6.4	Suministro de proveedores	97
7	Presupuesto	98
7.1	Presupuesto parcial	98
7.1.1	Ingeniería.....	98
7.1.2	Materiales	98
7.1.3	Producción y montaje.....	98
7.1.4	Suministro de proveedores	99
7.2	Presupuesto total	99

1 INTRODUCCIÓN

Según la normativa vigente regulada por la Universidad de Jaén y la Escuela Politécnica Superior de Linares para la obtención del título de cualquier Grado de Ingeniería Industrial y adaptado según el R.D. 1393/2007 de 29 de Octubre, modificado por el R.D. 861/2010 de 2 de Julio y por el R.D. 43/2015 de 2 de febrero, es necesario haber conseguido el total de créditos y asignaturas exigidos por dicha Universidad, y por tanto, superar un Trabajo Fin de Grado.

Este presente Trabajo de Fin Grado, en el Grado de Ingeniería Industrial en la especialidad de Mecánica, realizado por el alumno Diego Pérez Monteagudo, en el curso 2018-19, con título "Diseño y análisis de un kart de competición", está dirigido por el profesor D. Patricio Lupiáñez Cruz del departamento de Ingeniería Grafica, Diseño y Proyectos.

Se desarrollaran y analizaran todos los pasos a seguir para el diseño de un kart de competición, pasando por las etapas como su dimensionado, el análisis estructural cinemático y dinámico, y su posterior elaboración de planos y del presupuesto.

2 MEMORIA

2.1 Objeto

Con motivo de realizar el Trabajo de Fin de Grado de Ingeniería Industrial en la especialidad de Mecánica, obligatoria para obtener el título de grado de la titulación, se ha realizado este proyecto, cuya finalidad es el diseño y análisis de un kart de competición para uso amateur. En este proyecto, se detallaran los principales componentes del kart, se diseñara el kart mediante el programa CATIA V5R21 para posteriormente realizar los cálculos cinemáticos y dinámicos de dicho kart. También se incluirá un análisis económico con los diferentes costes que tendría su construcción y montaje.

Las principales motivaciones por las que se ha realizado este Trabajo de fin de grado son las de reflejar todos los conocimientos adquiridos en el Grado de Ingeniería Industrial de la especialidad de Mecánica, a su vez dirigiendo todos esos conocimientos hacia el sector del automóvil, del cual se tiene un gran interés.

2.2 Alcance

El alcance de este Trabajo Fin de Grado es el diseñar, analizar y presupuestar un kart de competición. Para este Proyecto no se ha especificado ninguna empresa o ubicación para construcción y montaje, por lo que se ha diseñado desde un punto de vista de fabricación más general.

2.3 Antecedentes

2.3.1 Definición de kart

Según la RFEDA, un kart es un vehículo terrestre monoplaza, sin techo o cockpit, sin suspensiones y con o sin elementos de carrocería, con cuatro ruedas no alienadas que están en contacto con el suelo, donde las dos ruedas delanteras ejercen el control de dirección y las dos traseras, que están conectadas por un eje de una pieza, transmiten la potencia de un motor.

2.3.2 Historia del karting

El karting nace en California (EEUU) en 1956, con el primer kart comercial construido por Art Ingels con un motor de una cortacésped. Muy pronto, el karting se fue consolidando a través de Estados Unidos, comenzando las primeras competiciones e incorporando mejoras técnicas, llegando a conocerse hasta 300 marcas diferentes que fabricaban este pequeño vehículo antes de su llegada a Europa.



Figura 2.1. Primer kart, California 1956

En los años 60, se introdujo en Europa, donde la Federación Internacional de Automovilismo (FIA) creó en 1962 la Comisión Internacional de Karting (CIK). Mientras que en los años 70 en España apenas se conocía el karting, en el resto del mundo algunos jóvenes comenzaron a recibir clases en esta disciplina, donde después, en los años 80, muchos de ellos terminarían compitiendo en la Formula Uno.



Figura 2.2. Karting en 1962

Hoy en día, el karting se ha convertido además de en una disciplina automovilística en sí misma, en una escuela de las futuras promesas del automovilismo, como Ayrton Senna, Michael Schumacher, Kimi Räikkönen o Fernando Alonso entre otros muchos.



Figura 2.3. Último kart de Ayrton Senna

2.3.3 Categorías del karting según la RFEDA

La Real Federación Española De Automovilismo (RFEDA) organiza anualmente los campeonatos en España de karting, en las siguientes categorías regidas por el Reglamento Deportivo de Campeonatos de España y por los Reglamentos Deportivos Específicos y Técnicos de cada una de ellas:

- Alevín (8-11 años): peso min. 108kg y motor automático (Parilla Puma 64).
- Cadete (10-13 años): peso min. 118kg y motor automático (Parilla Puma 85).
- Sénior (14 años o más): peso min. 158kg y motor IAME X-30 RL 125cc.
- Sénior KZ2 (15 años o más): peso min. 175kg, motor 125cc y caja de cambios.
- Sénior KZ2 Silver (30 años o más): peso min. 175 kg, motor 125cc y caja de cambios.
- Junior (12-15 años): peso min. 145kg y motor IAME X-30 RL 125cc (con restrictor).
- Academy CEK (8-10 años): peso min. 105kg y motor automático (Parilla Puma 64).

2.3.4.1 Chasis

El chasis de un kart es el elemento encargado de proporcionar la integridad estructural necesaria para soportar los esfuerzos tanto estáticos como dinámicos a los que se verá sometido dicho kart. A su vez, es la estructura que ensambla las partes mecánicas y la carrocería del kart.

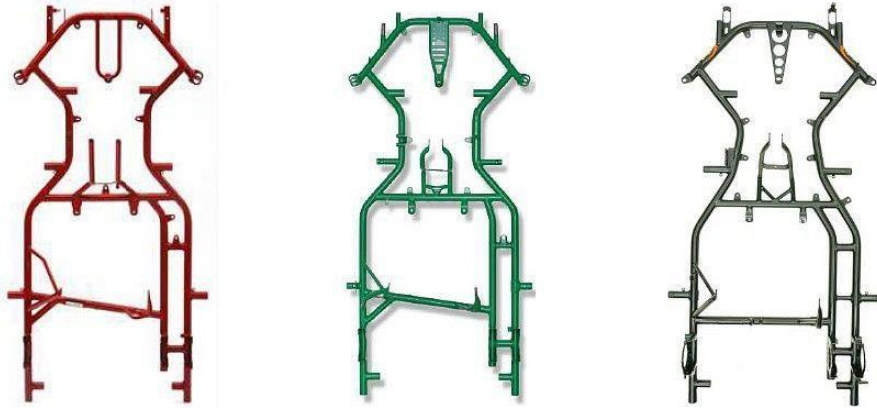


Figura 2.6. Chasis

Está formado por un conjunto de tubos metálicos de acero estructural o aleaciones de acero estructural, soldados entre sí, dando al conjunto la forma y rigidez adecuada. Cabe mencionar que en un kart, por normativa, no se está permitido el uso de sistema de suspensión, por lo que esta función la desempeñaran el chasis y los neumáticos.

Entre los fabricantes de chasis de kart podemos citar a: Tony Kart, CRG, Birel o Parolin.

- Tony Kart



- CRG



- Birel



- Parolin



2.3.4.2 Motor

El motor es el conjunto propulsor o motriz del vehículo en estado de marcha, en este caso, el kart, que está comprendido por un bloque de cilindros, cárteres, un sistema de encendido, uno o varios carburadores (sin sistema de inyección), un tubo de escape y a veces puede llevar incorporado una caja de velocidades, según la categoría. Es el encargado de transformarla energía química del combustible en energía cinética en el giro del cigüeñal.

Los motores alternativos de combustión utilizados en los karts tienen las siguientes características:

- Motor monocilíndrico.
- Motor de cilindrada 125cc.
- Motor de dos tiempos.
- Sistema de encendido electrónico.
- Refrigeración por agua o aire (dependiendo de la categoría).

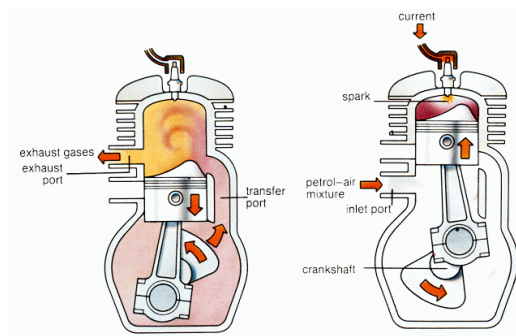


Figura 2.7. Ciclo del motor de dos tiempos



Figura 2.8. Motor de kart

En lo referente a los motores, cada categoría posee unas restricciones dadas por un Reglamento Específico, que afectan al sistema de refrigeración, la válvula de escape, revoluciones máximas, etc., los cuales tienen que estar homologados para su uso en competición. Dependiendo del modelo, fabricante y la categoría, el motor se diseña con unos valores, otorgando unas prestaciones únicas de ese motor, en los que se pueden dar unos valores típicos de las prestaciones del motor de kart:

- Potencia alrededor de 30 hp (22 KW)
- Régimen de giro máximo en torno a 14000 rpm.
- Par motor máximo alrededor de 15 Nm.

Entre los fabricantes de motor de kart podemos citar a: Rotax, Vortex, Maxter o IAME Parilla.

- Rotax



- Vortex



- Maxter



- IAME Parilla



2.3.4.3 Sistema de dirección

El sistema de dirección es el encargado del control de dirección del kart, por lo que debe ser lo suficiente preciso para realizar el trazado de curvas, acciones de adelantamiento, maniobras debidas a obstáculos y maniobras a baja y alta velocidad.

Un sistema de dirección adecuado buscara a su vez el buen aislamiento de las perturbaciones procedentes de pista, como grietas en la calzada, pequeños baches, etc., y que al mismo tiempo asegure un contacto adecuado entre el neumático y la calzada, además de que logre reducir los esfuerzos a la hora de maniobrar con una velocidad baja y una estabilidad adecuada a velocidades elevadas.

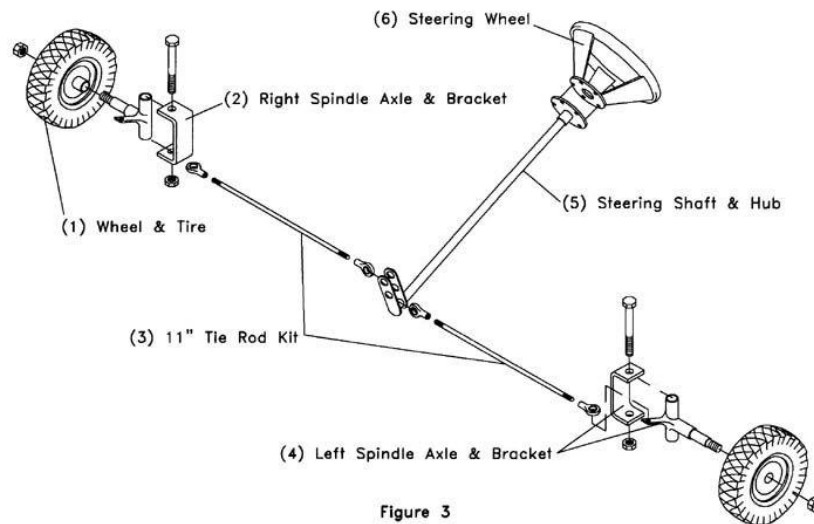


Figure 3

Figura 2.9. Sistema de dirección de un kart

El sistema de dirección consta de las siguientes partes: volante de dirección, columna de dirección, varillas de dirección y manguetas.

- **Volante de dirección:** Componente del sistema de dirección cuyo accionamiento permite el giro de las ruedas para que el kart describa la trayectoria deseada por el piloto.



Figura 2.10. Volante sencillo de kart

- **Columna de dirección:** es el eje que une el volante mediante el buje y las varillas mediante las rotulas, efectuando un movimiento rotativo que permite desplazar las varillas en conjunto con las manguetas delanteras, dando así giro a las ruedas delanteras del kart. Se componen de acero (acero de carbono SAE 1045, acero bonificados SAE 4340 o de cementación SAE 3115) junto con elementos como cromo, níquel con descomposición térmica.



Figura 2.11. Columna de dirección

- **Varillas de dirección:** son las varillas que unen la barra de dirección con las manguetas. Sobre ellos se actúa para los reglajes de convergencia y su mayor o menor longitud determina la anchura de vía o separación de las ruedas, es decir, el radio de giro.



Figura 2.12. Varilla de dirección

- **Manguetas:** las manguetas son los componentes que se acoplan a las ruedas, a las varillas de dirección y a los soportes del chasis, como se muestra en la Figura 2.14



Figura 2.13. Mangueta



Figura 2.14. Mangueta montada

2.3.4.4 Sistema de transmisión

El sistema de transmisión es en encargado de llevar la energía cinética creada por el motor hacia las ruedas traseras. Este sistema está compuesto por el eje trasero, la corona y la cadena.

- **Eje trasero:** es el elemento de la transmisión del kart donde se colocan las ruedas motrices (traseras) y es el único soporte de frenos en los karts de algunas categorías. Es un barra hueca, de acero magnético, de 50 mm de diámetro exterior máximo y un espesor mínimo de 1.9 mm.



Figura 2.15. Eje trasero

- **Corona:** es una rueda dentada que engrana a través de una cadena con un piñón colocado en el extremo del árbol de transmisión contenido en el motor. Está sujeta al eje trasero, ya que es el elemento que hará girar las ruedas.

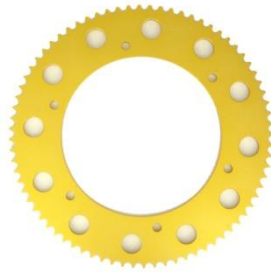


Figura 2.16. Corona del sistema de transmisión

- **Cadena:** La cadena es el elemento que une el piñón (situado en el motor) con la corona (situada en el eje trasero). Es muy importante en la cadena su longitud, ya que no hay ningún elemento tensor que nos ayude a regular su tensión.

2.3.4.5 Ruedas y neumáticos

La rueda es el componente que soporta el peso y otras cargas del kart y está situado entre el neumático y el eje. La rueda se compone de dos partes, aunque en los karts forma una sola parte, simplificando así el componente.

- **Llanta:** es la parte de la rueda que mediante un perfil adecuado sirve de soporte al neumático. La normativa establece que el diámetro de la llanta debe de ser de 5" (5 pulgadas = 12.7 cm). Los materiales habituales son el aluminio, por su ligereza en relación a su precio.
- **El disco o centro de la rueda:** es la parte que une la llanta con el cubo de la rueda o buje.



Figura 2.17. Ruedas de kart

Los neumáticos son los encargados de transmitir al asfalto los esfuerzos longitudinales (tracción y frenada) como transversales (los producidos por un paso por curva). En los karts lo normal es utilizar neumáticos sin cámara de aire (tubeless), que

están formados únicamente por una cubierta en la cual hay aire a presión. Para conferir la rigidez necesaria, estos disponen de un aro metálico, compuesto de acero trenzado normalmente, y recubierto de caucho y tejidos. Los neumáticos de karts suelen ser lisos, para una mayor adherencia, aunque solo si el suelo está seco, sino, se utilizan neumáticos con canales para desalojar con mayor facilidad el agua y no provocar aquaplaning, como por ejemplo los neumáticos típicos que encontramos en los coches.

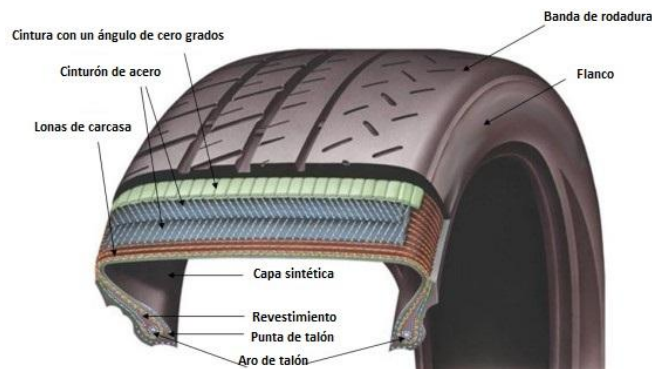


Figura 2.18. Estructura de un neumático

Entre los fabricantes de neumáticos podemos citar a: Bridgestone, Michelin o Pirelli.

- Bridgestone



- Michelin



- Pirelli



2.3.4.6 Sistema de frenado

El sistema de frenado es el único que tiene la capacidad de reducir la velocidad del vehículo, en este caso, el kart, llegando a su detención total si así se desea, por lo que se trata de uno de los elementos fundamentales de seguridad y manejabilidad del kart, ya que controla la velocidad del kart a la que conviene en cada situación. Además, el sistema de frenos requiere de una alta fiabilidad, ya que su fallo podría provocar graves consecuencias.

En los karts, existen tanto sistemas de frenos delanteros como traseros, aunque en algunas categorías, como por ejemplo Sénior no está permitido su uso y en otras no es de uso obligatorio. En cambio, el sistema de freno trasero es obligatorio en todas las categorías, que consta de un solo freno de disco el cual es solidario al eje trasero. Su sistema de accionamiento es a través de una pinza hidráulica o mecánica, que es accionado por el piloto por medio de un pedal (pedal izquierdo).

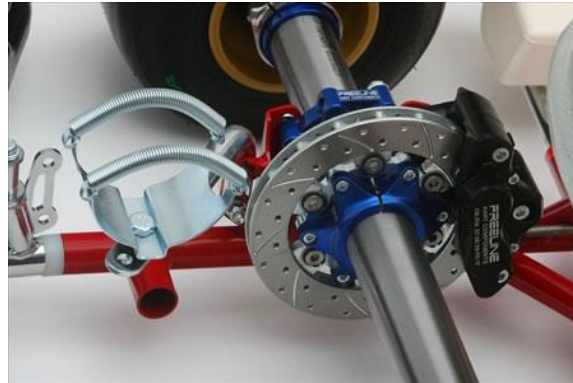


Figura 2.19. Sistema de freno trasero de un kart

El disco del freno suelen estar perforados, para una mejor disipación del calor y así estos no adquirir una temperatura excesiva, que provocaría una disminución de sus prestaciones de frenado.

Entre los fabricantes de frenos podemos citar a: Righetti Ridolfi o Brembo.

- Righetti Ridolfi



- Brembo



2.3.4.7 Carrocería

La carrocería o carenado es el revestimiento externo realizado normalmente con fibra de vidrio o poliéster, muy pocos en fibra de carbono, debido a su precio, que se adapta a la forma del chasis y cuya finalidad es la disminución de la resistencia aerodinámica que ofrece el aire al avance del kart. Además, también puede ser usado en

medida de lo posible para crear una fuerza de sustentación negativa, lo que incrementa la carga normal sobre las ruedas, lo que nos permitiría ir a una mayor velocidad en el paso por curva, como ocurre en la Formula 1.



Figura 2.20. Carrocería de un kart

2.3.4.8 Elementos de seguridad

Un kart posee varios elementos de seguridad pasiva, destinados a proteger el vehículo y su ocupante de una posible colisión contra otro kart o cualquier otro objeto. Estos elementos son los denominados paragolpes, unas barras metálicas fijadas al chasis para resistir impactos, que normalmente están ocultos bajo la carrocería o carenado, y su finalidad es absorber el impacto deformándose, intentado así que el kart y el piloto no absorban el impacto.

2.3.5 Equipo de seguridad del piloto

Además de la seguridad propia del kart, el piloto debe de llevar una serie de protecciones, varias de ellas de uso obligatorio.

2.3.5.1 Casco y sotocasco

Es uno de los elementos más importante de todo el equipo, ya que protege la cabeza y el rostro ante posibles accidentes de gravedad, por eso, su uso es obligatorio. Los casos utilizados en karting son integrales, es decir, cubren por completo toda la cabeza, y llevan una visera, que protege el rostro del piloto de objetos que puedan impactar cuando se va a una alta velocidad. Además, llevan un sistema de cierre de

seguridad, que es clave para que el casco no se desprenda del piloto cuando lo lleva puesto.

Los cascos modernos están diseñados con fibra de carbono, haciéndolos ligeros y resistentes, aunque su principal desventaja es el precio, por el material utilizado.



Figura 2.21. Casco

El sotocasco, aunque su uso no es obligatorio, se recomienda, ya que aporta una mayor comodidad y seguridad a la hora de pilotar. Su objetivo es absorber el sudor producido al conducir durante un alto periodo de tiempo, evitando que el sudor empape la cara y cree molestias en la visión y en la concentración.



Figura 2.22. Sotocasco

Algunos de los fabricantes de cascos más conocidos son: AGV, OMP o HJC.

- AGV
 - OMP
 - HJC
- 
- The logos of three helmet manufacturers are displayed. The AGV logo features a stylized 'agv' in black with a red, white, and green Italian flag above it. The OMP logo consists of the letters 'OMP' in yellow on a black rectangular background. The HJC logo shows 'HJC' in white on a black oval background, with 'HELMETS' written in smaller letters below.

2.3.5.2 Protector de cuello o collarín

El protector de cuello o collarín no es de uso obligatorio en todas las categorías, pero si en las categorías de alevín o cadete. Están fabricados de espuma y cubiertos de nylon. Su objetivo es la reducción de fatiga de los músculos del cuello provocada por las fuerzas G causadas en los pasos de curvas entre otros. A su vez, también prevé de posibles lesiones en el cuello ante un impacto fuerte.



Figura 2.23. Protector de cuello o collarín

2.3.5.3 Mono

El mono es un traje de una pieza que cubre todo el cuerpo, salvo la cabeza, manos y pies. Su objetivo es el de proteger al piloto de posibles quemaduras causadas por un deslizamiento o cortes provocados por objetos proyectados en la pista, por eso, su uso es obligatorio. Suelen estar fabricados en dos capas de dos materiales, una de fibra de nylon por fuera y de algodón por dentro. También suelen llevar protectores de kevlar en los codos y rodilleras para una mayor seguridad.



Figura 2.24. Mono

2.3.5.4 Costillar

El costillar es un chaleco que su objetivo es el de proteger la caja torácica del piloto, sobre todo sus costillas, que pueden ser dañadas debido a golpes en la espalda o en los costados contra el asiento mientras se está pilotando.



Figura 2.25. Costillar

2.3.5.5 Guantes

Los guantes de karting están elaborados en nylon y de un material ignífugo. A su vez, en la palma de la mano tiene unas zonas con cuero para favorecer la adherencia del piloto al volante. Suelen estar también reforzados tanto en la parte de los nudillos por posibles roces o golpes. El uso de guantes es obligatorio en todas las categorías.



Figura 2.26. Guantes

2.3.5.6 Botas

Las botas, de uso obligatorio, deben de ser de caña alta, para la protección de los tobillos, y están especialmente diseñadas para el karting. Su misión, además de proteger los tobillos, protege el área de los talones, por los movimientos bruscos que puede llegar a tener el piloto en pista. Suelen estar diseñadas de un material ignífugo, y la suela es más fina que la de un calzado convencional, para una mayor sensibilidad del piloto hacia los pedales.



Figura 2.27. Botas de kart

Los principales fabricantes de botas, además de otros equipos ya nombrados, como el mono, el costillas o los guantes son: Sparco o Alpinestars

- Sparco



- Alpinestars



2.4 Normas y referencias

2.4.1 Normas y referencias

En este apartado se contempla la normativa que afecta al presente proyecto, remarcando los aspectos clave que sirven para guiar tanto la parte de diseño como de análisis del kart. Los documentos principales en los que la normativa se refiere afectan al proyecto y se desarrollan a continuación son:

1. Reglamento Técnico General RFEDA (2018)
2. Reglamento Técnico Específico de Sénior RFEDA (2018)
3. Dibujos Técnicos RFEDA
4. Reglamento de Homologación CIK-FIA (2018)
5. Reglamento Técnico CIK-FIA (2018)
6. Dibujos Técnicos CIK-FIA

Las normativas citadas se encuentran en el Anexo I.

2.4.2 Programa de cálculo

Para la elaboración de los documentos de este Trabajo Fin de Grado se han utilizado los siguientes programas informáticos:

- Microsoft Word 2007 para la elaboración del documento.
- CATIA V5 R21 para el diseño y cálculo estructural del chasis, así como la elaboración de los planos.
- Wolfram Mathematica 10.3 para el cálculo de fórmulas y ecuaciones debidas a las normas.
- Microsoft Excel 2007 para crear el árbol de componentes del kart.

2.4.3 Bibliografía

1. UNE 157001: Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico.
2. Shigley J.E, Mitchell L.D, Budynas R.G. y Nisbett J.K: "Diseño en ingeniería mecánica de Shigley". 9ª Edición. Editorial MC Graw Hill.
3. Cascajosa Manuel: "Ingeniería de vehículos". Editorial Tébar.

4. Torrecilla Insagurbe, Eduardo: " El Gran Libro de CATIA". Editorial MARCOMBO, 2012.
5. Apuntes de Ingeniería de vehículos del profesor Luis Felipe Sesé.
6. Apuntes de la asignatura impartida en la EPS de Linares: Elasticidad y resistencia de materiales del profesor Daniel Carazo Álvarez.
7. Apuntes de la asignatura impartida en la EPS de Linares: Cinemática y Dinámica de Maquinas del profesor Antonio Díaz Carrillo
8. Apuntes de la asignatura impartida en la EPS de Linares: Proyectos del profesor Patricio Lupiáñez Cruz.
9. Reglamento Técnico General 2018 RFEDA
10. Reglamento Técnico Especifico de Senior 2018 RFEDA
11. Dibujos Técnicos RFEDA
12. Reglamento de Homologación CIK-FIA 2018
13. Reglamento Técnico CIK-FIA 2018
14. Dibujos Técnicos CIK-FIA
15. www.rfeda.es/
16. www.cikfia.com/
17. dmkracing.com/
18. amracingkart.com/tienda/
19. kpsracing.es/
20. www.tillett.co.uk/shop/
21. www.righettiridolfi.com/
22. www.vegatyres.com/
23. www.tecnokart.com/
24. www.norelem.com/
25. dwtracing.com/
26. www.ipkarting.com/
27. www.iamekarting.com/products/
28. www.todoparakarting.com/
29. www.tuboestructural.com/
30. www.kartingparcmotor.com/historia-del_karting/
31. www.sparco-official.com/en/
32. www.alpinestars.com/
33. www.ompracing.com/
34. grabcad.com/
35. es.wikipedia.org/

2.5 Requisitos del diseño

Para poder diseñar el kart, primero se han de definir unos parámetros recogidos de las normativas antes citadas, elegido el kart para la categoría Sénior:

- Kart:
 - El kart no lleva ningún sistema de suspensión.
 - Solo dispondrá de un sistema de freno trasero.
 - Numero de ruedas: 4
 - Peso mínimo (sin combustible ni piloto) = 75 kg.
 - Peso mínimo en marcha (con combustible y piloto) = 158 kg.
 - Depósito de 8 litro mínimo.
 - Distancia entre ejes: Mínimo 101cm, Máximo: 107 cm.
 - Largo total máximo: 182 cm (sin carenado frontal y trasero)
 - Ancho total máximo: 140 cm
 - Alto total máximo: 65 cm (desde el suelo, asiento incluido)
 - Los paragolpes son protecciones obligatorias, y deben ir homologados junto a la carrocería.
- Chasis:
 - Chasis rígido sin conexiones articuladas
 - Chasis compuesto de acero tubular de sección cilíndrica.
 - El material del chasis es acero estructural o de aleaciones de acero estructural.
 - El uso de titanio como material está prohibido.
 - Como el chasis debe de estar homologado por la organización CIK-FIA, se adecuara a sus requisitos.
- Eje Trasero: diámetro máximo 50 mm.
- Motor y escape: Homologados por CIK-FIA
- Neumáticos: Neumáticos de 5" homologados por CIK-FIA
- Frenos: Homologados por CIK-FIA

2.6 Análisis de soluciones adoptadas

2.6.1 Consideraciones previas

Desde el principio, el diseño del kart está enfocado en la obtención de un kart para la categoría Sénior con los cálculos necesarios para su homologación. Para alcanzar este objetivo, se partirá de una serie de premisas que condicionarán la toma de decisiones a la hora de diseñar el kart:

- Como todos los componentes tienen que estar homologados, priorizará los componentes ya existentes y ya homologados por la CIK-FIA para su uso en esta categoría.
- Los componentes que necesitan de una revisión más técnica realizada por la CIK-FIA se simplificarán en su diseño.
- Se valorará la solución más económica, siempre que cumpla con nuestro objetivo.
- Uno de los mayores condicionantes es la resistencia estructural del chasis, por lo que se tendrá una restricción bastante alta en este punto.

Haciendo uso de estas premisas, se ha optado por la utilización de los componentes ya utilizados en la categoría Sénior, como el motor, tubo de escape, radiador y ruedas del kart y carrocería. Estos componentes se diseñarán en CATIA V5R21 simplificados, otorgándoles el peso y las dimensiones correspondientes de cada componente. A su vez, la carrocería y el asiento también se utilizarán componentes ya homologados.

En conclusión, el chasis, y los paragolpes laterales se diseñarán eligiendo una geometría que cumpla con los requisitos estipulados por la CIK-FIA.

2.6.2 Componentes diseñados

Los componentes diseñados que habrá que fabricarlos son:

- Chasis
- Paragolpes laterales

Ambos componentes están diseñados utilizando tubos huecos de acero S355 J2H. El chasis utiliza tubos de 28 mm de diámetro y 2 mm de espesor, y los paragolpes laterales tubos de 21 mm de diámetro y 2 mm de espesor.

Además el chasis cuenta con varios soportes, para el asiento, eje trasero, ruedas delanteras, y dirección, que se utilizan geometrías tubos otros diámetros y otras geometrías. En los anexos y los planos se muestran como es su diseño y sus dimensiones.

Las características de estos componentes, sin contar con los soportes soldados del chasis, son las siguientes:

Componente	Material	Diámetro (mm)	Espesor (mm)	Peso (Kg)
Chasis	Acero S355 J2H	28	2	11.3 (incluido soportes)
Paragolpes derecho	Acero S355 J2H	21	2	1.4
Paragolpes izquierdo	Acero S355 J2H	21	2	1.4

Tabla 2.1. Componentes diseñados

El resultado del modelado de estos componentes se muestra a continuación:

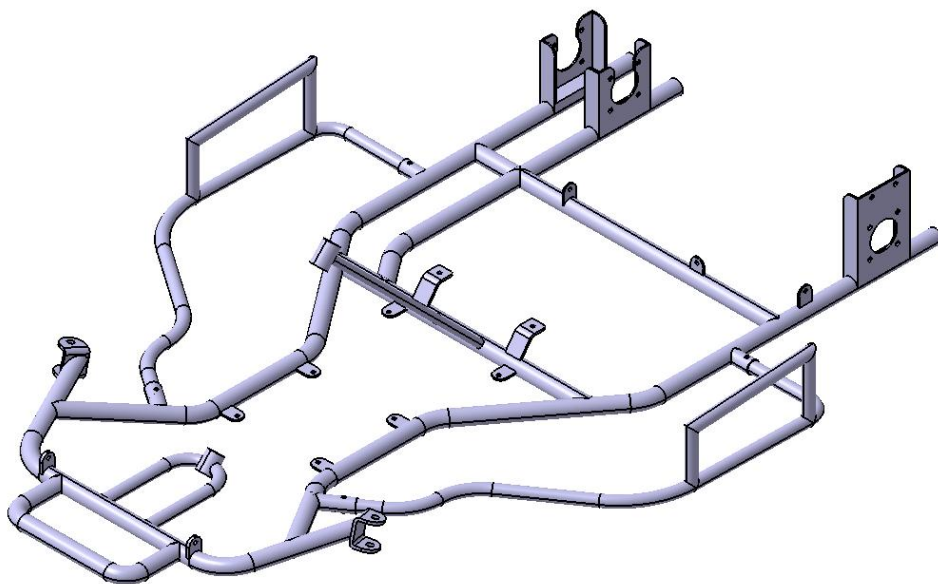


Figura 2.28. Modelado de los componentes diseñados

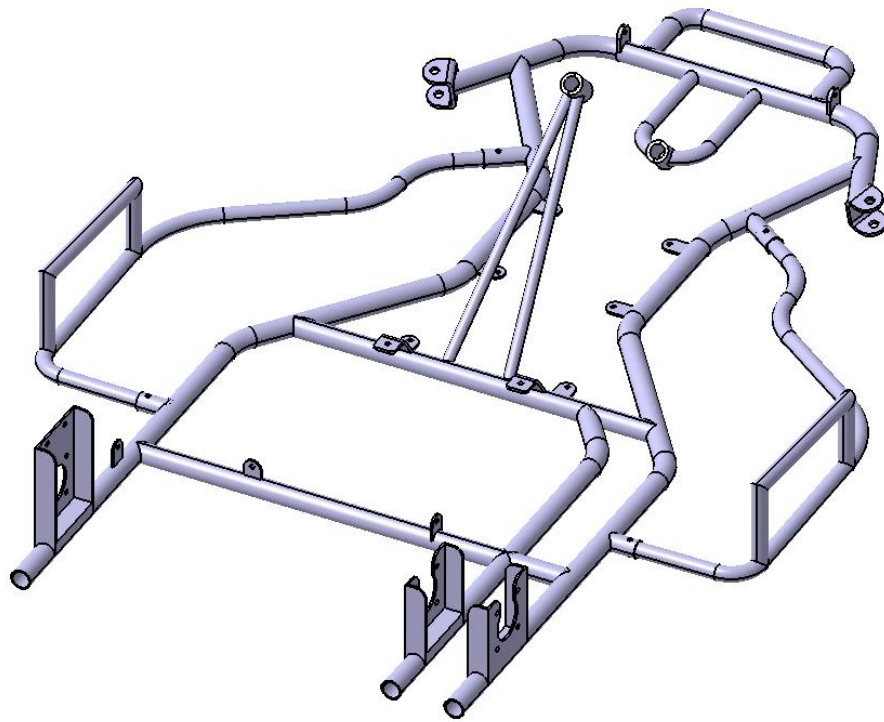


Figura 2.29. Modelado de los componentes diseñados 2

2.6.3 Elección de componentes

En este sub-apartado se nombrará los componentes elegidos, algunos ya homologados por la CIK-FIA para la categoría Sénior, en los que para su montaje en CATIA V5R21 se diseñaran de una forma simplificada, ajustando su peso y sus dimensiones a las reales.

Los componentes elegidos son los siguientes:

- Motor (incluye el radiador, escape, bombas de agua y gasolina, y soportes)
 - Fabricante: IAME
 - Modelo: Parilla X30 125cc RL

Las características del motor son:

- Ciclo: OTTO / 2 tiempos
- Cilindrada: 123.67 cc
- Diámetro del cilindro: 54 mm
- Diámetro del cilindro teórico: 54.28 mm
- Carrera: 54 mm

- Embrague: Automático
- Lubricación: Por mezcla de aceite al 4%
- Alimentación: Laminas directo al cárter
- Carburador: Tillotson HW-27A (Ø27 Venturi)
- Refrigeración: Forzada por agua
- Encendido: Electrónico digital
- Recarga de batería: Por generador integrado
- Arranque: Por motor eléctrico de 12V
- Numero de vueltas Máx.: 15.500 rpm (limitado)
- Potencia motor: 21 HP
- Par motor máximo: 11 Nm
- Temperatura mínima de agua: 45°C
- Temperatura máxima de agua: 65°C



Figura 2.30. Motor IAME Parilla X30 125cc

- Neumáticos
 - Fabricante: Vega
 - Modelo: SL3-SL NORDAM

Las características de los neumáticos son:

Especificaciones	SL3 (Delantero)	SL3 (Trasero)
Dimensiones	10x4.60-5	11x7.10-5
Dureza IRHD (+/-5)	48	48
Presión(bar)	0.6 +/- 0.3	0.6 +/- 0.3
Velocidad Máxima (Km/h)	200	200
Peso (Kg)	1.150	1.650

Tabla 2.2. Características Neumáticos Vega SL3



Figura 2.31. Neumáticos Vega SL3-SL NORDAM

- Asiento
 - Fabricante: Tillett
 - Modelo: T8 1/4

Las características del asiento son:

- Composición: Kevlar
- Peso: 2 Kg



Figura 2.32. Asiento Tillett T8 1/4

- Sistema de freno (Incluye soporte portadiscos)
 - Fabricante: IPK
 - Modelo: RBS-V1



Figura 2.33. Sistema de freno IPK RBS-V1

- Eje trasero
 - Fabricante: Righetti Ridolfi
 - Modelo: KD104-H2
 - Dimensiones: 50x1040x2 mm



Figura 2.34. Eje trasero Righetti Ridolfi KD104-H2

- Kit de carrocería
 - Fabricante: Righetti Ridolfi
 - Modelo: XTR14
 - Componentes: Portanúmeros delantero, pontones laterales, paragolpes delantero y trasero y fijaciones



Figura 2.35. Kit de carrocería Righetti Ridolfi XTR14

- Depósito de 9 L (Incluye kit de sujeción)
 - Fabricante: Righetti Ridolfi
 - Modelo: KS007-INS



Figura 2.36. Depósito de 9L Righetti Ridolfi KS007-INS

- Resto de componentes

Componente	Fabricante	Modelo
Bujes delanteros	Righetti Ridolfi	KN0401
Bujes traseros	Righetti Ridolfi	KN0531
Portarodamientos	Tecno	588/905
Cadena	D.I.D	36097A
Cubrecadenas	Righetti Ridolfi	K950R
Corona de 86 dientes	Righetti Ridolfi	KR0102-86
Portacoronas	Wildkart	MPCR50T
Kit de pedales	Righetti Ridolfi	KP193
Rodamientos	Tecno	587/905
Juego de manguetas	Righetti Ridolfi	KF4974
Juego de llantas delanteras	Douglas Wheels	KC79AL130-58VS
Juego de llantas traseras	Douglas Wheels	KC79AL180-58VS
Suelo	Sodikart	PC0131.102
Volante de dirección	Sodikart	PC0431.059
Varillas de dirección	Righetti Ridolfi	KT045N
Barra de dirección	Righetti Ridolfi	KB105B
Rotulas de dirección	Righetti Ridolfi	K329E
Tornillos, tuercas y bridas	Norelem	-----

Tabla 2.3. Resto de componentes

2.7 Resultados finales

El resultado final de lo mencionado anteriormente es el mostrado a continuación:

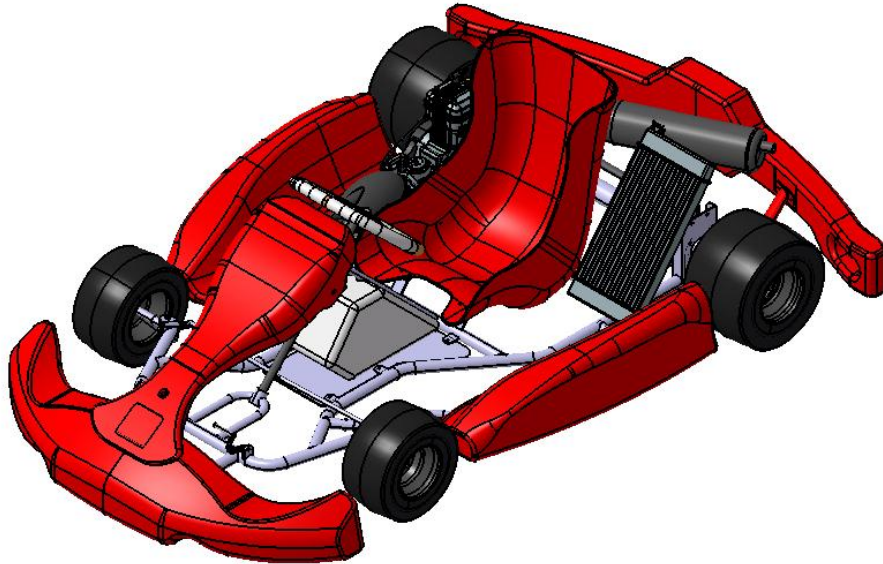


Figura 2.37. Resultado final del kart

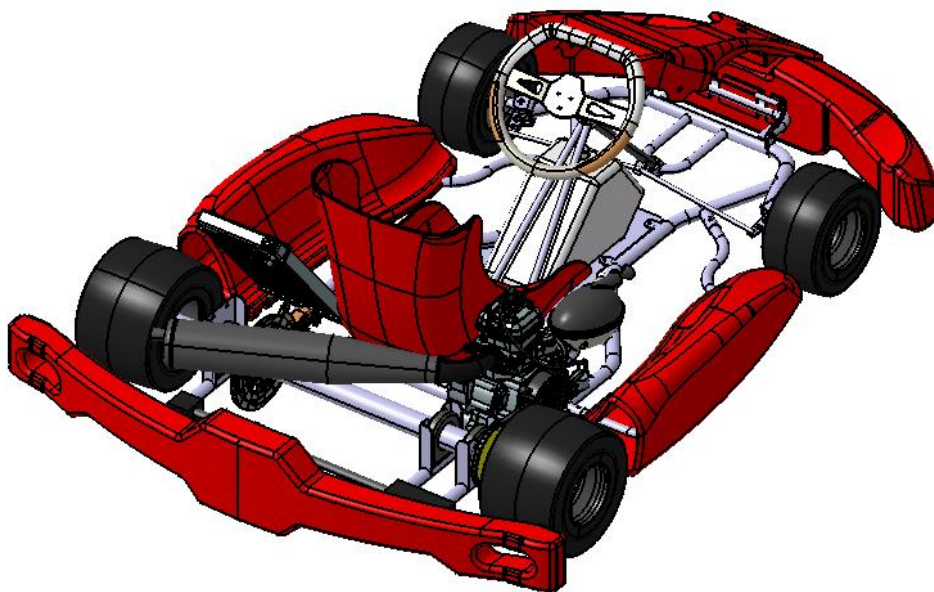


Figura 2.38. Resultado final del kart 2

La masa total de los componentes del kart en orden de marcha con una piloto de 80 kg se muestra en la siguiente tabla:

Componente	Masa (Kg)
Motor	25
Radiador completo	2.5
Escape completo	7.6
Bomba de agua	3
Depósito de combustible completo	9.5
Asiento	2
Sistema de transmisión	10
Chasis completo	11.3
Sistema de dirección	5.5
Sistema de freno	2
Carrocería y paragolpes	12
Neumáticos y llantas	9.8
Piloto con equipamiento	89.8
Total	190

Tabla 2.4. Masa total del kart

2.8 Orden de prioridad entre los documentos

Frente a posibles discrepancias que pudiera haber entre los distintos documentos que forman el proyecto, el orden de prioridad de estos documentos presentados en el Trabajo Fin de Grado son:

1. Planos
2. Pliego de condiciones
3. Presupuesto
4. Memoria

3 ANEXOS

3.1 Modelado del kart

3.1.1 Introducción al modelado con CATIA V5R21

Para el modelo del kart y sus componentes se emplea el programa CATIA, utilizando la versión V5R21. CATIA es un programa informático de diseño, fabricación e ingeniería asistida por computadora comercial realizado por Dassault Systemes, quien realiza programas de diseño como Soliworks o Simulia y programas de bases de datos como Enovia.

El programa CATIA está desarrollado para proporcionar apoyo desde la concepción del diseño hasta la producción y el análisis del producto. Fue inicialmente desarrollado para servir en la industria aeronáutica, pero gracias a su manejo con superficies complejas, se ha implementado también en la industria del automóvil para el diseño y desarrollo de componentes de carrocería, donde empresas como BMW, Volkswagen, Audi, Seat, Renault, Peugeot la utilizan.

CATIA ofrece una solución para facilitar el proceso de trabajo y visualización para crear, modificar y validar formas complejas e innovadores para el diseño industrial. CATIA aparece en múltiples etapas del diseño del producto desde sus primeros bocetos o desde los bocetos en 2D, de ahí su utilización.



Figura 3.1. Logotipo CATIA

3.1.2 Diferentes tipos de diseño de chasis de un kart

Primero es importante ver las geometrías más utilizadas en los chasis de kart ya homologados por la CIK-FIA, viendo sus ventajas y desventajas, para al final conseguir la geometría que deseamos en nuestro kart.

Los modelos vistos son los más utilizados por la marcas más conocidas: TonyKart, CRG y Parolin.

Vektor:

- Fabricante: TonyKart
- Nº Homologación CIK-FIA: 012-CH-14
- Categorías: Todas
- Dimensiones:

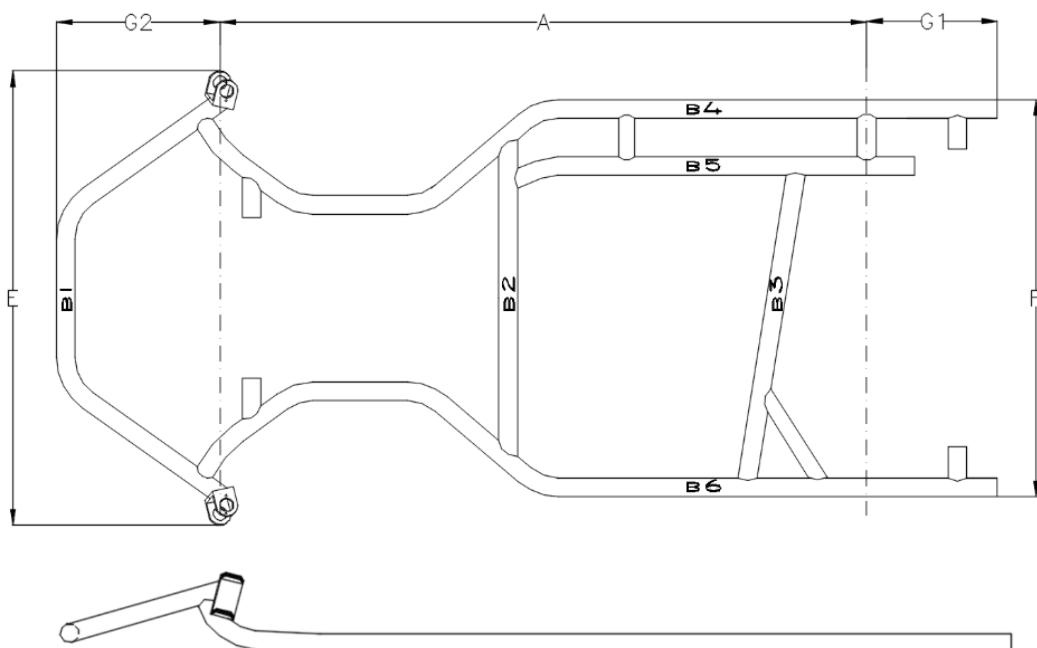


Figura 3.2. Croquis del chasis Vektor por CIK-FIA

B	COTES	B	DIMENSIONS
1. Cadre	1. Frame	Données	Tolérances
		Data	Tolerances
A= Empattement mesures fixes	A= Wheel base fixed measurements	1050mm	+/- 10mm
B= Tubes principaux de la structure, diamètre minimum 21mm, d'une longueur supérieure à 150mm, à l'exception des tubes d'un diamètre inférieur à 21mm et tous les supports pour les accessoires.	B= Main tubes of the structure, minimum diameter of 21mm, length over 150mm, except tubes with a diameter of less than 21mm and all the supports for the accessories.	1) 30mm 2) 30mm 3) 30mm 4) 30mm 5) 30mm 6) 30mm	+/- 0.5mm +/- 0.5mm +/- 0.5mm +/- 0.5mm +/- 0.5mm +/- 0.5mm
C = Nombre de courbes dans les tubes de Ø supérieur à 21mm	C = Number of bends on the tubes with a diameter greater than 21mm.	11	—
D = Nombre de tubes ayant un Ø supérieur à 21mm	D = Number of tubes with a diameter greater than 21mm	6	—
E = Largeur avant extérieure	E = Outer front width	724mm	+/- 10mm
F = Largeur arrière extérieure	F = Outer rear width	636mm	+/- 10mm
G1 = Porte-à-faux arrière des tubes principaux (obligatoire)	G1 = Rear overhang for the main tubes (mandatory)	210mm	+/- 15mm
G2 = Porte-à-faux avant du tube principal	G2 = Front overhang for the main tube	265mm	+/- 10mm
Remarque / Remark: Dans les points B, C et D, seuls les tubes principaux d'une longueur supérieure à 150 mm sont à prendre en considération à l'exclusion tous les supports pour accessoires. In points B, C and D, only the main tubes of a length of more than 150 mm are to be taken into consideration, excluding all supports for accessories.			

Tabla 3.1. Tabla de las dimensiones del chasis Vektor por CIK-FIA

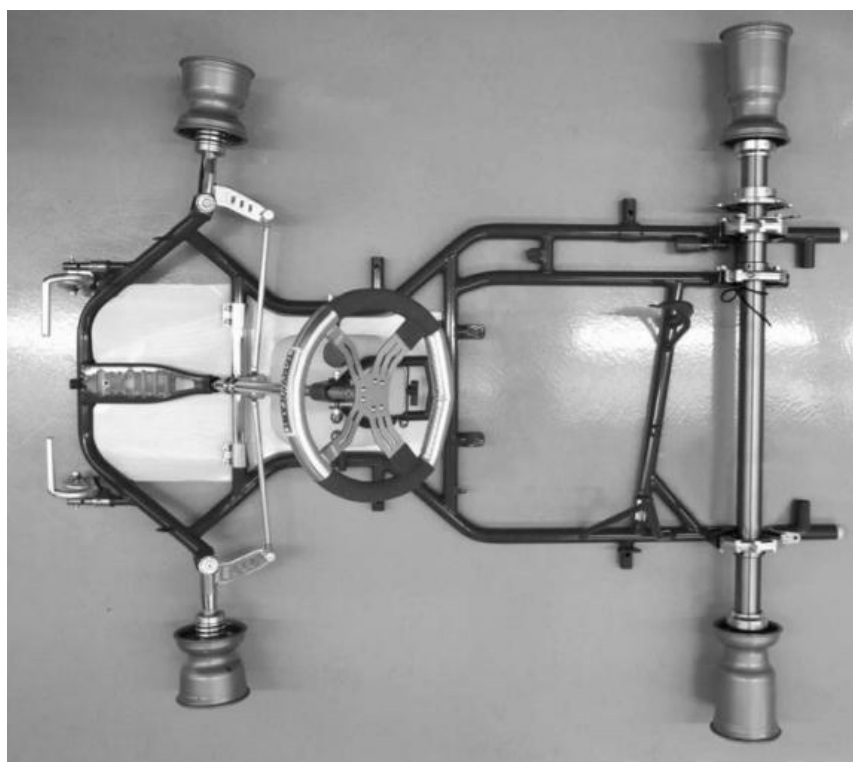


Figura 3.3. Chasis Vektor y algunos componentes

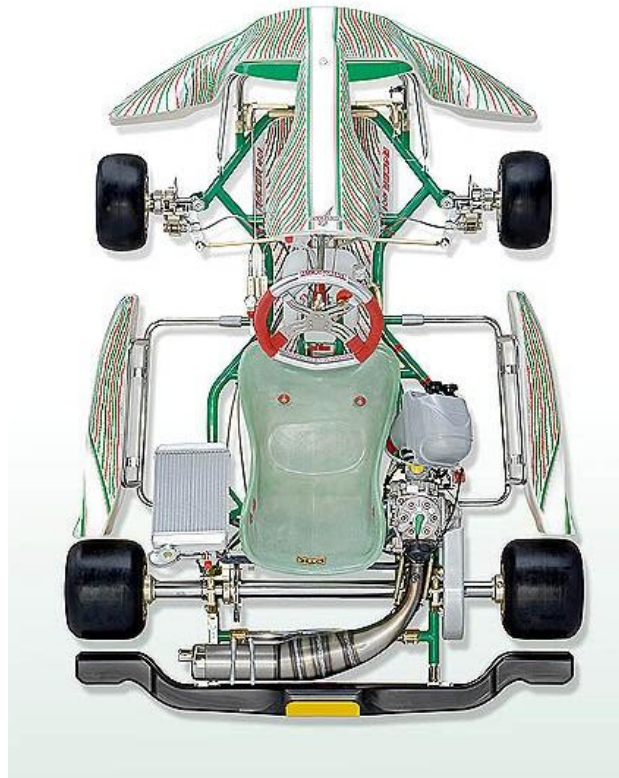


Figura 3.4. Chasis Vektor montado en un kart

En el chasis Vektor tiene como características:

- Estructura principal de tubos de 21 mm de diámetro.
- Estructura con soporte para una barra de torsión delantera.
- Soportes para la columna de dirección muy anchos y complejos
- Soporte de asiento que obligan al asiento a no estar recto respecto el volante.
- Soportes del asiento que no agarran el asiento desde delante por abajo y los laterales
- Soporte para paragolpes laterales muy atrasados
- Los pedales se colocan delante del chasis

BLACK WHEEL:

- Fabricante: CRG
- Nº Homologación CIK-FIA: 023-CH-20
- Categorías: Todas
- Dimensiones:

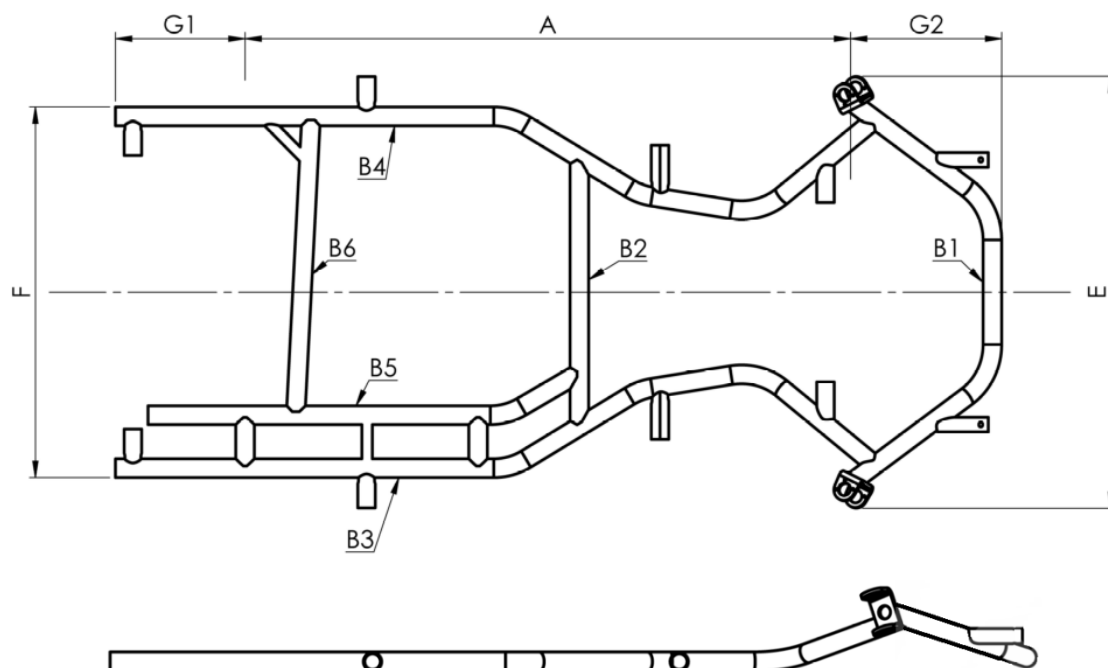


Figura 3.5. Croquis del chasis Black Wheel por CIK-FIA

B		COTES	B	DIMENSIONS	
1. Cadre		1. Frame		Données	Tolérances
				Data	Tolerances
A= Empattement mesures fixes		A= Wheel base fixed measurements		1042	+/- 10mm
B= Tubes principaux de la structure, diamètre minimum 21mm, d'une longueur supérieure à 150mm, à l'exception des tubes d'un diamètre inférieur à 21mm et tous les supports pour les accessoires.		B= Main tubes of the structure, minimum diameter of 21mm, length over 150mm, except tubes with a diameter of less than 21mm and all the supports for the accessories.		1) 32 2) 32 3) 32 4) 32 5) 32 6) 32	+/- 0.5mm +/- 0.5mm +/- 0.5mm +/- 0.5mm +/- 0.5mm +/- 0.5mm
C = Nombre de courbes dans les tubes de Ø supérieur à 21mm		C = Number of bends on the tubes with a diameter greater than 21mm.		9	
D = Nombre de tubes ayant un Ø supérieur à 21mm		D = Number of tubes with a diameter greater than 21mm		6	
E = Largeur avant extérieure		E = Outer front width		730	+/- 10mm
F = Largeur arrière extérieure		F = Outer rear width		635	+/- 10mm
G1 = Porte-à-faux arrière des tubes principaux (obligatoire)		G1 = Rear overhang for the main tubes (mandatory)		210	+/- 15mm
G2 = Porte-à-faux avant du tube principal		G2 = Front overhang for the main tube		268	+/- 10mm
Remarque / Remark: Dans les points B, C et D, seuls les tubes principaux d'une longueur supérieure à 150 mm sont à prendre en considération à l'exclusion tous les supports pour accessoires. In points B, C and D, only the main tubes of a length of more than 150 mm are to be taken into consideration, excluding all supports for accessories.					

Tabla 3.2. Tabla de las dimensiones del chasis Black Wheel por CIK-FIA

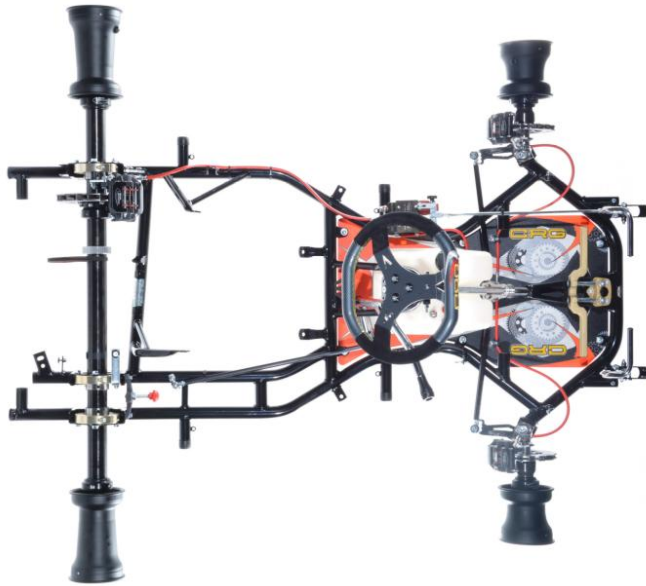


Figura 3.6. Chasis Black Wheel

En el chasis Black Wheel tiene como características:

- Estructura principal de tubos de 21 mm de diámetro.
- Estructura con soporte para una barra de torsión delantera.
- Soportes para la columna de dirección muy anchos y complejos.
- Soporte de asiento que obligan al asiento a no estar recto respecto el volante.
- Soportes del asiento que no agarran el asiento desde delante por abajo y los laterales
- Soporte para paragolpes laterales muy atrasados y demasiados largos.
- Los pedales se colocan delante del chasis
- Travesaño de detrás muy inclinado respecto los laterales.
- En general un chasis muy complejo.

Monza:

- Fabricante: Parolin
- Nº Homologación CIK-FIA: 083-CH-14
- Categorías: Todas
- Dimensiones:

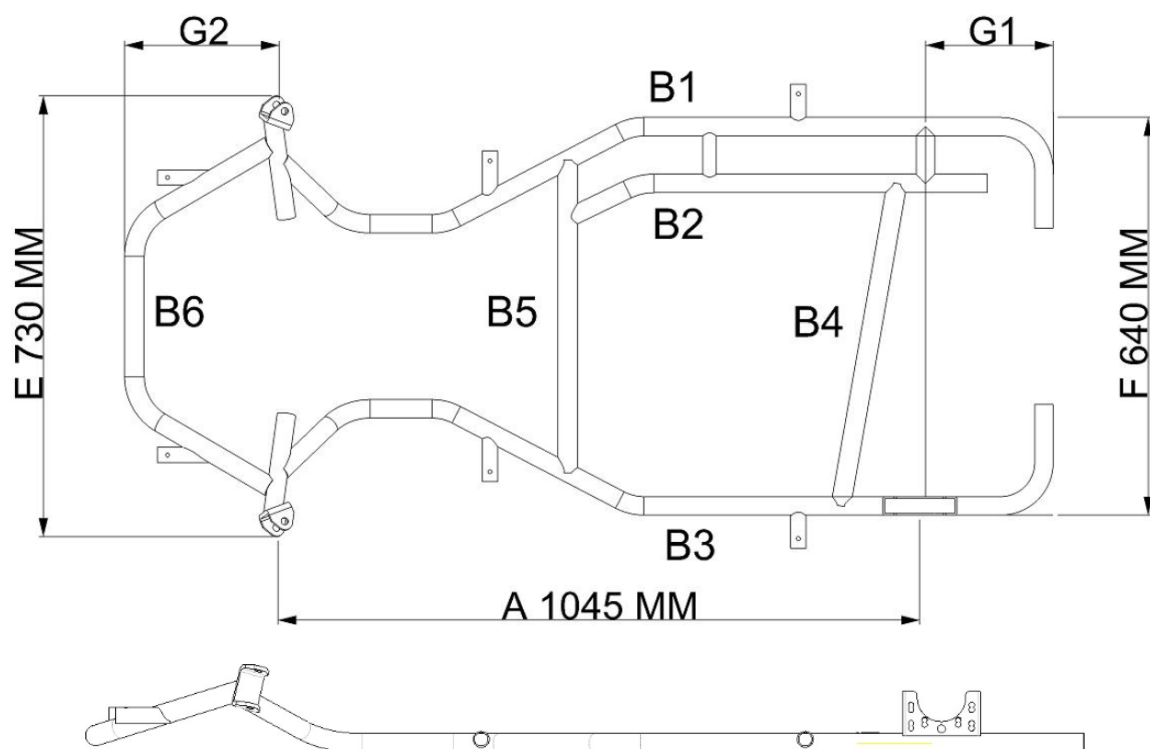


Figura 3.7. Croquis del chasis Monza por CIK-FIA

B	COTES	B	DIMENSIONS
1. Cadre	1. Frame	Données	Tolérances
		Data	Tolerances
A= Empattement mesures fixes	A= Wheel base fixed measurements	1045	<u>+/- 10mm</u>
B= Tubes principaux de la structure, diamètre minimum 21mm, d'une longueur supérieure à 150mm, à l'exception des tubes d'un diamètre inférieur à 21mm et tous les supports pour les accessoires.	B= Main tubes of the structure, minimum diameter of 21mm, length over 150mm, except tubes with a diameter of less than 21mm and all the supports for the accessories.	1) 30 2) 30 3) 30 4) 32 5) 32 6) 32 7) 8) 9) 10)	+/- 0.5mm +/- 0.5mm +/- 0.5mm +/- 0.5mm +/- 0.5mm +/- 0.5mm +/- 0.5mm +/- 0.5mm +/- 0.5mm +/- 0.5mm
C = Nombre de courbes dans les tubes de Ø supérieur à 21mm	C = Number of bends on the tubes with a diameter greater than 21mm.	11	—
D = Nombre de tubes ayant un Ø supérieur à 21mm	D = Number of tubes with a diameter greater than 21mm	6	—
E = Largeur avant extérieure	E = Outer front width	730	+/- 10mm
F = Largeur arrière extérieure	F = Outer rear width	640	+/- 10mm
<u>G1 = Porte-à-faux arrière des tubes principaux (obligatoire)</u>	<u>G1 = Rear overhang for the main tubes (mandatory)</u>	<u>210</u>	<u>+/- 15mm</u>
<u>G2 = Porte-à-faux avant du tube principal</u>	<u>G2 = Front overhang for the main tube</u>	<u>252</u>	<u>+/- 10mm</u>
Remarque / Remark: Dans les points B, C et D, seuls les tubes principaux d'une longueur supérieure à 150 mm sont à prendre en considération à l'exclusion tous les supports pour accessoires. In points B, C and D, only the main tubes of a length of more than 150 mm are to be taken into consideration, excluding all supports for accessories.			

Tabla 3.3. Tabla de las dimensiones del chasis Monza por CIK-FIA



Figura 3.8. Chasis Monza

En el chasis Monza tiene como características:

- Estructura principal de tubos de 21 mm de diámetro.
- Estructura con soporte para una barra de torsión delantera.
- Soportes para la columna de dirección muy anchos y complejos.
- Soporte de asiento que obligan al asiento a no estar recto respecto el volante.
- Soportes del asiento que no agarran el asiento desde delante por abajo y los laterales
- Soporte para paragolpes laterales muy atrasados y demasiados largos.
- Los pedales se colocan delante del chasis
- Travesaño de detrás muy inclinado respecto los laterales.
- Terminación de la estructura lateral en curva, de difícil construcción.

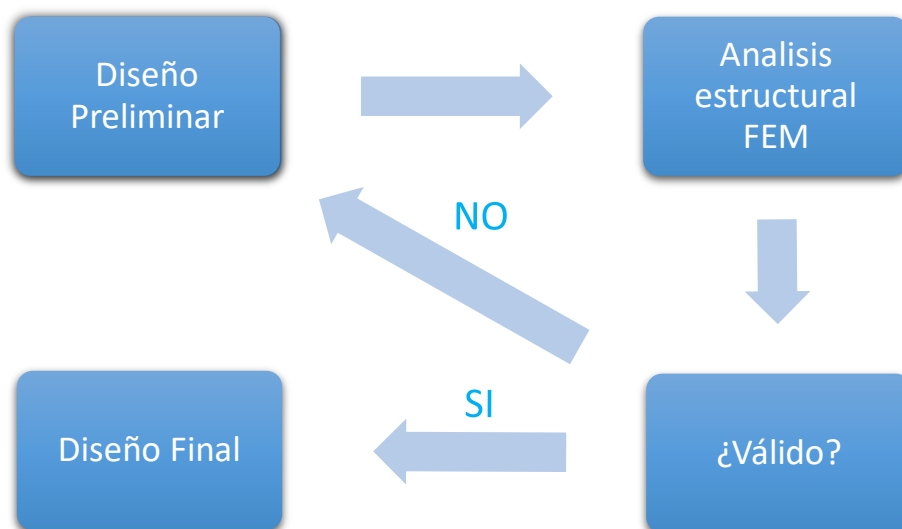
Viendo los detalles de cada uno de los chasis, se ha decidido a que en vez de construir un chasis tan complejo, teniendo en cuenta las siguientes diferencias respecto a estos tipos de chasis:

- La forma no será tan compleja
- El diámetro de los tubos serán de 28 mm
- El travesaño trasero será perpendicular a los laterales
- El asiento ira centrado en el kart y recto respecto los laterales
- Para una mayor protección, los soportes laterales comenzaran desde un punto más cercano a los pies
- Los pedales irán dentro del chasis, para una mayor protección ante un choque frontal
- Los soportes para la dirección serán más sencillos, pero tendrán no se podrá ajustar el ángulo del volante.
- No llevara los soportes para la barra de torsión, ya que estos chasis están diseñados para participar en varias categorías, y como en la categoría Senior no se puede utilizar barra de torsión, nos ahorraremos el peso de esos soportes.

3.1.3 Modelado del chasis

En base de los diferentes tipos de chasis observados de otras marcas, y teniendo en cuenta la reglamentación vigente de la RFEDA y CIK-FIA se ha procedido al diseño del chasis.

Se debe aclarar que el proceso de diseño no es un proceso necesariamente secuencial o lineal, sino que está sujeto a modificaciones a partir del análisis del diseño que no es válido.



Antes de comenzar con el diseño del chasis, hay que tener en cuenta una serie de aspectos:

- Diseño de la geometría del chasis.
- Elección del tipo de tubos y material de los mismos.
- Condición de Ackerman.
- Angulo de caída.
- Angulo de convergencia.
- Angulo de salida.
- Avance.

Con el programa abierto, se abre un nuevo "Part", al que le llamaremos chasis, donde modelaremos nuestro chasis en una sola pieza.

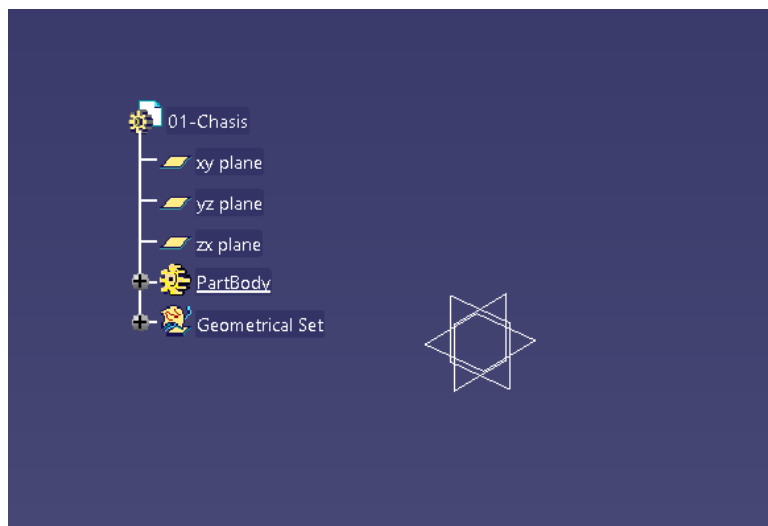


Figura 3.9. Part Chasis

Cuando ya tenemos creado nuestro "Part", elegimos un plano donde diseñaremos la estructura principal de kart, eligiendo así el plano xy. Cuando ya hemos elegido nuestro plano, creamos nuestro "sketch" de la parte principal del kart, que son los tubos.

Para ello en el "Sketch" o en varios "Sketch" al trabajar en varios planos distintos, se dibuja el trazado de por dónde pasaran el centro de los tubos, utilizando para ellos líneas rectas, curvas, puntos, etc. con sus respectivas cotas, como se muestra en la siguiente figura:

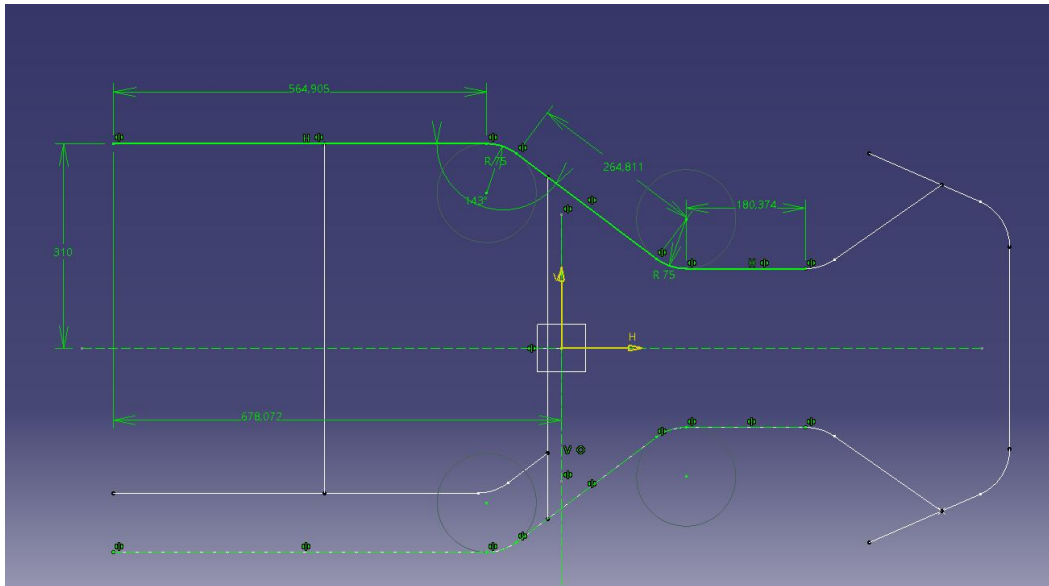


Figura 3.10. Creación de sketch del chasis

Primero se crea la estructura principal, dándole las dimensiones que creemos precisas. En este caso, las dimensiones son las finales, pero como se ha dicho anteriormente, se crea con unas dimensiones pero después de hacer los cálculos que se verán más adelante se va modificando. Como resultado obtenemos la estructura principal en sketch:

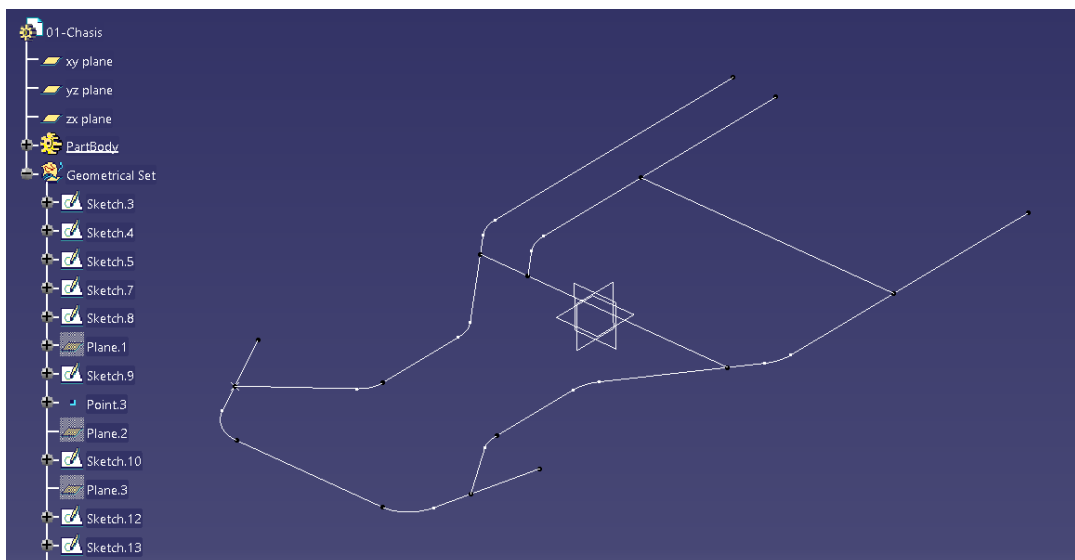


Figura 3.11. Sketchs de la estructura principal del chasis

Al tener ya la estructura principal, se puede comenzar a introducir los soportes de la dirección del mismo modo, obteniendo:

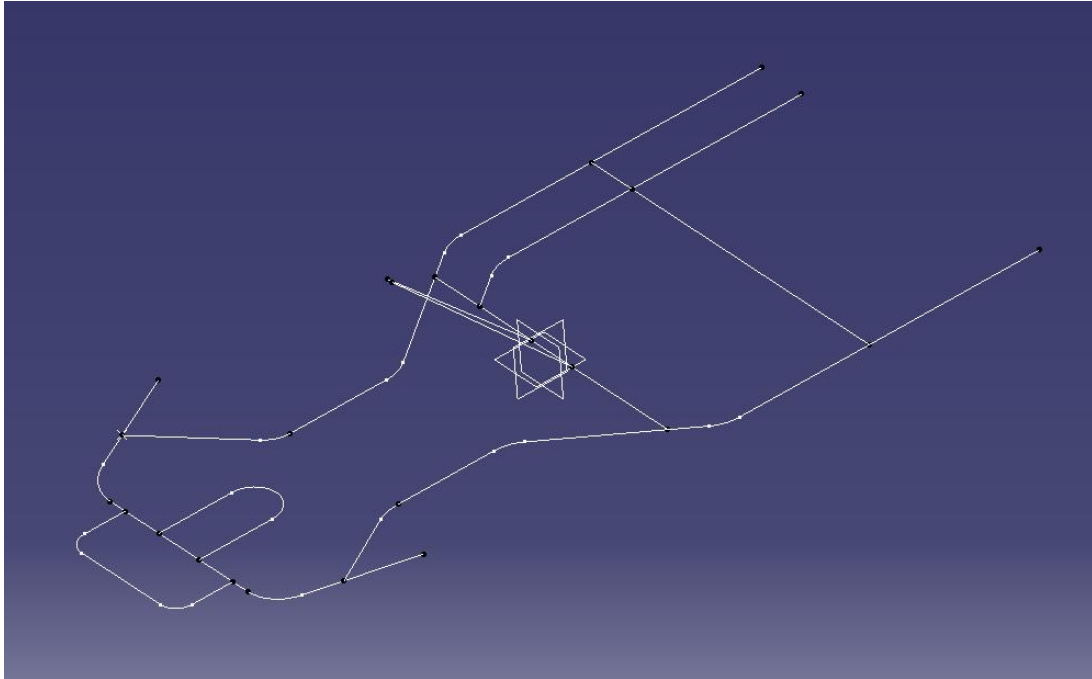


Figura 3.12. Sketchs de los tubos del chasis

Cuando ya se tiene la estructura con todos los tubos necesarios de la estructura, se crea una superficie tubular alrededor de las líneas, utilizando para ello "Sweep Surface", donde la damos el radio del tubo y le indicamos por donde debe pasar, como se muestra en la siguiente figura:

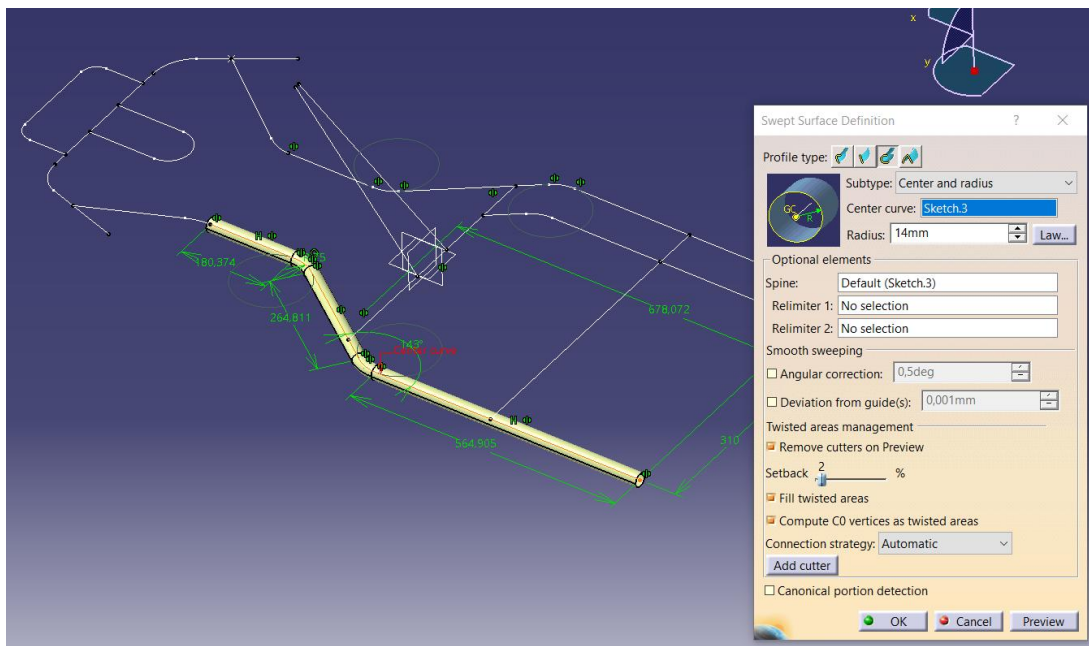


Figura 3.13. Ejemplo superficie tubular del chasis

Siguiendo este proceso y dándole a cada línea el radio que queremos, el cual es el diámetro superficial de los tubos, obtenemos:

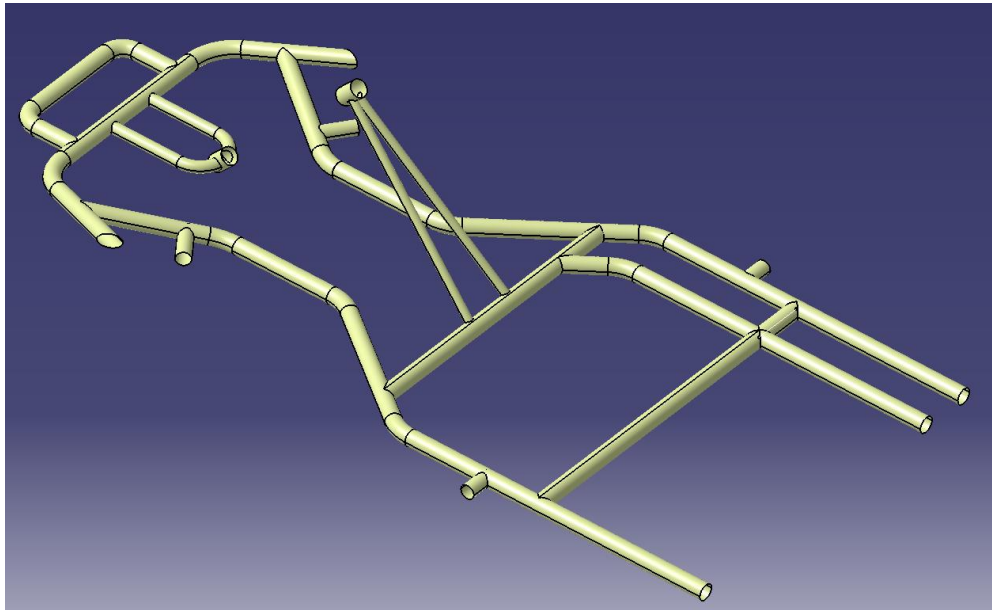


Figura 3.14. Superficie tubular del chasis

Teniendo ya la superficie tubular del chasis, le damos los diferentes espesores que necesitamos a esas superficies para crear ya un sólido compuesto de tubos. Obtenemos así ya la superficie tubular del chasis al completo, como se muestra en la siguiente figura:

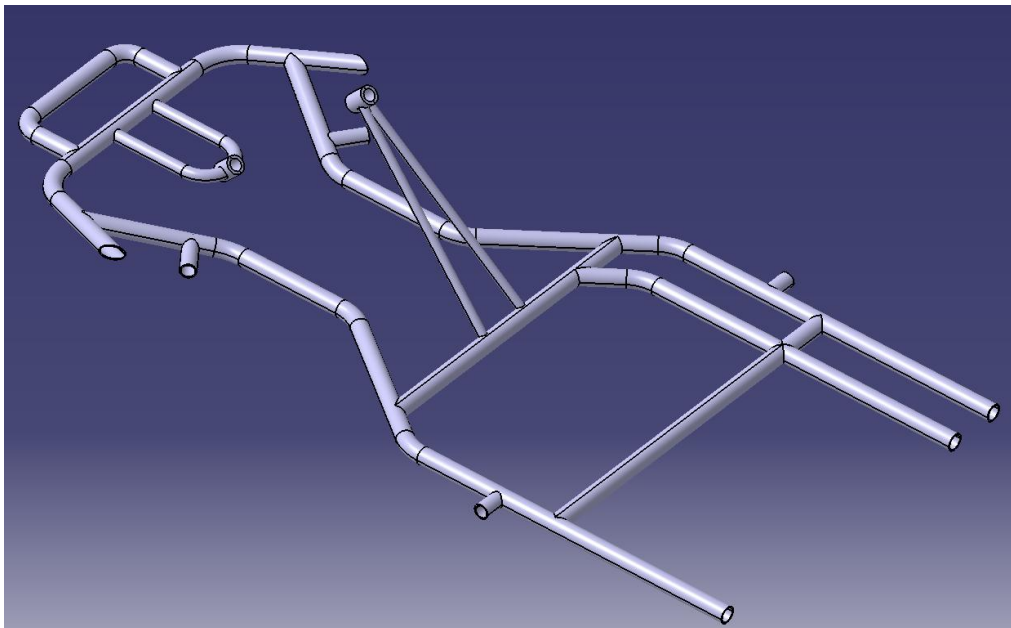
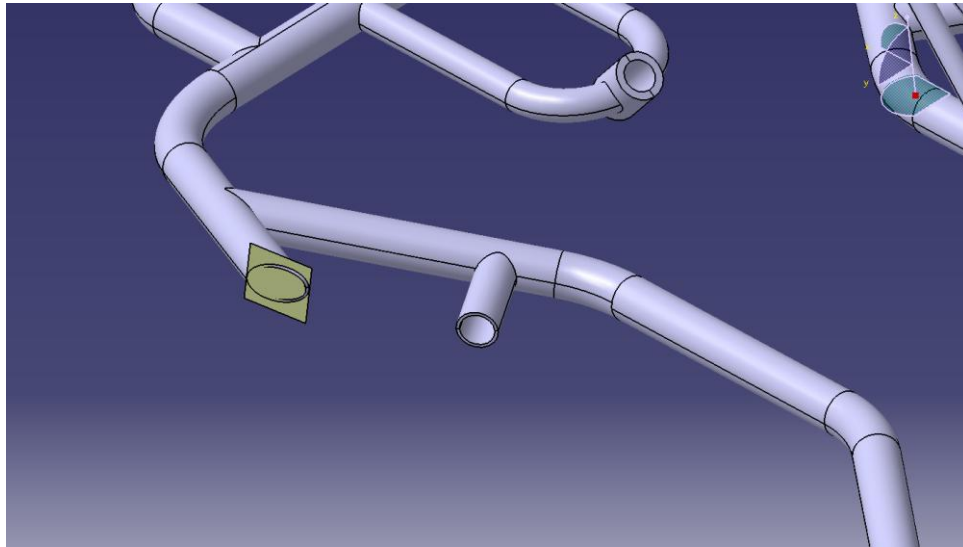
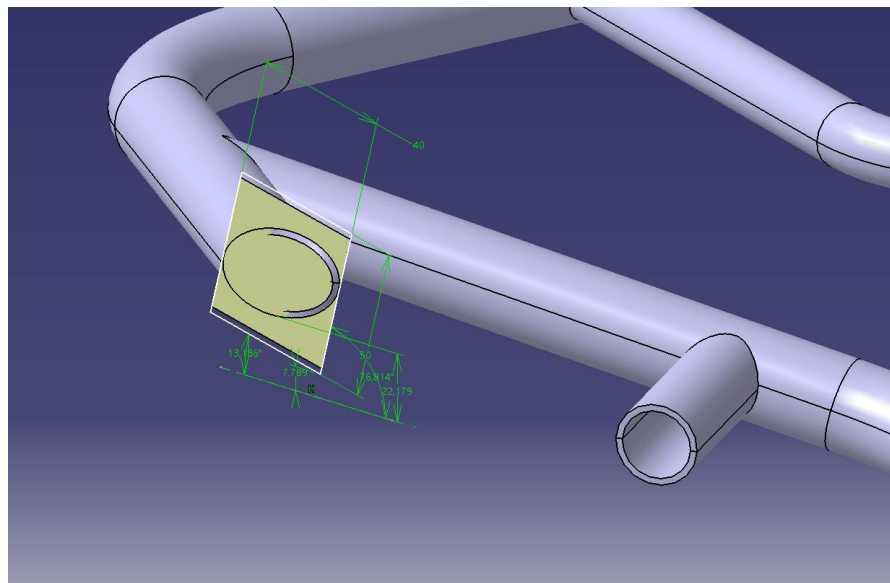


Figura 3.15. Chasis tubular

Para ello, partiendo de lo visto anteriormente, empezaremos por uno de los soportes de las ruedas delanteras, es decir, donde ira la mangueta. Comenzamos creando un plano donde se situara dicho soporte.



Como se ha hecho antes con el chasis tubular, es necesario la utilización de un sketch, que en este caso, será un cuadrado con una cierta inclinación para conseguir los ángulos de las ruedas delanteras.



48

Cuando ya tengamos colocado y listo nuestro sketch, se procede a extrusionarlo, para crear un sólido, utilizando por ello la herramienta "Pad", que nos pide la distancia de extrusión.

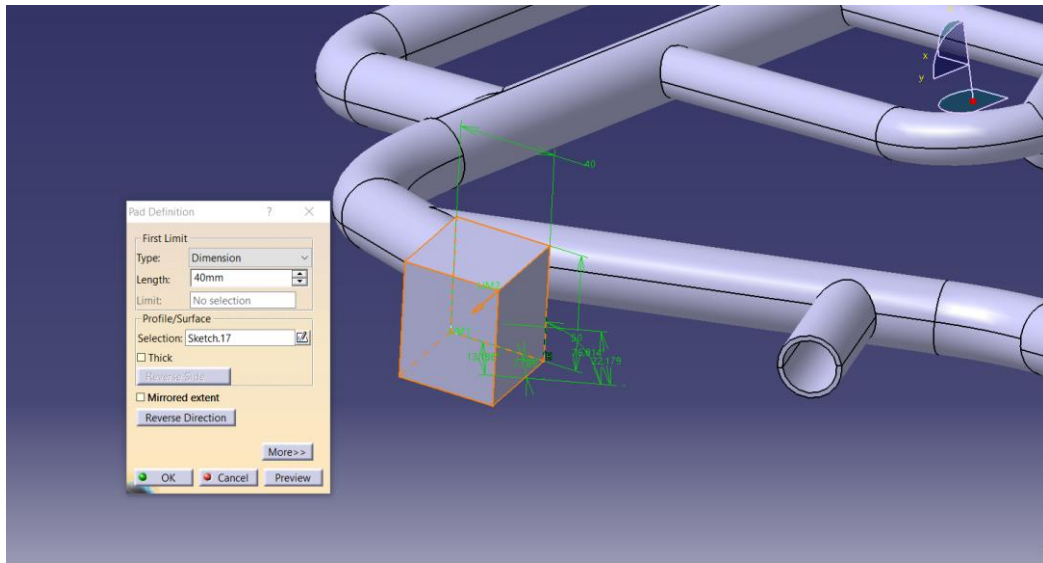


Figura 3.18. Extrusión del soporte de la mangueta

Teniendo ya el elemento extrusionado, se procede a darle forma de "C", para ello, necesitamos crear un nuevo sketch en uno de los laterales, para posteriormente, retirar el material que este dentro de dicho sketch, como se muestra en la figura:

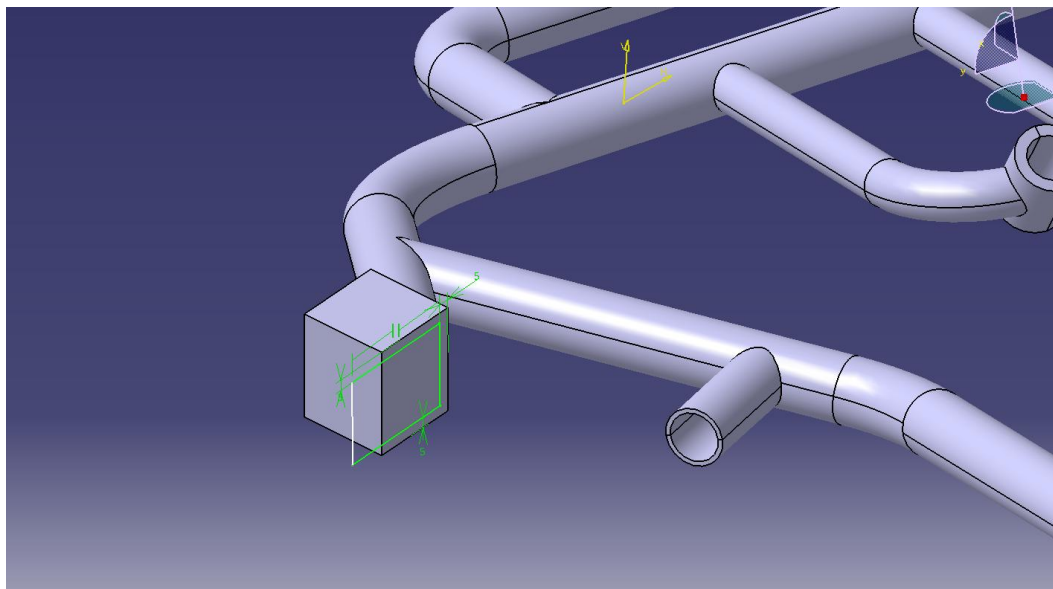


Figura 3.19. Sketch para recorte del soporte de la mangueta

Gracias al sketch antes visto, y con la herramienta "Pocket" realizamos la forma ya de la mangueta:

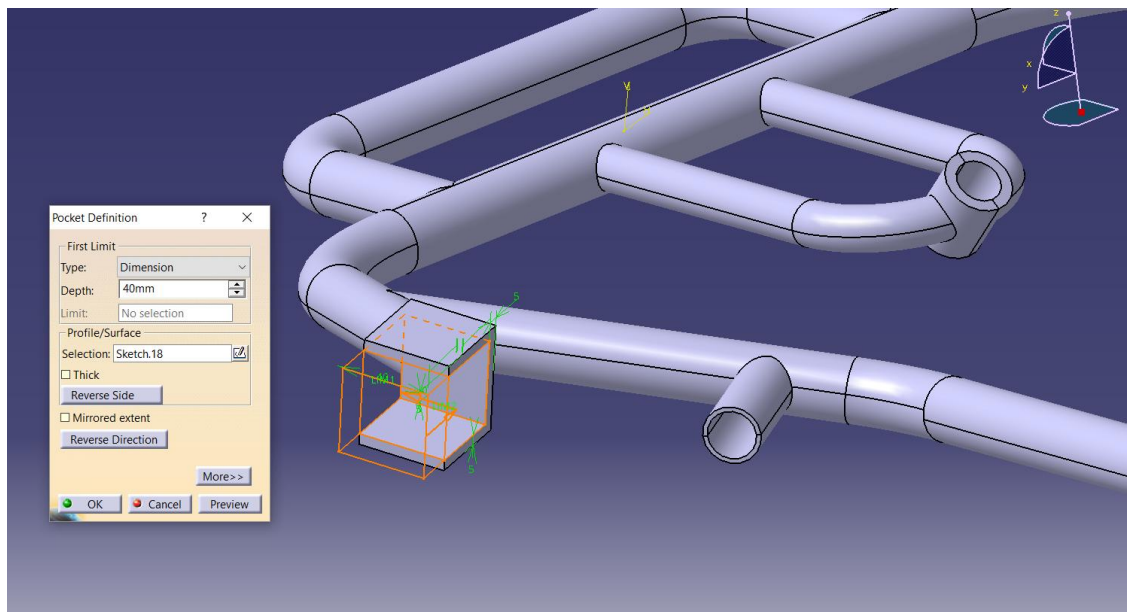


Figura 3.20. Recorte del soporte de la mangueta

Como ahora el soporte tiene unas aristas vivas, que pueden ser peligrosas, con la herramienta "Edge Fillet" las redondeamos, indicando la arista viva que queremos redondear y con qué radio:

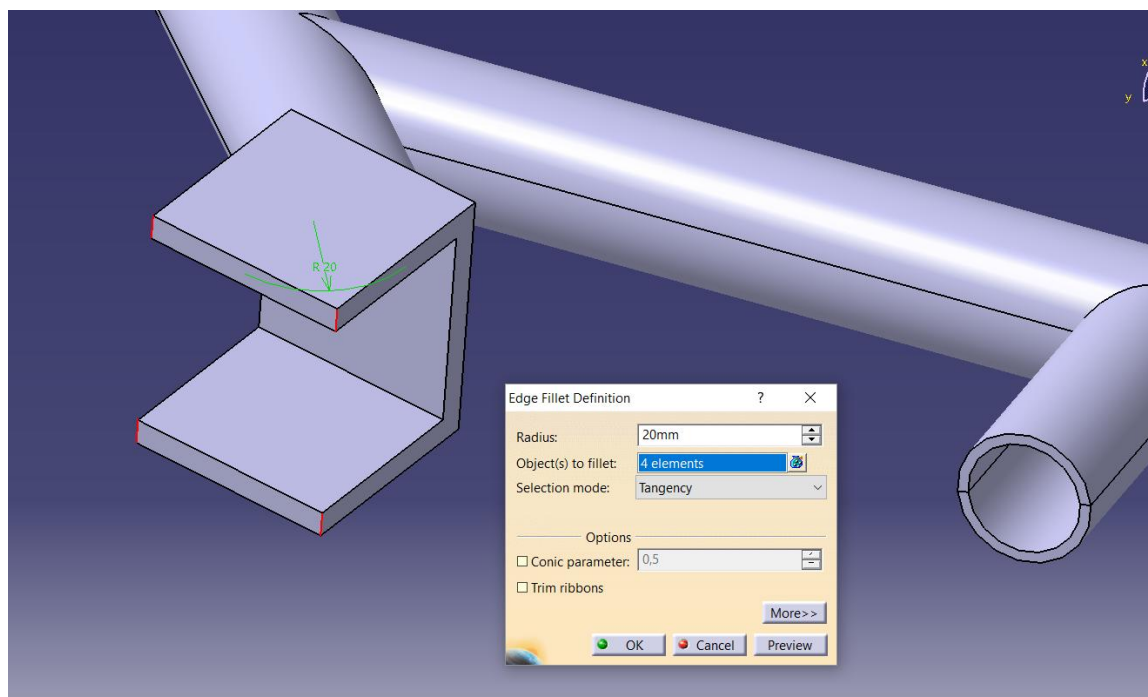


Figura 3.21. Herramienta "Edge Fillet"

El resultado es el siguiente:

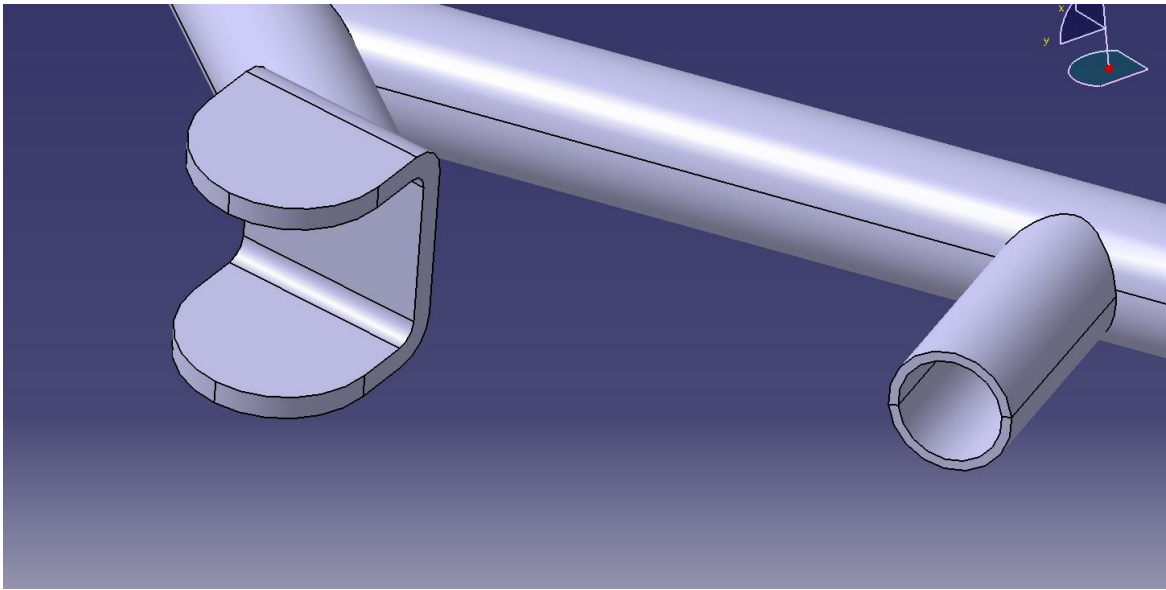


Figura 3.22. Resultado del uso de "Edge Fillet"

Por último, es necesario realizarle un agujero, donde estará situada y girara la mangueta, utilizando para ello la herramienta "Hole", donde debemos indicar la posición del centro del agujero, hasta donde tiene que hacer el agujero y que diámetro tiene:

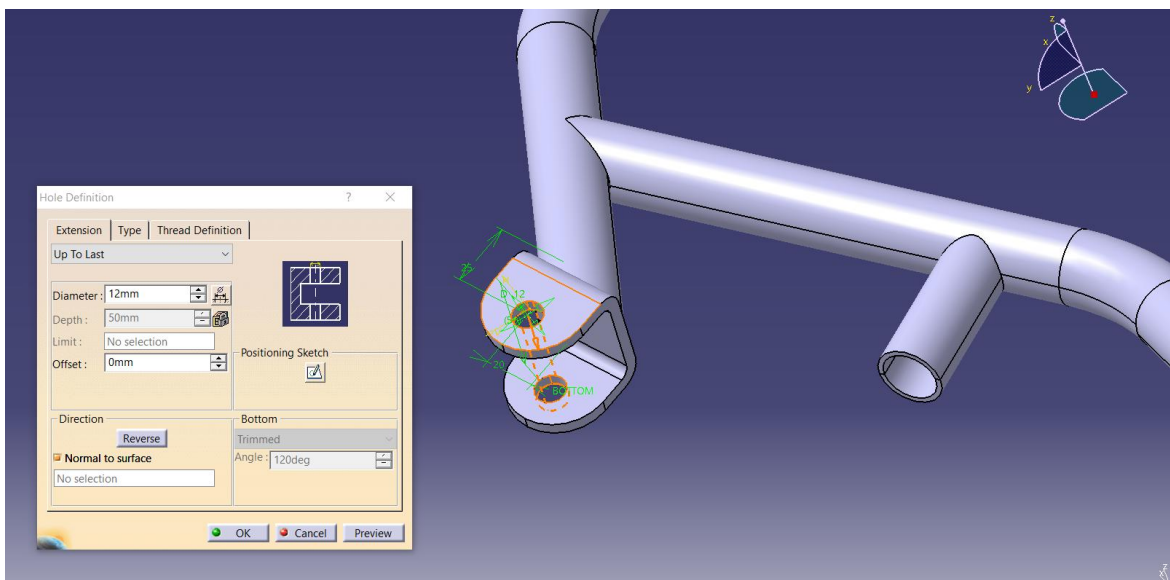


Figura 3.23. Herramienta "Hole"

El resultado es el siguiente:

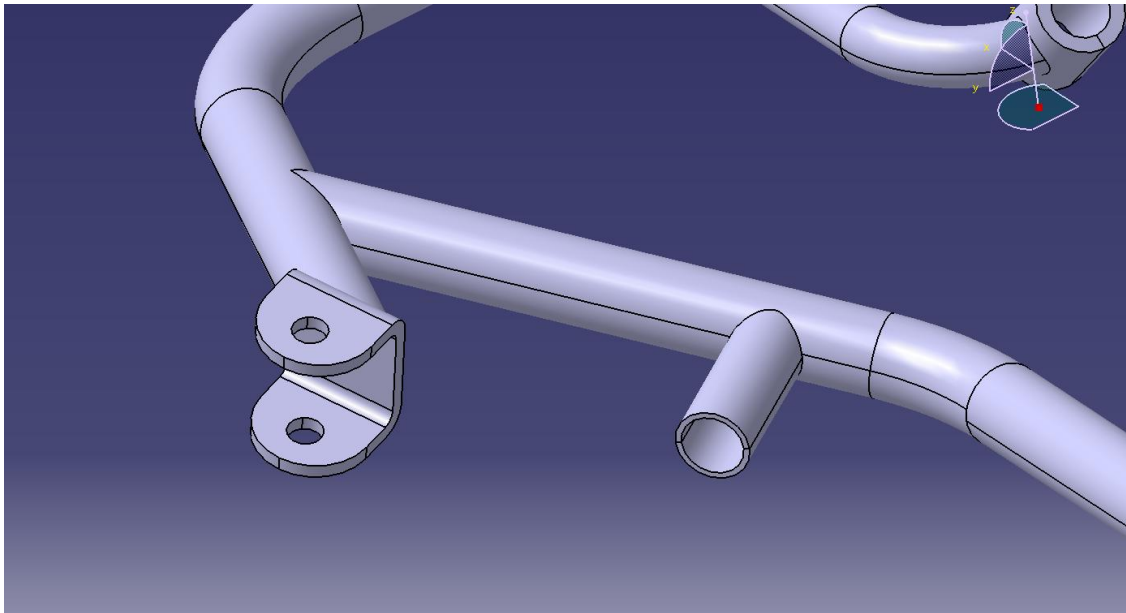


Figura 3.24. Resultado del uso de "Hole"

Visto como se crea este soporte, se hace del mismo modo para los otros soportes, claramente modificando las formas de los Sketchs, la posición de los planos, longitudes, etc. Todas esas dimensiones se muestran en los planos.

El resultado final del chasis con todos los soportes se muestran en la siguiente figura:

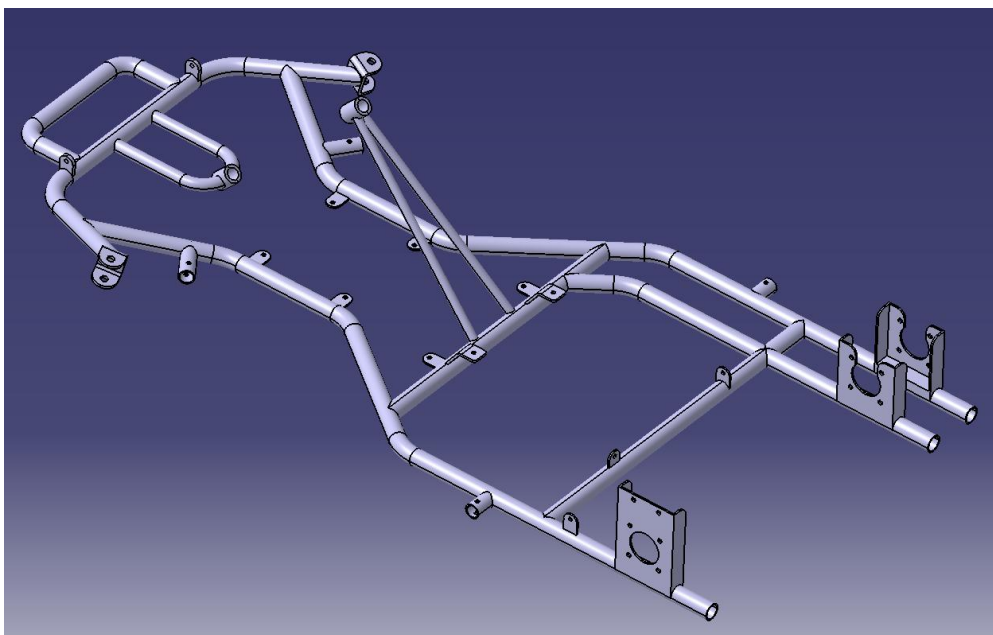


Figura 3.25. Chasis completo

3.1.4 Modelado del resto de los componentes

El resto de componentes se realizan del mismo modo que el chasis, utilizando las dimensiones dadas de los proveedores de los componentes elegidos y sus materiales.

Los componentes modelados se han introducido en "product", para su posicionamiento más sencillo. Los componentes modelados son los siguientes:

- **Sistema de dirección:** compuesto de dos manguetas, dos varillas de dirección, una columna de dirección y un volante

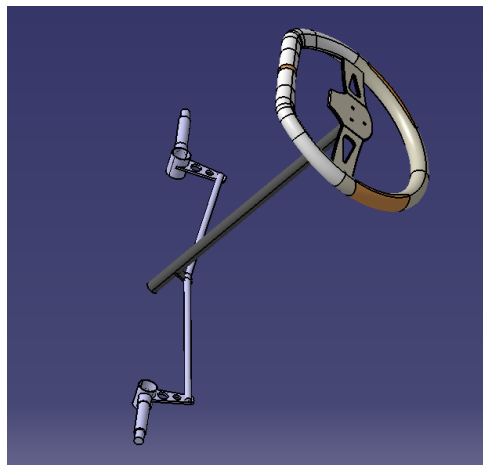


Figura 3.26. Modelado del sistema de dirección

- **Sistema de transmisión:** compuesto por un eje trasero, una corona, una cadena y tres portarodamientos.

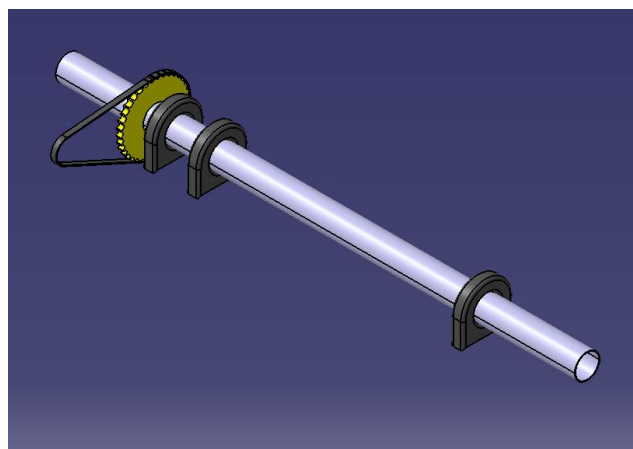


Figura 3.27. Modelado del sistema de transmisión

- **Rueda delantera:** compuesta por una llanta delantera y un neumático delantero.

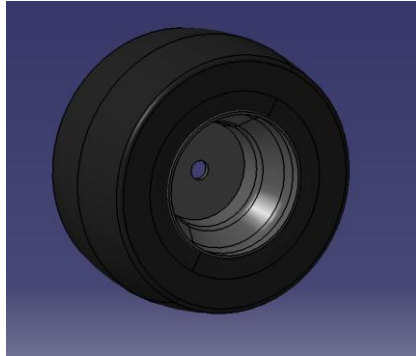


Figura 3.28. Modelado de la rueda delantera

- **Rueda trasera:** compuesta por una llanta trasera y un neumático trasero.



Figura 3.29. Modelado de la rueda trasera

- **Asiento:**

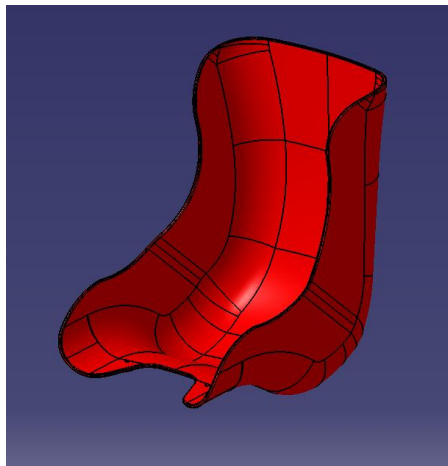


Figura 3.30. Modelado del asiento

- **Suelo:**

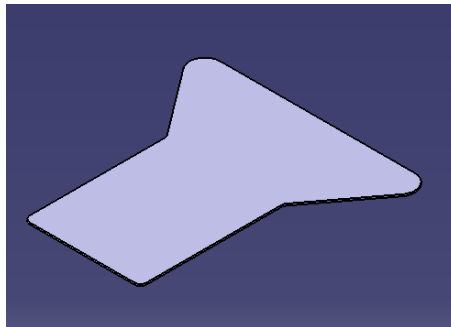


Figura 3.31. Modelado del suelo

- **Portanúmeros:**

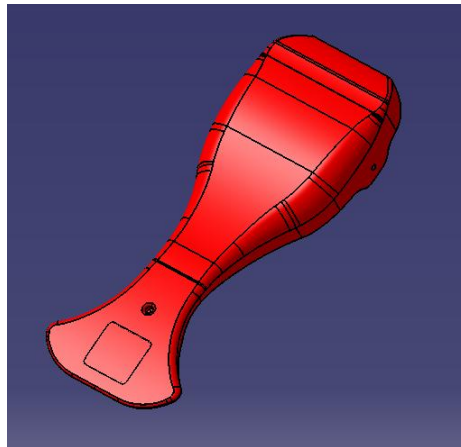


Figura 3.32. Modelado del portanúmeros

- **Pontón lateral:**

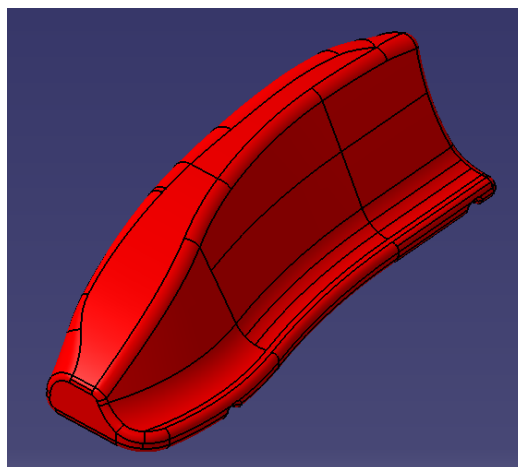


Figura 3.33. Modelado del pontón lateral

- **Soporte del pontón lateral:**

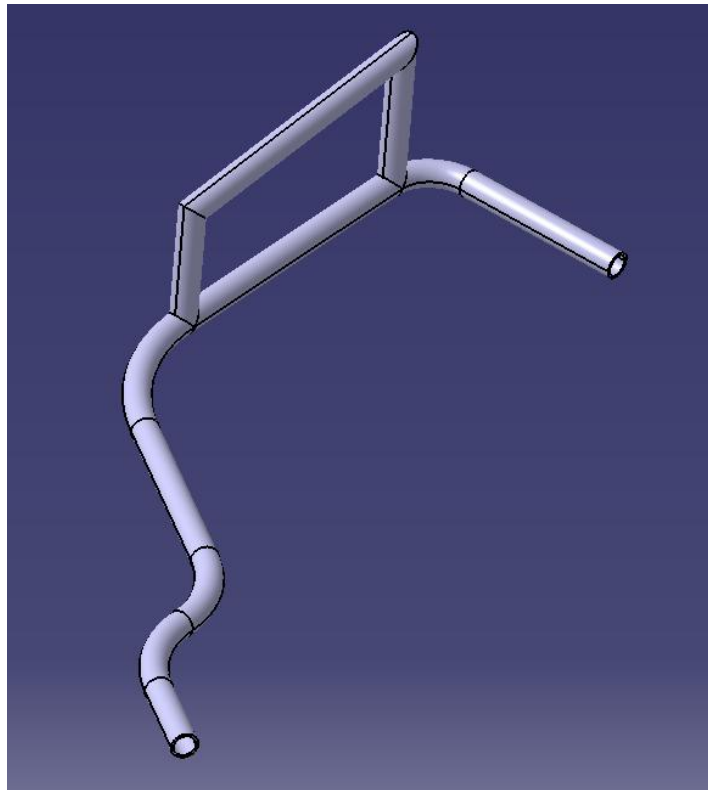


Figura 3.34. Modelado del soporte del pontón lateral

- **Spoiler frontal:**

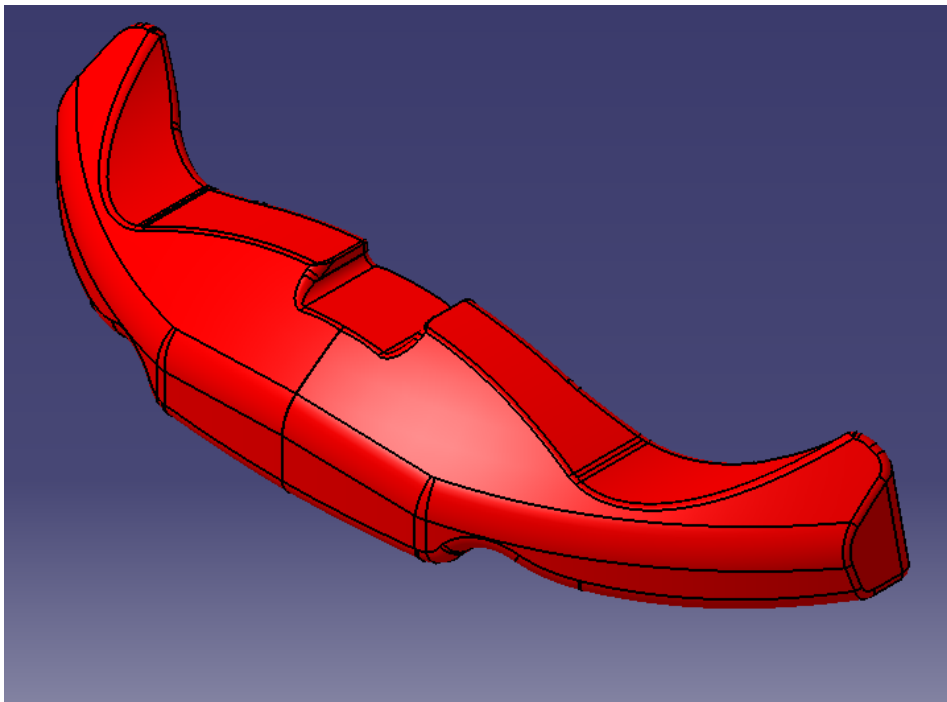


Figura 3.35. Modelado del soporte spoiler frontal

- **Paragolpes trasero:** compuesto por el paragolpes trasero y el soporte del paragolpes trasero

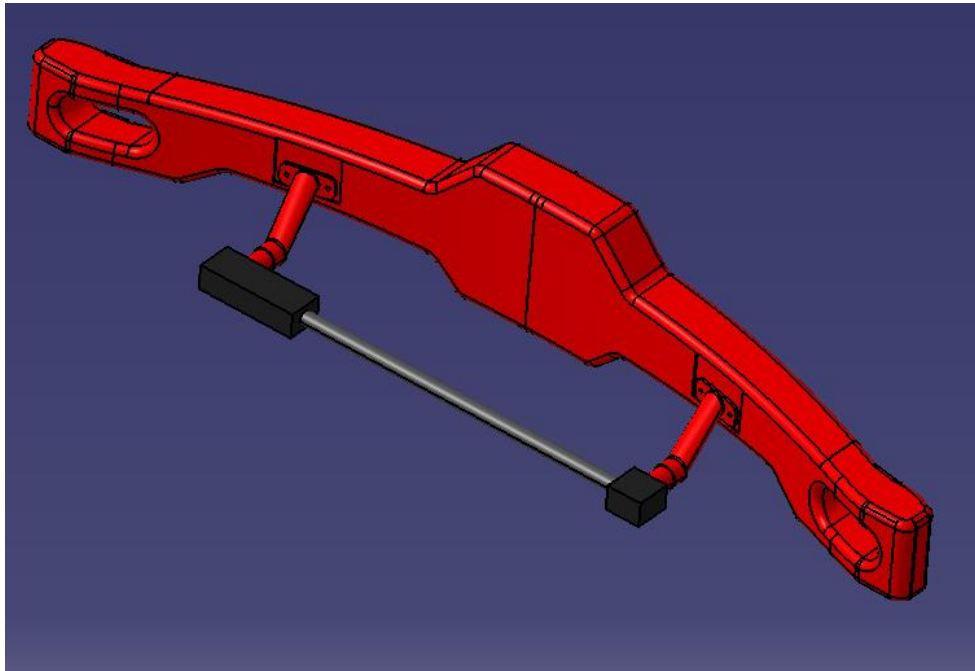


Figura 3.36. Modelado del soporte del paragolpes trasero

- **Sistema de freno:** compuesto por un disco de freno, una pinza de freno un soporte del disco de freno.

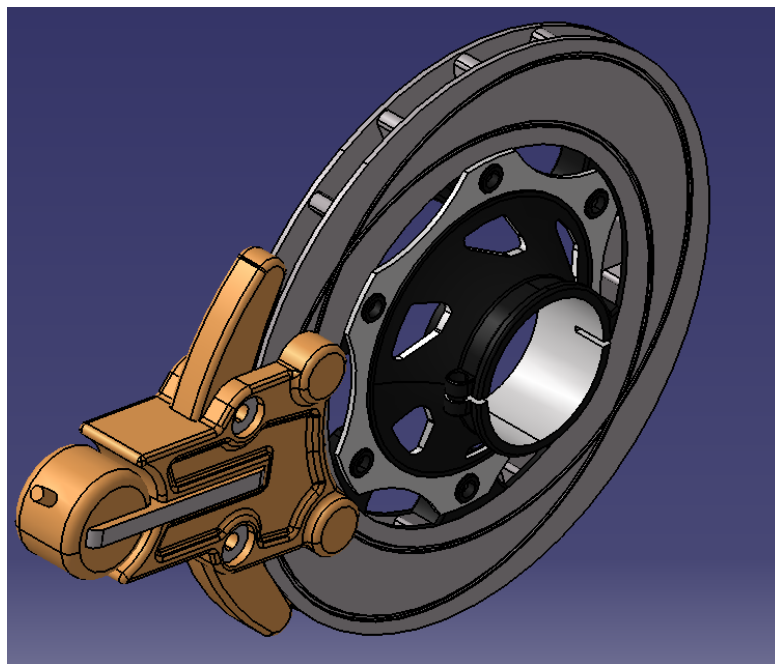


Figura 3.37. Modelado del sistema de freno

- **Motor:** compuesto por el motor y la bancada del motor.

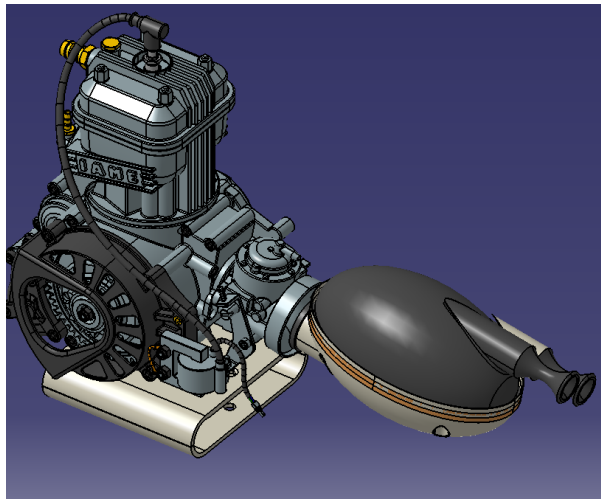


Figura 3.38. Modelado del motor

- **Tubo de escape:** compuesto por el tubo de escape y el colector.

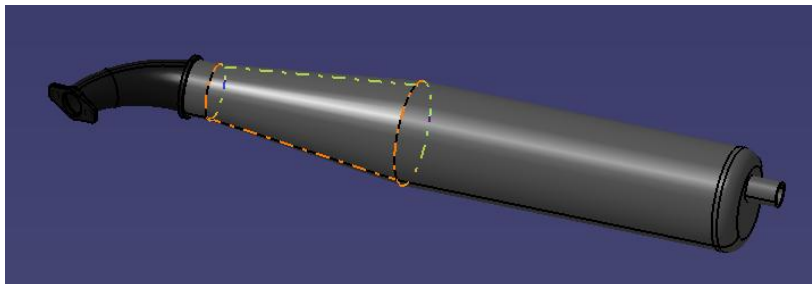


Figura 3.39. Modelado del tubo de escape

- **Radiador:**

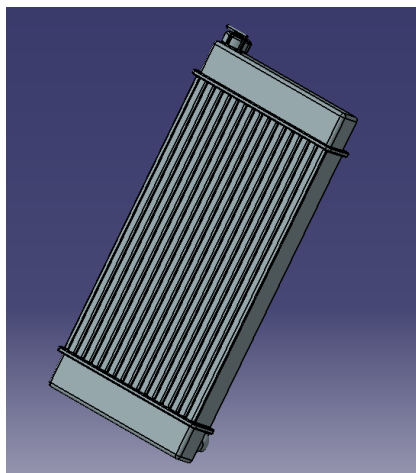


Figura 3.40. Modelado del radiador

- **Deposito:**

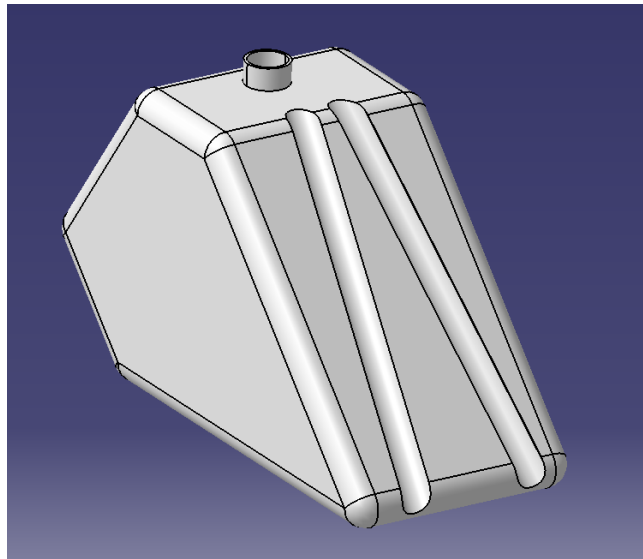


Figura 3.41. Modelado del radiador

- **Pedales:**



Figura 3.42. Modelado de pedal del acelerador

Teniendo todos estos componentes, y creando los simétricos de algunos de ellos, se comienza a montar el kart junto el chasis en un "Product", donde se colocan los elementos en la posición correspondiente de cada uno, que se muestra en los planos

El resultado del kart ya montado con estos componentes, por lo tanto, el modelado completo del kart, es el siguiente:

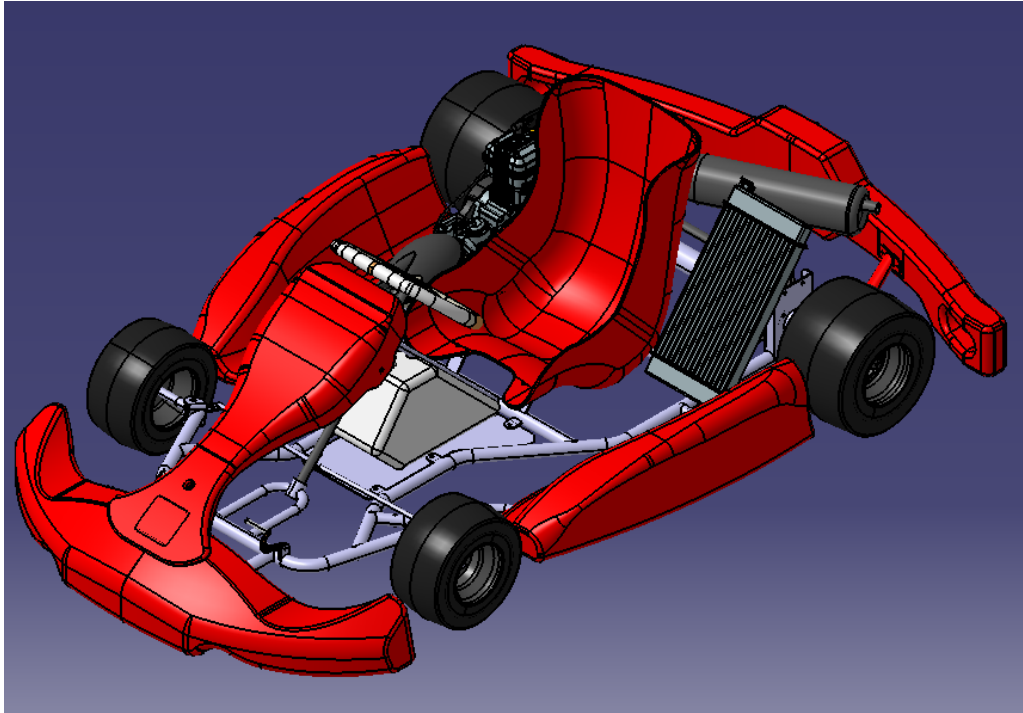


Figura 3.43. Modelado del kart

Como se ve en el resultado final, falta el modelado de varios componentes nombrados anteriormente, como los bujes, los rodamientos, la tornillería, etc. Esto no se ha realizado porque lo que se quería modelar eran los principales componentes del kart, pero sí que se han tenido en cuenta para los cálculos, considerando su peso y dimensiones.

3.2 Cálculo de las prestaciones del kart

3.2.1 Cálculo de resistencias al avance

Existen tres posibles resistencias en un vehículo, que hacen disminuir la fuerza motriz del vehículo: resistencia aerodinámica, resistencia por rodadura y resistencia por pendiente.

La fuerza resultante de estas resistencias podría ser en un determinado momento mayor que la que produce el vehículo sobre el asfalto, lo que se traduce como una desaceleración del vehículo. Si estas dos fuerzas son iguales, el vehículo mantendrá una velocidad constante y por último, si el vehículo es capaz de superar estas fuerzas resistentes, aun tendrá capacidad para la aceleración.

- Resistencia aerodinámica

La resistencia aerodinámica es la resistencia más importante a tener en cuenta, ya que a bajas velocidades su valor es similar a la resistencia a rodadura, en cambio, a altas velocidades sus valores se incrementan bruscamente en comparación al resto de resistencias. Esto se explica con su expresión:

$$R_a = \frac{\delta \cdot C_x \cdot S}{2} \cdot V^2 \quad (1)$$

Donde:

- $R_a \rightarrow$ Resistencia aerodinámica en $[m]$
- $\delta \rightarrow$ Densidad del aire en $[Kg/m^3]$
- $C_x \rightarrow$ Coeficiente aerodinámico
- $S \rightarrow$ Superficie efectiva frontal del vehículo piloto incluido en $[m^2]$
- $V \rightarrow$ Velocidad del vehículo en $[m/s]$

La superficie efectiva frontal se calcula a partir de:

$$S = 0.8 \cdot h \cdot b \quad (2)$$

Donde:

- $h \rightarrow$ Altura del vehículo piloto incluido en $[m]$
- $b \rightarrow$ Anchura del frontal del vehículo en $[m]$

Los valores de los datos son los siguientes:

$$\begin{array}{ll} \delta = 1.168 \text{ kg/m}^3 & h = 0.64 \text{ m} \\ C_x = 0.85 & b = 1.041 \text{ m} \end{array}$$

Sustituyendo los valores en las ecuaciones (1) y (2), obtenemos nuestro resultado para la resistencia aerodinámica:

$$R_a = \frac{1.168 \cdot 0.85 \cdot 0.8 \cdot 0.64 \cdot 1.041}{2} \cdot V^2$$

$$R_a = 0.2645 \cdot V^2$$

- Resistencia por rodadura

La resistencia por rodadura es generada por la rodadura de los neumáticos contra el suelo. Al igual que la resistencia aerodinámica, esta también se opone al movimiento del vehículo, a diferencia que siempre tiene un valor constante, ya que no depende de la velocidad. Hay que mencionar que sí que puede variar por la variación del volumen de combustible en la pista, ya que disminuirá el peso, pero varía despreciablemente.

La resistencia por rodadura viene dada por:

$$R_r = \mu_r \cdot N_{OM} = \mu_r \cdot P_{OM} \cdot \cos \theta \quad (3)$$

Donde:

- R_r → Resistencia por rodadura en [N]
- μ_r → Coeficiente de rodadura
- N_{OM} → Normal del vehículo en orden de marcha [N]
- P_{OM} → Peso del vehículo en orden de marcha en [N]
- θ → Angulo de la pendiente en [°]

Los valores de los coeficientes de rodadura se determinan experimentalmente. En la siguiente tabla se recogen algunos de los valores obtenidos.

Terreno	Coeficiente de rodadura
Carretera de cemento	0.0125
Empedrado seco	0.015
Asfalto	0.02 - 0.03
Terreno natural duro	0.08
Terreno de consistencia media	0.11
Terreno arenoso	0.15 - 0.30

Tabla 3.4. Coeficientes de rodadura

Los valores de los datos son los siguientes:

$$P_{OM} = 1863.9 \text{ N}$$

$$\mu_r = 0.03$$

Sustituyendo los valores en la ecuación (3), obtenemos nuestro resultado para la resistencia por rodadura

$$R_r = 0.03 \cdot 1863.9 \cdot \cos \theta$$

$$R_r = 55.917 \cdot \cos \theta$$

- Resistencia por pendiente

La resistencia por pendiente se origina cuando el vehículo supera una pendiente. La fuerza de gravedad origina así una resistencia que es proporcional al ángulo de inclinación de la pendiente. Hay que mencionar, que si la pendiente es negativa (bajada), deja de ser una resistencia y actúa como otra fuerza que impulsa el vehículo.

La resistencia por pendiente viene dada por:

$$R_p = P_{OM} \cdot \sen \theta \quad (4)$$

Donde:

- $R_p \rightarrow$ Resistencia por pendiente en [N]
- $P_{OM} \rightarrow$ Peso del vehículo en orden de marcha en [N]
- $\theta \rightarrow$ Angulo de la pendiente en [°]

Sustituyendo los valores en la ecuación (4), obtenemos nuestro resultado para la resistencia por pendiente

$$R_p = 1863.9 \cdot \sen \theta$$

Por lo tanto, como la resistencia al avance viene dada por la ecuación:

$$R_t = R_a + R_r + R_p \quad (5)$$

Sustituimos con los valores obtenidos de las diferentes resistencias obtenemos el resultado de la resistencia total al avance:

$$R_t = 0.2645 \cdot V^2 + 55.917 \cdot \cos \theta + 1863.9 \cdot \sin \theta$$

3.2.2 Cálculo de velocidad máxima del kart en llano

Se analiza la velocidad máxima según las condiciones de potencia del motor y resistencia total al avance del kart, pero no se tiene en cuenta las fuerzas de adherencia.

$$F_m - R_t = m \cdot a \quad (6)$$

Donde:

- F_m → Fuerza motriz en [N]
- R_t → Resistencia total al avance en [N]
- m → masa en [Kg]
- a → Aceleración en [m/s^2]

La fuerza motriz se representa con la siguiente ecuación:

$$F_m = \frac{W_m \cdot \mu_t}{V} \quad (7)$$

Donde:

- F_m → Fuerza motriz en [N]
- W_m → Potencia del motor en [W]
- μ_t → Rendimiento de la transmisión
- V → Velocidad del vehículo en [m/s]

La resistencia total al avance se ha calculado en el apartado anterior, por lo que sustituyendo en la ecuación (6) obtenemos:

$$\frac{W_m \cdot \mu_t}{V} - (0.2645 \cdot V^2 + 55.917 \cdot \cos \theta + 1863.9 \cdot \sin \theta) = m \cdot a \quad (8)$$

Los valores de los datos son los siguientes:

$$\begin{aligned} W_m &= 21 \text{ HP} = 15659.7 \text{ W} & a &= 0 \\ \mu_t &= 0.95 & \theta &= 0 \end{aligned}$$

Como lo que se quiere sacar es la velocidad máxima en llano, en ángulo de pendiente será nula, además la aceleración será también nula, ya que cuando se llega a

la velocidad máxima, no se puede seguir acelerando. Entonces, sustituyendo los valores, la ecuación (8) nos quedaría así:

$$\frac{15659.7 \cdot 0.95}{V} - (0.2645 \cdot V^2 + 55.917) = 0$$

$$0.2645 \cdot V^3 + 55.917 \cdot V - 14876.715 = 0$$

$$V_{MAX} = 36.47 \text{ m/s} = 131.292 \text{ km/h}$$

Como resultado hemos obtenido que la velocidad máxima es de 36.47 m/s, pero sería nuestra velocidad teórica, ya que sería difícil llegar a esa velocidad en un circuito de kart, dado que se necesitaría una recta muy larga.

3.2.3 Cálculo de la adherencia del kart

La adherencia de un vehículo es la que limita la fuerza motriz que puede impulsar el kart, es decir, siempre que se aplica una fuerza motriz superior a la capaz de transmitir por los neumáticos, se producirá un deslizamiento de la ruedas motrices, por lo que derraparan hasta que dicha fuerza disminuya.

La adherencia viene dada por:

$$F_{Adh} = \mu_a \cdot N_{Tras} = \mu_a \cdot P_{Tras} \cdot \cos \theta \quad (9)$$

Donde:

- F_{Adh} → Adherencia máxima del vehículo en [N]
- μ_a → Coeficiente de adherencia
- N_{Tras} → Normal del eje trasero del vehículo en [N]
- P_{Tras} → Peso del eje trasero en orden de marcha en [N]
- θ → Angulo de la pendiente en [°]

El coeficiente de adherencia es está relacionado con el coeficiente de rozamiento (μ) y el coeficiente de rodadura (μ_r).

$$\mu_a = \mu_r + \mu \quad (10)$$

Los valores de los coeficientes de adherencia se determinan experimentalmente. En la siguiente tabla se recogen algunos de los valores obtenidos.

Terreno	Coeficiente de adherencia
Carretera de cemento	0.8
Empedrado seco	0.7
Asfalto seco	0.6 - 0.8
Carretera húmeda	0.3 - 0.4
Carretera mojada	0.25
Carretera alquitranada gaseosa	0.15 - 0.2
Carretera de barro	0.15
Carretera con hielo	0.08 - 0.01

Tabla 3.5. Coeficientes de adherencia

Para calcular los esfuerzos en el eje trasero se establece la siguiente ecuación:

$$P_{Tras} = \frac{P_{OM} (R \cdot \sin \theta + L_{Tras} \cdot \cos \theta - h \cdot \sin \theta)}{(L_{Del} + L_{Tras}) \cos \theta} \quad (11)$$

Donde:

- $R \rightarrow$ Radio de la rueda en [m]
- $L_{Del} \rightarrow$ Distancia del eje delantero al centro de gravedad en [m]
- $L_{Tras} \rightarrow$ Distancia del eje trasero al centro de gravedad en [m]
- $h \rightarrow$ Altura del centro de gravedad en [m]
- $\theta \rightarrow$ Angulo de la pendiente en [°]

Agrupando las ecuaciones (9) y (11) en una sola obtenemos:

$$F_{Adh} = \mu_a \cdot \frac{P_{OM} (R \cdot \sin \theta + L_{Tras} \cdot \cos \theta - h \cdot \sin \theta)}{(L_{Del} + L_{Tras})} \quad (12)$$

Los valores de los datos son los siguientes:

$$P_{OM} = 1863.9 \text{ N}$$

$$\mu_a = 0.8$$

$$R = 5.5'' = 0.14 \text{ m}$$

$$h = 0.19 \text{ m}$$

$$L_{Del} = 0.483 \text{ m}$$

$$L_{Tras} = 0.548 \text{ m}$$

$$\mu_a = 0.8$$

Sustituyendo los valores en la ecuación (12), obtenemos nuestra ecuación para la fuerza de adherencia:

$$F_{Adh} = 0.8 \cdot \frac{1863.9 (0.14 \cdot \sin \theta + 0.548 \cdot \cos \theta - 0.19 \cdot \sin \theta)}{(0.483 + 0.548)}$$

$$F_{Adh} = 1491.12 \cdot (0.14 \cdot \sin \theta + 0.548 \cdot \cos \theta - 0.19 \cdot \sin \theta)$$

3.2.4 Cálculo de máxima pendiente superable

En este apartado se calcula la máxima pendiente superable por el kart. Se estudia para dos casos, la máxima pendiente superable en orden de marcha y la máxima pendiente superable desde una posición de parado.

- Máxima pendiente superable en orden marcha:

Si tenemos en cuenta la adherencia del kart, la ecuación (6) se modificaría cambiando la fuerza motriz por la adherencia máxima, ya que si no patinaría el kart. Además se sabe que la aceleración es nula cuando se consigue la máxima pendiente, entonces obtenemos:

$$F_{Adh} = R_t \quad (13)$$

Sustituyendo por los valores obtenidos en los apartados anteriores y haciendo que la resistencia aerodinámica sea nula por tener valores muy pequeños:

$$1491.12 \cdot (0.14 \sin \theta + 0.548 \cos \theta - 0.19 \sin \theta) = 55.917 \cos \theta + 1863.9 \sin \theta$$

Dividimos todo entre $\cos \theta$ para facilitar los cálculos, quedando:

$$1491.12 \cdot (0.14 \tan \theta + 0.548 - 0.19 \tan \theta) = 55.917 + 1863.9 \tan \theta$$

$$\tan \theta = \frac{761.21}{1938.45}$$

$$\theta = 21.44^\circ$$

En ángulo de pendiente obtenido de 21.44° es el ángulo teórico máximo en orden de marcha. Este ángulo, tendría un valor más pequeño, ya que no se ha tenido en cuenta la resistencia aerodinámica.

- Máxima pendiente superable desde parado:

Al igual que en el apartado anterior, partimos de la ecuación (13), aunque para este caso hay que añadir una resistencia al avance más, la resistencia por inercia, que viene dada como:

$$R_j = \frac{P_{OM} \cdot j}{g} \quad (14)$$

Donde:

- $R_j \rightarrow$ Resistencia por inercia en $[N]$
- $P_{OM} \rightarrow$ Peso del vehículo en orden de marcha en $[N]$
- $j \rightarrow$ Aceleración de arranque en $[m/s^2]$
- $g \rightarrow$ Gravedad en $[m/s^2]$

Los valores de los datos son los siguientes:

$$\begin{aligned} P_{OM} &= 1863.9 \text{ N} & j &= 0.5 \text{ m/s}^2 \\ g &= 9.81 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

Sustituyendo los valores en la ecuación (14):

$$R_j = \frac{1863.9 \cdot 0.5}{9.81} = 95 \text{ N}$$

Si este resultado lo añadimos a la ecuación de las resistencias de avance, tendremos las resistencias de avance en parado:

$$R_t = 0.2645 \cdot V^2 + 55.917 \cdot \cos \theta + 1863.9 \cdot \sin \theta + 95$$

Al igual que en el apartado anterior, utilizamos la ecuación (13), aplicando los nuevos cambios en la resistencia total de avance y sabiendo que la velocidad es nula, obteniendo:

$$1491.12 \cdot (0.14 \sin \theta + 0.548 \cos \theta - 0.19 \sin \theta) = 55.917 \cos \theta + 1863.9 \sin \theta + 95$$

Dividimos todo entre $\cos \theta$ para facilitar los cálculos, quedando:

$$1491.12 \cdot (0.14 \tan \theta + 0.548 - 0.19 \tan \theta) = 55.917 + 1863.9 \tan \theta + \frac{95}{\cos \theta}$$

Para simplificar, se puede hacer $\cos \theta = 1$, obteniendo así:

$$\tan \theta = \frac{666.21}{1938.45}$$

$$\theta = 18.97^\circ$$

Con el nuevo valor del ángulo obtenido, se introduce en ángulo del coseno, para así obtener un valor más aproximado:

$$1491.12 \cdot (0.14 \tan \theta + 0.548 - 0.19 \tan \theta) = 55.917 + 1863.9 \tan \theta + \frac{95}{\cos 18.97}$$

$$\tan \theta = \frac{660.75}{1938.45}$$

$$\theta = 18.82^\circ$$

Como se muestra, el ángulo de pendiente máxima desde parado de 18.82° es menor que en orden de marcha, ya que el kart debe hacer frente a una fuerza de inercia que en orden de marcha no actuaba.

3.2.5 Cálculo de la frenada

El sistema de frenado es el encargado de detener el kart cuando este está en movimiento. El efecto de frenado consiste en la absorción de energía cinética que posee el kart en este caso y transformarla en calor.

El esfuerzo máximo que se puede ejercer para frenar viene determinado por la adherencia que tenga el vehículo sobre el asfalto, ya que si no, las ruedas quedarán bloqueadas por el frenado y el vehículo patinará.

En este apartado se calculará la desaceleración de frenada del kart, la fuerza de frenada generada, la distancia máxima de frenado y el tiempo total invertido en frenar el kart.

- Desaceleración de frenada:

La fuerza de frenada del kart viene representada como:

$$F_f = M_{OM} \cdot d_f \quad (15)$$

Donde:

- $F_f \rightarrow$ Fuerza de frenada en $[N]$
- $M_{OM} \rightarrow$ Masa del vehículo en orden de marcha en $[Kg]$
- $d_f \rightarrow$ Desaceleración de frenada en $[m/s^2]$

Como se ha mencionado antes, la fuerza de frenado no puede superar la fuerza de adherencia vista en los apartados anteriores, como se muestra en la ecuación (9). Es por eso que para saber la máxima fuerza de frenada posible hay que igualarla a la fuerza de adherencia como se muestra en siguiente ecuación:

$$M_{OM} \cdot d_f = \mu_a \cdot P_{OM} \quad (16)$$

Siendo la misma masa en ambos lados de la ecuación, ya que el peso es masa por gravedad, la ecuación se simplifica en:

$$d_f = \mu_a \cdot g \quad (17)$$

Los valores de los datos son los siguientes:

$$\mu_a = 0.8$$

$$g = 9.81 \, m/s^2$$

Sustituyendo los valores en la ecuación (17):

$$d_f = 0.8 \cdot 9.81 = 7.818 \text{ m/s}^2$$

Esta sería la desaceleración máxima que podría tener el kart, pero como en un circuito de karting podemos encontrarnos piedras, desigualdades en la calzada, etc., el coeficiente que utilizaremos será de 0.5. Sustituyendo otra vez en la ecuación (17).

$$d_f = 0.5 \cdot 9.81 = 4.905 \text{ m/s}^2 \approx 5 \text{ m/s}^2$$

La desaceleración de frenada tiene un valor de 5 m/s^2 aproximadamente, aunque este valor podría modificarse dependiendo de la pendiente. En caso de una subida, la desaceleración aumentaría, al contrario que en bajada.

- Fuerza de frenada:

Utilizando la ecuación de la fuerza de frenada del apartado anterior y sabiendo que la masa en orden de marcha del kart es de 190 kg y la desaceleración de 5 m/s^2 .

$$F_f = 190 \cdot 5 = 950 \text{ N}$$

La fuerza de frenada da como resultado 950 N. Este valor varía según el peso del kart, por lo que en una pista, la fuerza de frenado no sería igual al comenzar que al terminar, dado que el kart disminuye su peso en orden de marcha según avanza el recorrido porque el volumen de gasolina disminuye.

- Distancia de frenada:

La distancia de frenada del kart viene representada como:

$$L_f = \frac{V^2}{2 \cdot d_f} \quad (18)$$

Donde:

- $L_f \rightarrow$ Distancia de frenada en $[m]$
- $V \rightarrow$ Velocidad del vehículo en $[m/s]$
- $d_f \rightarrow$ Desaceleración de frenada en $[m/s^2]$

Utilizando los valores ya calculados anteriormente, de la velocidad máxima y de la desaceleración de frenada y sustituyéndolos en la ecuación (18) obtenemos la distancia de frenada:

$$L_f = \frac{36.47^2}{2 \cdot 5} = 133 \text{ m}$$

Para calcular el recorrido total de frenada hay que tener en cuenta los tiempos de reacción del conductor y de la respuesta del freno, que su valor total de tiempo suele ser 1,6 segundos. Añadiendo este dato a la ecuación (18) nos quedaría que el recorrido total de frenada es:

$$L_{Tf} = L_f + V \cdot 1.6$$

$$L_{Tf} = 133 + 36.47 \cdot 1.6$$

$$\mathbf{L_{Tf} = 191.352 \text{ m}}$$

El resultado de la distancia de frenado de 191.352 metros parece bastante grande, pero hay que tener en cuenta que es la distancia de frenado partiendo de la máxima velocidad y terminando parado.

- Tiempo de frenado:

El tiempo de frenado viene represando como:

$$T_f = \frac{V}{d_f} \tag{19}$$

Conociendo los valores de velocidad y desaceleración calculados en apartados anteriores y sustituyendo obtenemos el valor del tiempo de frenado:

$$T_f = \frac{36.48}{5}$$

$$T_f = 7.294 \text{ s}$$

Al igual que en apartado anterior, este tiempo equivale al que tarda el freno en frenar el kart, pero hay que tener en cuenta el tiempo de reacción de 1.6, siendo entonces el tiempo total de frenada:

$$T_{Tf} = T_f + 1.6$$

$$T_{Tf} = 7.294 + 1.6 = 8.894 \text{ s}$$

Al igual que en la distancia de frenada, el tiempo de frenada de 8.894 segundos parece un resultado muy grande, pero hay que tener en cuenta que es el calculado a partir de la velocidad máxima, por lo que su resultado es coherente.

3.3 Cálculo estructural del chasis por el método de elementos finitos

3.3.1 Introducción a FEM

Para la realización de los cálculos estructurales del chasis se utilizara el programa de simulación CATIA V5R21. Este programa te permite modelar un sistema real o hipotético, para predecir el comportamiento de una pieza o de un conjunto de ellas. Por ello es un programa muy utilizado en infinidad de campos, que es tratar de asegurar el correcto funcionamiento del sistema diseñado antes de llevarlo a la práctica.

El método de elementos finitos será el método de simulación que utilizaremos, conocido como "FEM" por la traducción al inglés "Finite Element Method". Este método nos permite hallar una solución numérica aproximada sobre un cuerpo dividiendo este en un número elevado de subdominios no-intersectantes entre sí llamados elementos finitos. Este conjunto de elementos finitos forma a su vez una partición del dominio llamada discretización. En cada elemento, se puede distinguir una serie de puntos representativos, llamados nodos. Cuando dos nodos son adyacentes significa que pertenecen al mismo elemento finito, y si un nodo es situado sobre la frontera de un elemento finito pertenece a varios elementos. Considerando la correlación de adyacencia del conjunto de nodos del elemento se denomina malla.

La realización de los cálculos se hace sobre una malla de nodos, que sirven de base para la discretización del dominio en elementos finitos. Antes de la realización de los cálculos, se debe generar la malla. De acuerdo con las relaciones de conectividad se

relaciona el valor de un conjunto de variables previamente definidas en cada nodo y llamadas grados de libertad. El cúmulo de relaciones que hay entre el valor de un variable y los nodos se escribe en forma de un sistema de ecuaciones lineales. Dicho sistema forma una matriz, denominada matriz de rigidez del sistema, donde el número de ecuaciones es proporcional al número de nodos.

Cuando se trata de un problema de mecánica de sólidos deformables, como es nuestro caso, el análisis de elementos finitos se programa computacionalmente, normalmente para el cálculo de desplazamientos, y por medio de relaciones cinemáticas, las deformaciones y tensiones respectivamente.

3.3.2 En parado

Antes del inicio de cualquier cálculo, es necesario conocer los pesos que está soportando el chasis cuando el kart esta estático, o parado. Estos pesos serán los mismos para cualquier prueba, a excepción de las nuevas cargas específicas de cada prueba.

Los pesos con los que se tiene que hacer frente el kart en posición estática o parada son los pesos de los componentes del kart, el piloto, el combustible y el propio chasis, aunque algunos componentes han sido omitidos por tener valores muy pequeños. Otros componentes se han omitido porque no realizan un esfuerzo sobre el kart, como son las ruedas, ya que el kart se apoya sobre estos. Los pesos introducidos han sido:

Componente	Masa (Kg)	Peso (N)
Motor	25	245.25
Radiador completo	2.5	24.525
Escape completo	7.6	74.556
Depósito de combustible completo	9.5	93.195
Asiento	2	19.62
Chasis completo	11.3	110.853
Carrocería y paragolpes	12	117.72
Piloto con equipamiento	89.8	880.938

Tabla 3.6. Pesos que afectan a la estructura del chasis

Una vez introducidos estos pesos en las posiciones donde actúan cada uno de ellos, según sus centros de gravedad, menos el del chasis, que previamente se ha metido el material del chasis y la gravedad que actúa hacia él, y dejando los ejes de las ruedas como empotramientos fijos, ya que el kart está estático, queda:

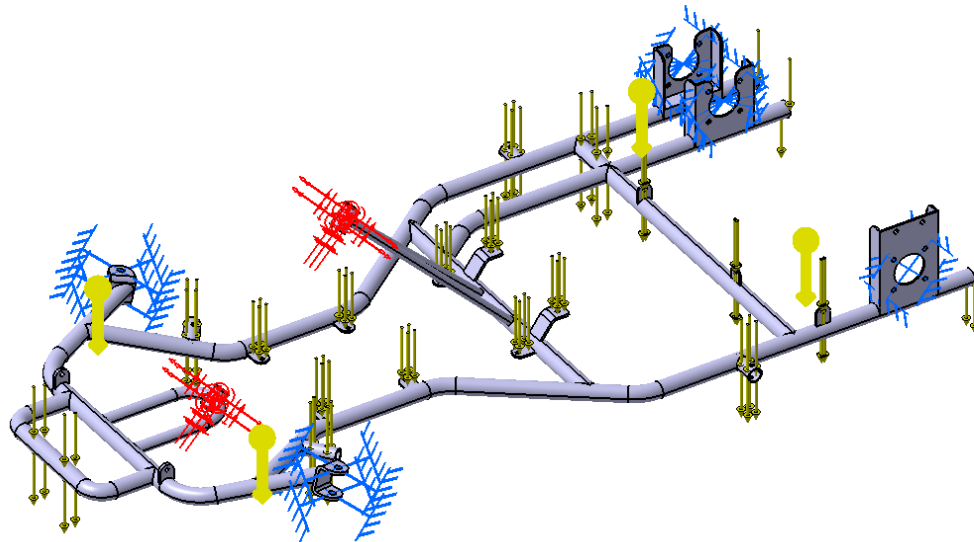


Figura 3.44. Cargas del chasis en parado

Los resultados del análisis en parado son los siguientes: desplazamientos y tensiones y una comparación del chasis sin cargas y con cargas.

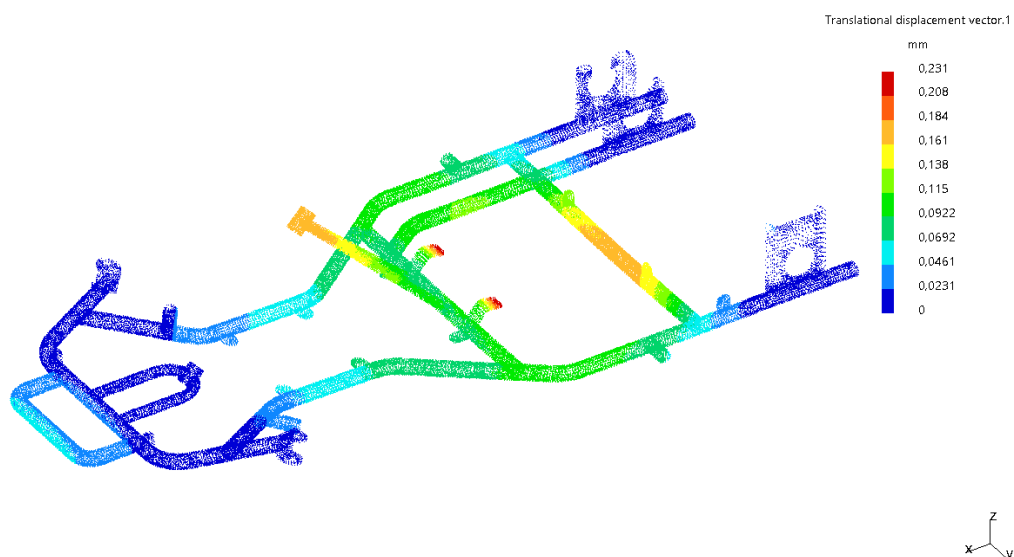


Figura 3.45. Desplazamientos del chasis en parado

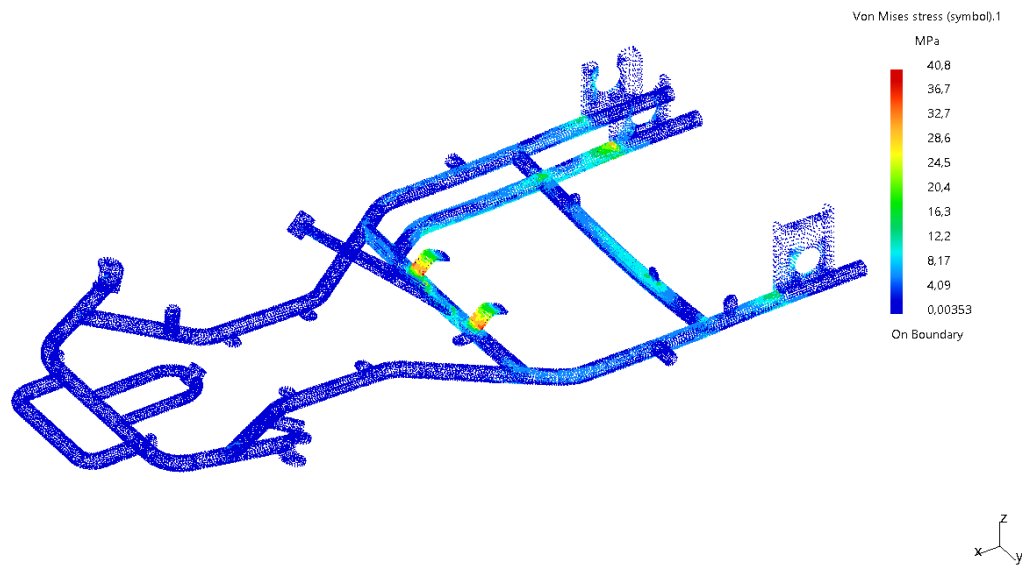


Figura 3.46. Tensiones del chasis en parado

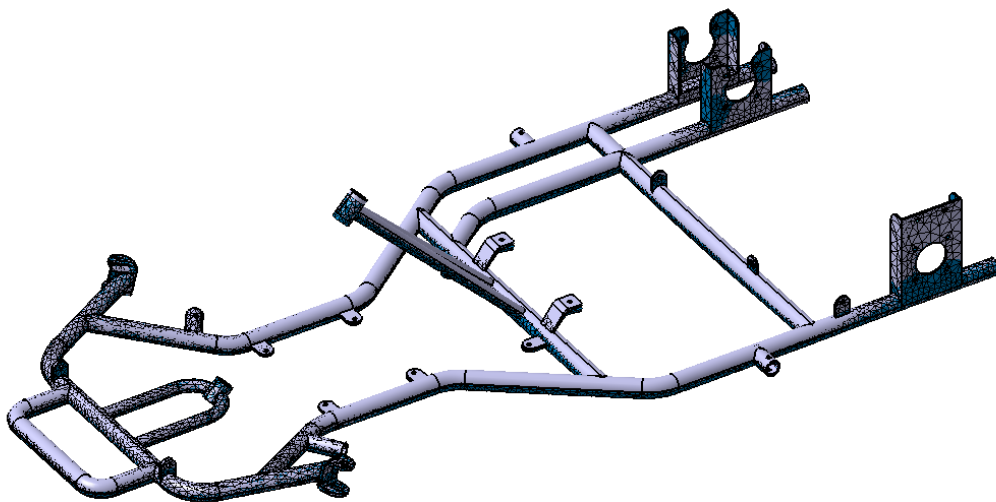


Figura 3.47. Comparación del chasis en parado

Observando los resultados, el desplazamiento máximo es casi despreciable, de 0.231 mm situada en los soportes delanteros del asiento, como era de esperar, al igual que las tensiones se dan en las zonas que soportan un mayor esfuerzo, zona del motor y la zona del asiento, alcanzando como valor máximo 40.8 MPa. Para una visualización mejor, observando la figura 3.47 se puede observar las deformaciones que se han causado por estas cargas, donde el color gris muestra el chasis sin ninguna carga y el azul ya deformado. Hay que decir que esta visualización esta exagerada, ya que los valores de desplazamiento son muy pequeños, y no se vería la diferencia.

Si calculamos el coeficiente de seguridad del chasis en parado, donde el coeficiente de seguridad viene dado por:

$$n_s = \frac{\sigma_y}{\sigma_{m\acute{a}x}} \quad (19)$$

Donde n_s es el coeficiente de seguridad, σ_y es el límite elástico del material, en este caso 355 MPa y $\sigma_{m\acute{a}x}$ es la tensión máxima obtenida en el análisis.

El coeficiente de seguridad para un chasis de un kart de competición tiene que ser mayor o igual a 1,5.

Entonces, el resultado del coeficiente de seguridad en parado es:

$$n_s = \frac{355}{40.8} = 8.7 \geq 1.5 \rightarrow \text{Cumple}$$

3.3.3 Aceleración longitudinal

Para el cálculo de la aceleración longitudinal, se han utilizado las mismas restricciones que en el apartado anterior, variando el empotramiento del eje trasero, que ahora ya permite el movimiento longitudinal y se le ha aplicado una fuerza de 1G. La fuerza de 1G como aceleración sobrepasaría lo calculado sobre adherencia, que solo permite una aceleración de 5 m/s², pero así podemos analizar el caso más desfavorable.

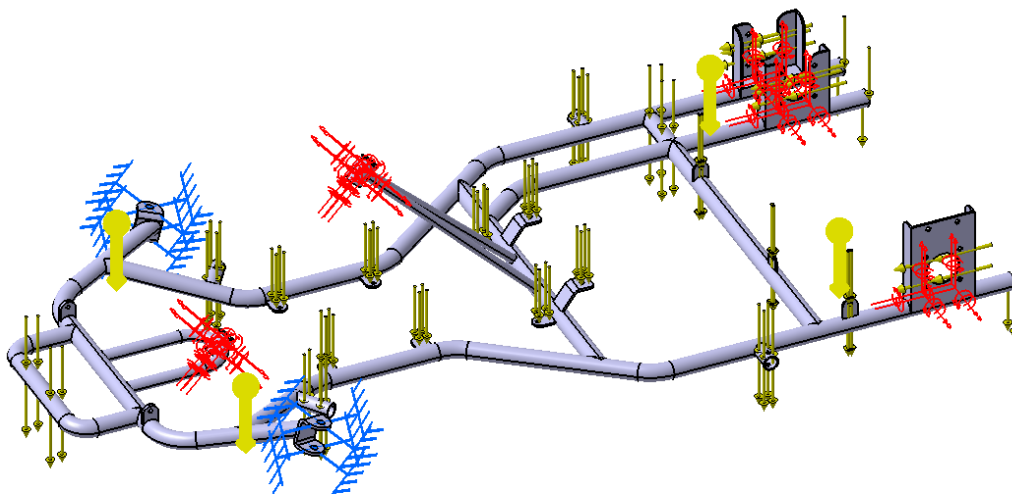


Figura 3.48. Cargas del chasis en aceleración longitudinal



Figura 3.49. Desplazamientos del chasis en aceleración longitudinal

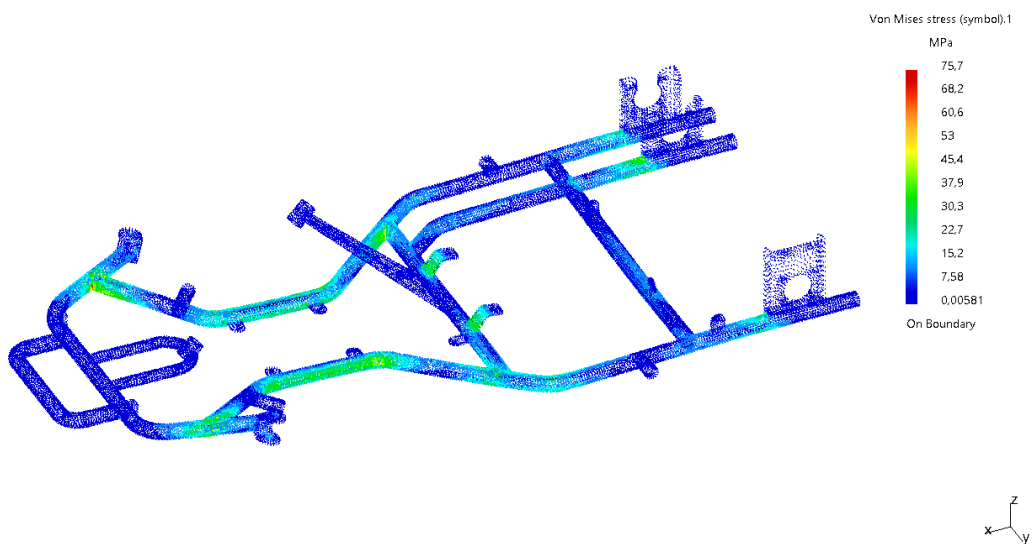


Figura 3.50. Tensiones del chasis en parado en aceleración longitudinal

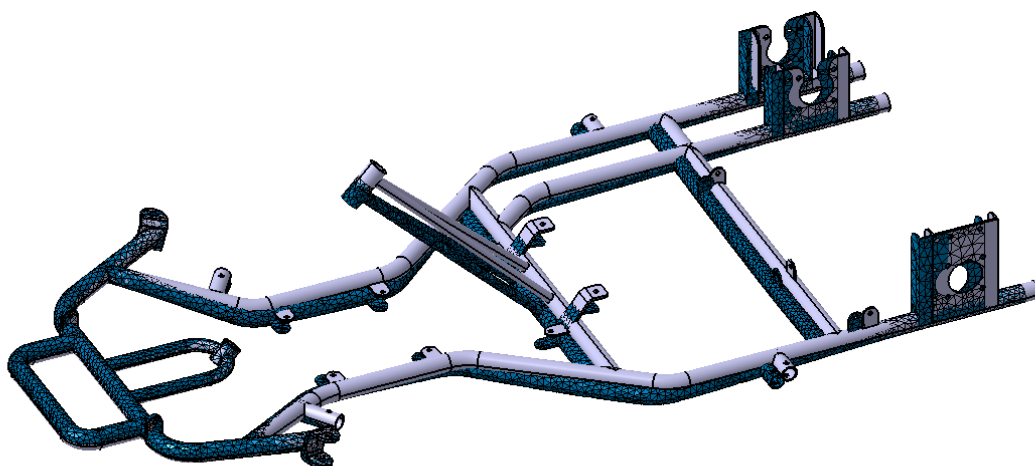


Figura 3.51. Comparación del chasis en aceleración longitudinal

Observando los resultados, el desplazamiento máximo es de 0.639 mm situada en el soporte de la dirección, aunque como muestran las tensiones, ese desplazamiento es el resultado de los desplazamientos de todo el tren trasero hacia delante, donde la tensión máxima es de 75.7 MPa. Para una visualización mejor, observando la figura 3.51 se pueden ver las deformaciones se originan en el tren trasero, y se desplaza todo el chasis hacia la posición del depósito.

Si calculamos el coeficiente de seguridad del chasis en aceleración longitudinal, utilizando para ellos la ecuación (19) vista anteriormente:

$$n_s = \frac{355}{75.7} = 4.69 \geq 1.5 \rightarrow \text{Cumple}$$

3.3.4 Desaceleración longitudinal

Para el cálculo de la desaceleración longitudinal, se han utilizado las mismas restricciones que para la aceleración longitudinal, variando únicamente el sentido de la fuerza de 1G. Al igual que en el caso anterior, se ha realizado el análisis más desfavorable.

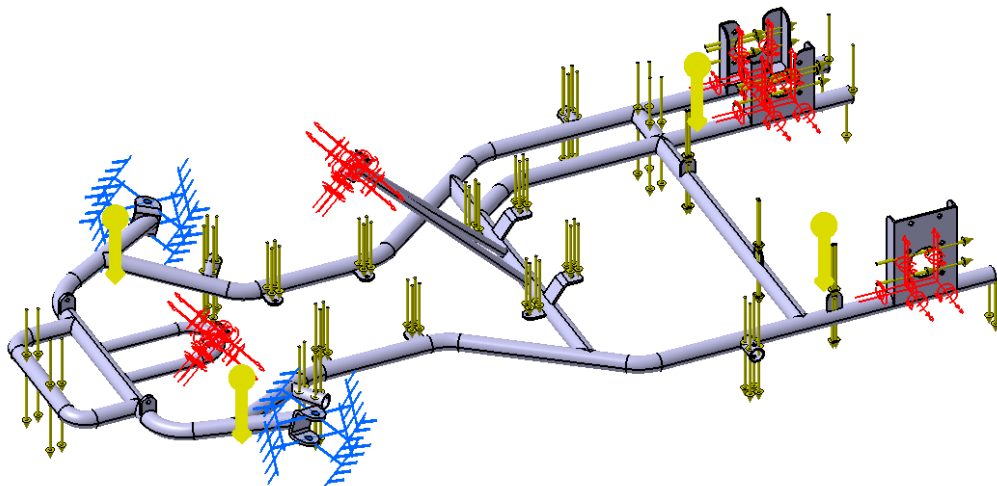


Figura 3.52. Cargas del chasis en desaceleración longitudinal



Figura 3.53. Desplazamientos del chasis en desaceleración longitudinal

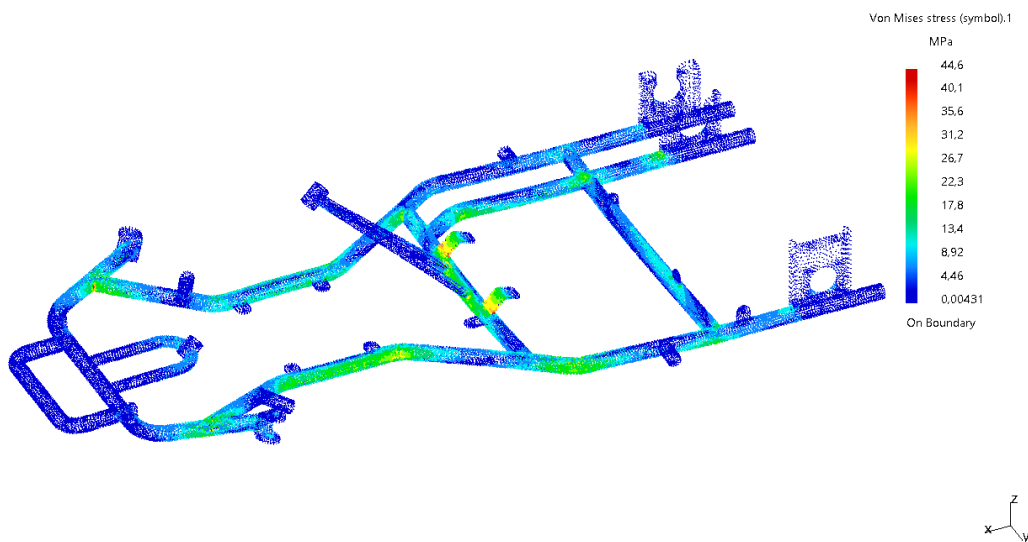


Figura 3.54. Tensiones del chasis en parado en desaceleración longitudinal

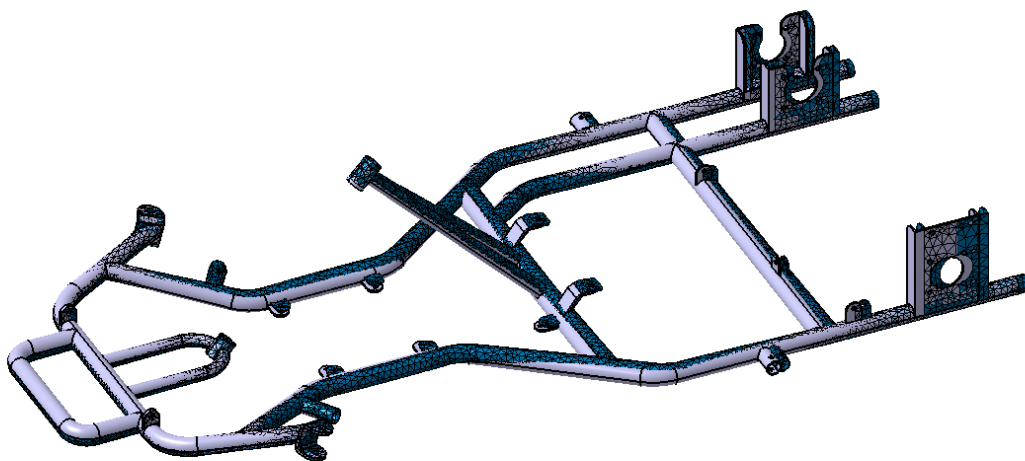


Figura 3.55. Comparación del chasis en desaceleración longitudinal

Observando los resultados, el desplazamiento máximo es de 0.36 mm situada en uno de los soportes del eje trasero, debido a que este eje está más separado del conjunto del chasis, aunque como muestran las tensiones, ese desplazamiento es el resultado de la suma de los desplazamientos a lo largo de todo el chasis, ya que las tensiones están repartidas de una forma homogénea, donde la tensión máxima es de 44.6 MPa. Para una visualización mejor, observando la figura 3.55 se pueden ver las deformaciones a partir de la zona del depósito hacia atrás.

Si calculamos el coeficiente de seguridad del chasis en desaceleración longitudinal, utilizando para ellos la ecuación (19) vista anteriormente:

$$n_s = \frac{355}{44.6} = 7.95 \geq 1.5 \rightarrow \text{Cumple}$$

3.3.5 Impacto frontal

Para el cálculo del impacto frontal, se tomará como restricciones las mismas que en parado, con la diferencia que el impacto tendrá una fuerza de 3G, situado en la zona delantera del chasis.

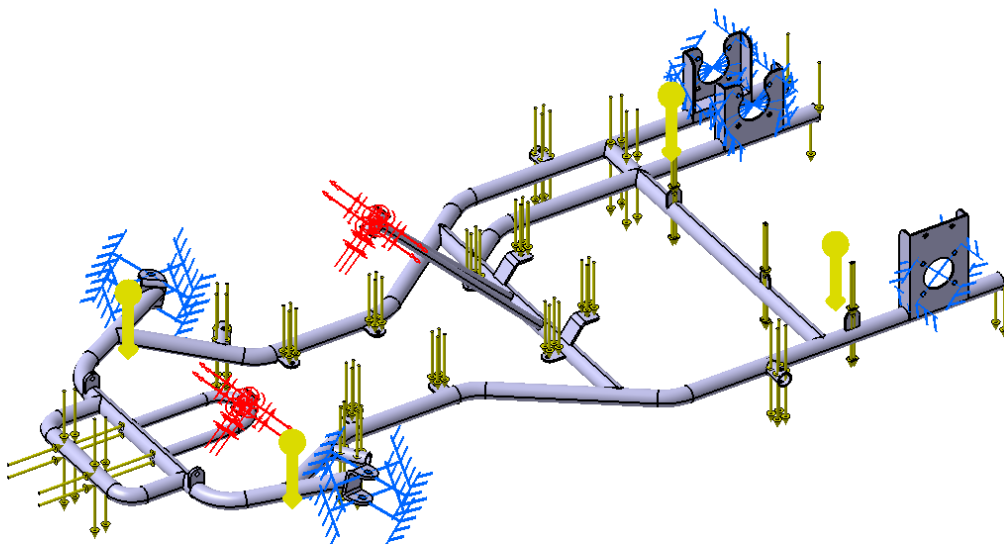


Figura 3.56. Cargas del chasis en un impacto frontal

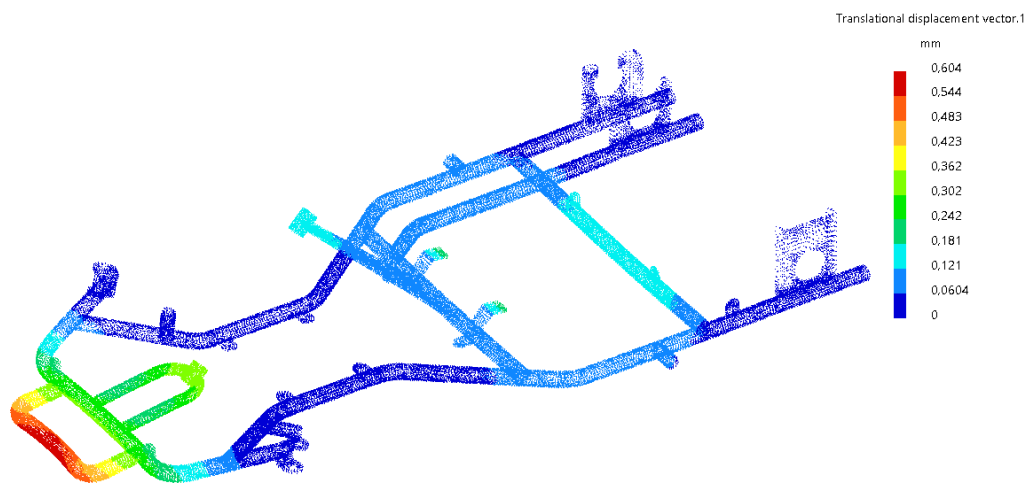


Figura 3.57. Desplazamientos del chasis en un impacto frontal

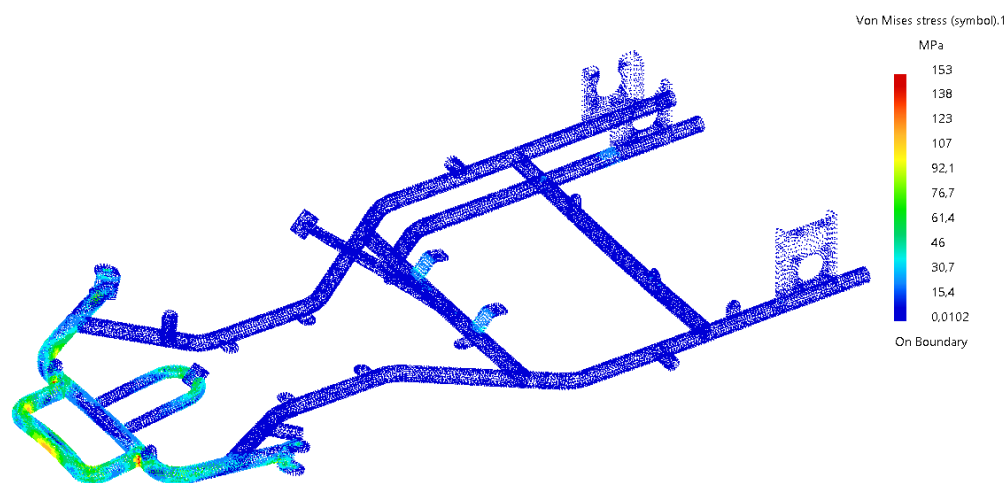


Figura 3.58. Tensiones del chasis en un impacto frontal

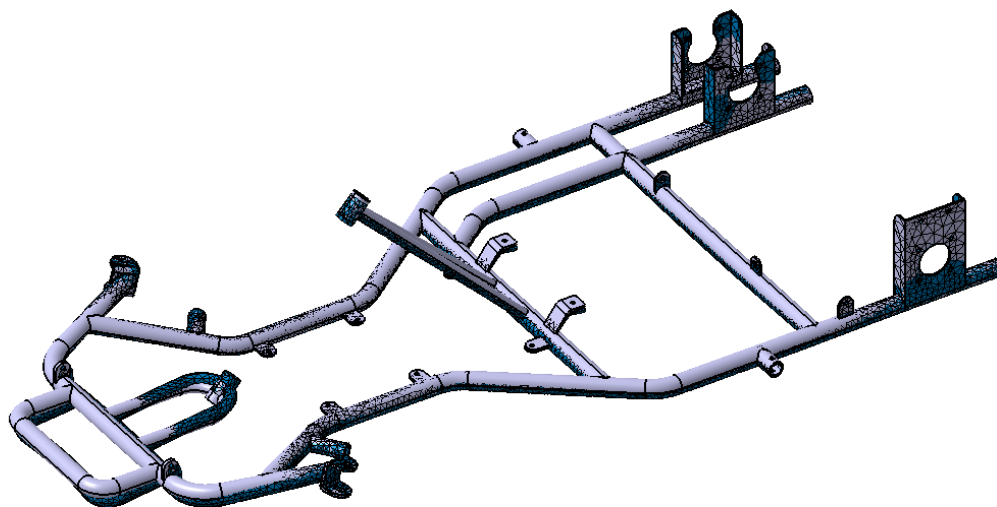


Figura 3.59. Comparación del chasis en un impacto frontal

Observando los resultados, el desplazamiento máximo es de 0.604 mm situado en la barra delantera del chasis, y como muestran las tensiones, esa barra y las zonas de soldadura de dicha barra son las más afectadas, donde la tensión máxima es de 153 MPa. Para una visualización mejor, observando la figura 3.59 se pueden ver las deformaciones más grandes se dan en la parte delante del kart.

Si calculamos el coeficiente de seguridad del chasis en un impacto frontal, utilizando para ellos la ecuación (19) vista anteriormente:

$$n_s = \frac{355}{153} = 2.32 \geq 1.5 \rightarrow \text{Cumple}$$

3.3.6 Impacto lateral

3.3.6.1 Impacto lateral por la izquierda

Para el cálculo del impacto lateral por la izquierda, se tomará como restricciones las mismas que en el impacto frontal, con la diferencia que el impacto de una fuerza de 3G está situado en la zona donde se coloca el paragolpes lateral izquierdo.

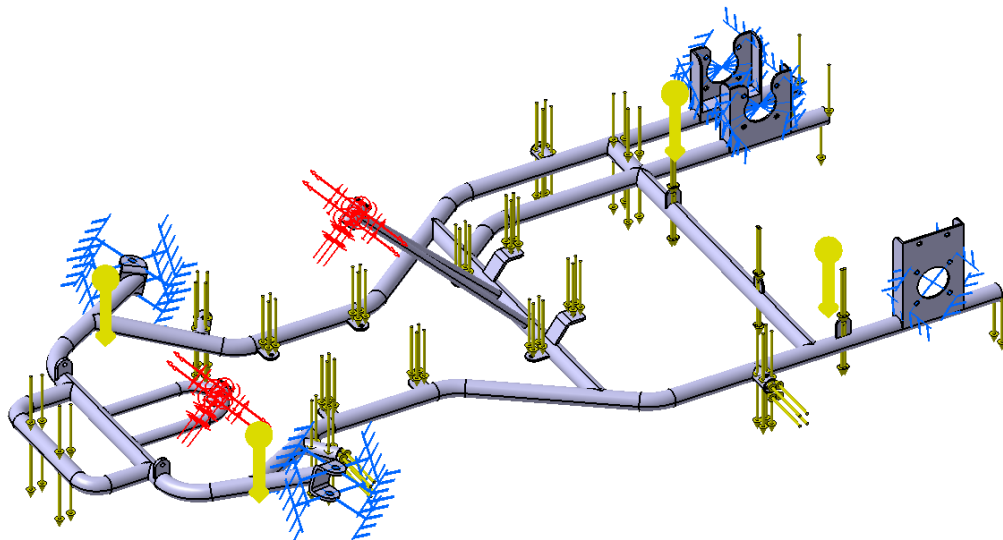


Figura 3.60. Cargas del chasis en un impacto lateral por la izquierda

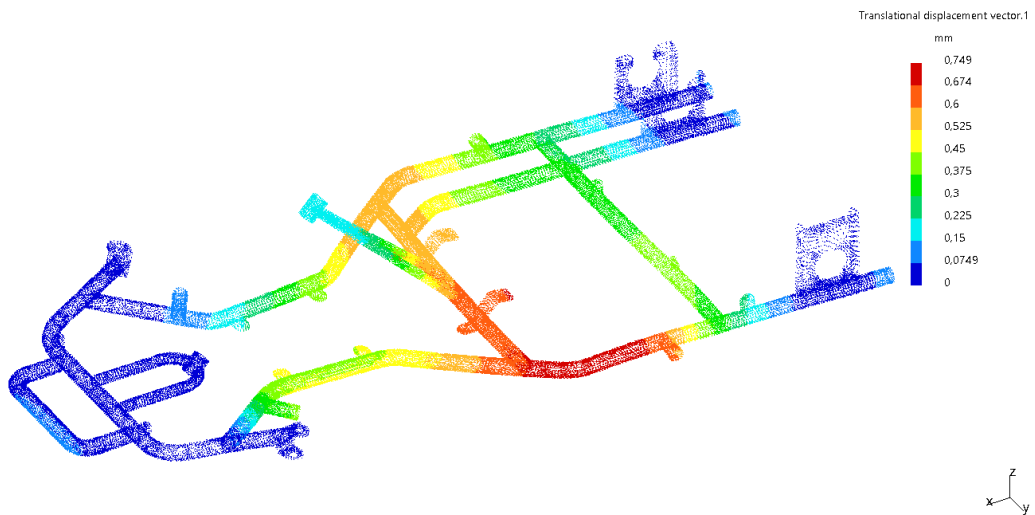


Figura 3.61. Desplazamientos del chasis en un impacto lateral por la izquierda

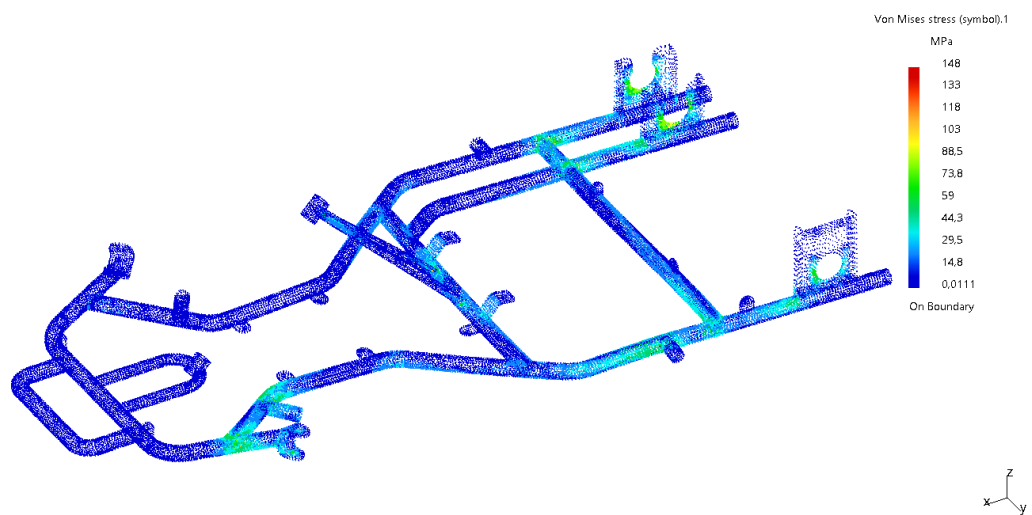


Figura 3.62. Tensiones del chasis en parado en un impacto lateral por la izquierda

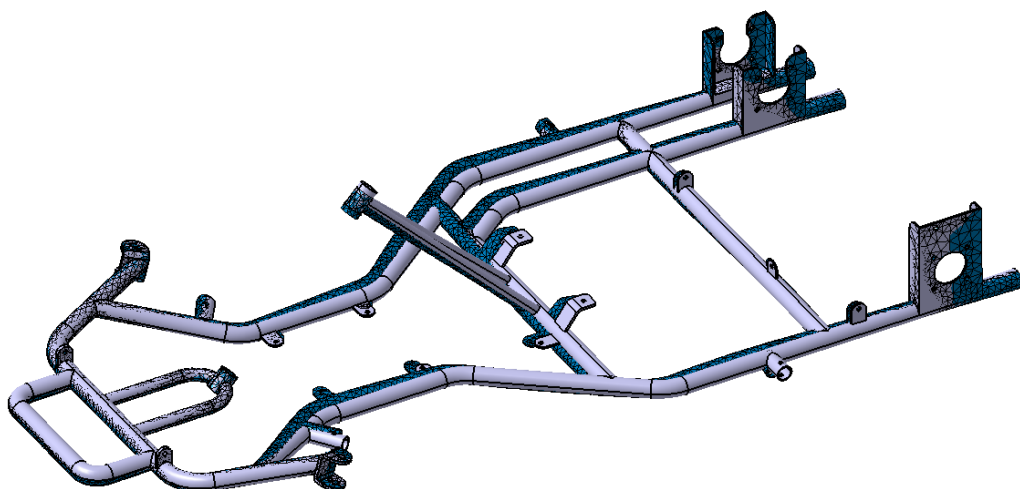


Figura 3.63. Comparación del chasis en un impacto lateral por la izquierda

Observando los resultados, el desplazamiento máximo es de 0.749 mm situado en la barra izquierda del chasis, y como muestran las tensiones, esa barra y las zonas de curva cercanas a esa barra son las más afectadas, donde la tensión máxima es de 148 MPa. Para una visualización mejor, observando la figura 3.63 se puede ver como el kart se deforma hacia la derecha al recibir el impacto por la izquierda.

Si calculamos el coeficiente de seguridad del chasis en un impacto frontal, utilizando para ellos la ecuación (19) vista anteriormente:

$$n_s = \frac{355}{148} = 2.4 \geq 1.5 \rightarrow \text{Cumple}$$

3.3.6.2 Impacto lateral por la derecha

Para el cálculo del impacto lateral por la derecha, se tomará como restricciones las mismas que en el impacto frontal, con la diferencia que el impacto de una fuerza de 3G está situado en la zona donde se coloca el paragolpes lateral derecho.

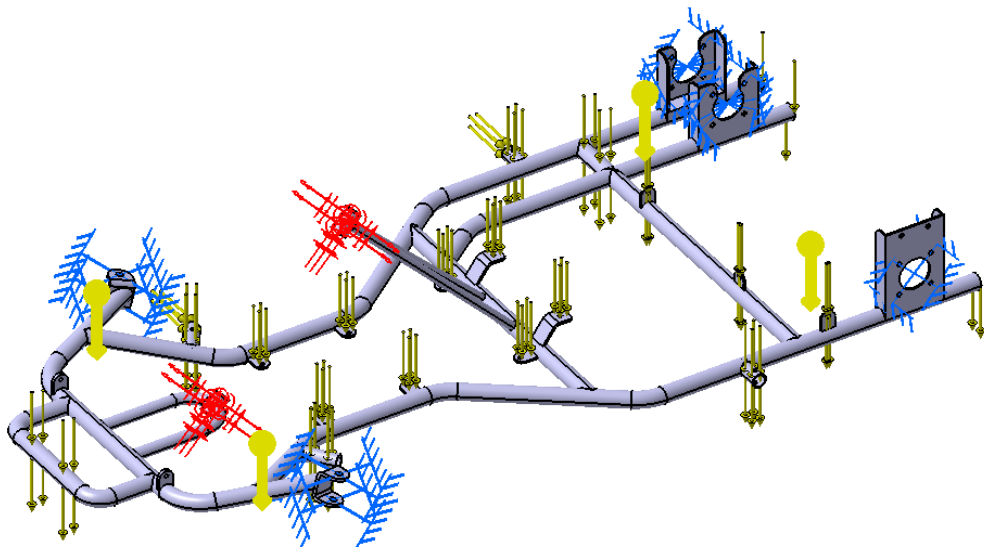


Figura 3.64. Cargas del chasis en un impacto lateral por la derecha

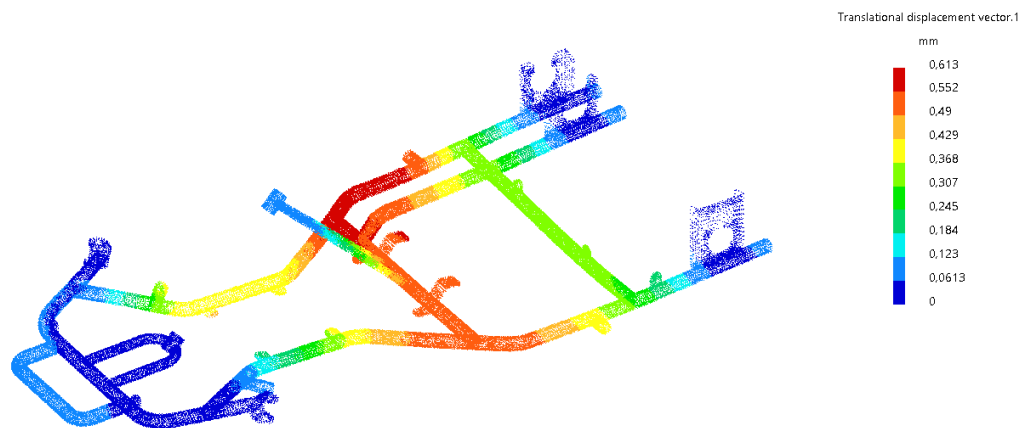


Figura 3.65. Desplazamientos del chasis en un impacto lateral por la derecha

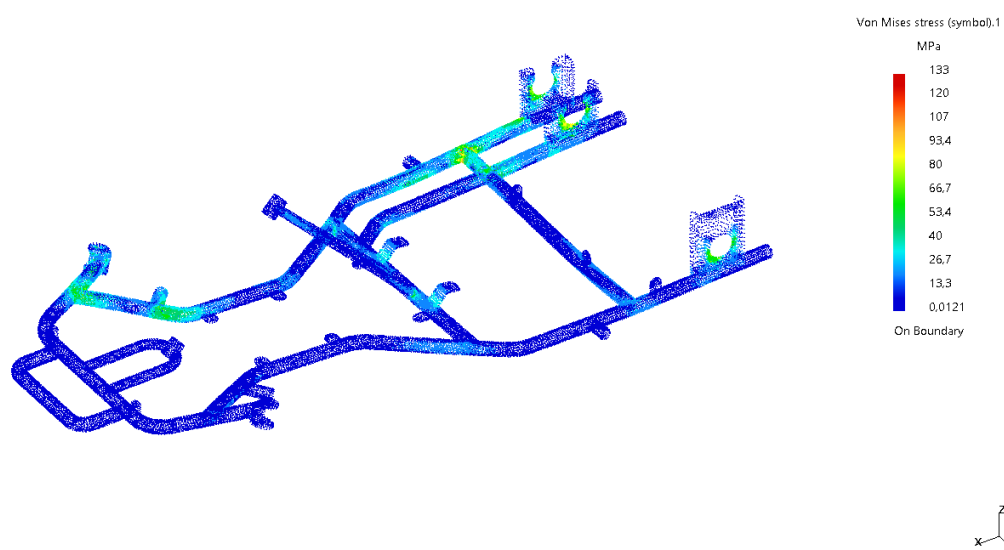


Figura 3.66. Tensiones del chasis en parado en un impacto lateral por la derecha

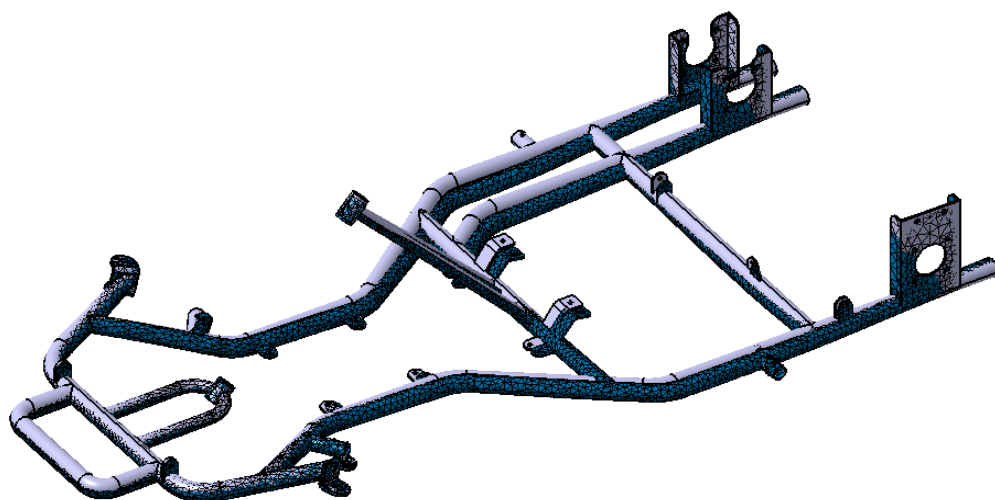


Figura 3.67. Comparación del chasis en un impacto lateral por la derecha

Observando los resultados, el desplazamiento máximo es de 0.613 mm situado en la barra derecha del chasis, y como muestran las tensiones, esa barra y las zonas de curva cercanas a esa barra son las más afectadas, donde la tensión máxima es de 133 MPa. Para una visualización mejor, observando la figura 3.67 se puede ver como el kart se deforma hacia la izquierda al recibir el impacto por la derecha.

Si calculamos el coeficiente de seguridad del chasis en un impacto frontal, utilizando para ellos la ecuación (19) vista anteriormente:

$$n_s = \frac{355}{133} = 2.67 \geq 1.5 \rightarrow \text{Cumple}$$

Como se ha visto en todos los casos, el chasis es apto para su fabricación y montaje ya que supera el coeficiente de seguridad de 1.5 incluso por un impacto frontal de 3G.

También cabe mencionar que el kart responde mejor a una frenada que a una aceleración, por su forma geométrica, al igual que responde mejor a un impacto por la derecha que por la izquierda, ya que por la derecha tiene una mayor disipación de las tensiones que en la izquierda.

4 PLANOS

En este apartado se encuentran los distintos planos de despiece y montaje necesarios para la ejecución del proyecto.

Los planos tienen el siguiente orden:

Nº de plano	Título
1/11	Kart
2/11	Medidas generales del kart
3/11	Montaje de las ruedas
4/11	Montaje del asiento y la carrocería
5/11	Montaje del motor, escape, radiador y los pedales
6/11	Montaje de la dirección, suelo y depósito
7/11	Montaje del eje trasero y el sistema de freno
8/11	Conjunto chasis
9/11	Estructura chasis
10/11	Soportes del chasis
11/11	Soportes de los portones laterales

Tabla 4.1. Orden de planos

Los planos realizados serán adjuntados al final de este documento.

5 PLIEGO DE CONDICIONES

El presente Pliego de Condiciones constituye un documento en el que se recogen las condiciones técnicas generales y particulares que, además de lo indicado en él la memoria, los planos y el presupuesto, deben cumplir los materiales y los componentes suministrados que constituyen el proyecto.

5.1 Especificaciones de materiales y componentes

5.1.1 *Listado de materiales y calidades mínimas*

5.1.1.1 *Acero estructural*

Los aceros estructurales para la construcción se clasifican de acuerdo a la composición química, aplicaciones y propiedades mecánicas. Estos están regulados en Euronormas. A continuación se presenta el acero estructural utilizado en el presente proyecto:

- Acero S355 J2H

EL acero S355 es acero estructural de estándar Europeo de alta resistencia y baja aleación. Su producción por conformado en frío permite curvar, plegar, y cortar en frío. Los grados de acero en las categorías JR, J0, J2 y K2 son aptos para todas las técnicas de soldadura.

El acero S355 es utilizada en casi cada faceta de fabricación estructural. Sus aplicaciones típicas incluyen los componentes estructurales de puentes y de estructural de mar adentro, plantas de energía, equipo de minera y movimiento de tierra, equipo de manejo de cargas y componentes de torres eólicas.

El significado de la denominación del acero S355 J2H se muestra en la siguiente figura:

S	355	J2	H
Acero de construcción	Valor mínimo del límite elástico aparente (N/mm ²)	Perfiles huecos Características de energía de rotura 27 J. min a -20°C	

Figura 5.1. Denominación Acero S355 J2H

5.1.1.2 Composición química

Elemento	Porcentaje máximo
Carbono (C)	0.22
Silicio (S)	0.55
Manganeso (Mn)	1.60
Fosforo (P)	0.030
Azufre (S)	0.030

Tabla 5.1. Composición química Acero S355 J2H

5.1.1.3 Propiedades mecánicas

DESIGNACIÓN DE ACERO	LÍMITE ELÁSTICO MÍNIMO N/mm ²	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN N/mm ²			ALARGAMIENTO MÍNIMO %	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN POR CHOQUE	
	ESPESOR NOMINAL T ≤ 16 mm	ESPESOR NOMINAL			ESPESOR NOMINAL T ≤ 40 mm	TEMPERATURA DE RECARGO °C	ENERGÍA MEDIA MIN. AUTORIZADA PARA LAS PROBETAS NORMALIZADAS J
		T < 3 mm	FRÍO	CALENTE			
			3 mm ≤ T ≤ 40 mm	3 mm ≤ T ≤ 40 mm	FRÍO	CALENTE	
S 275 J0H	275	430/580	410/560	20 °	23	0	27
S 355 J2H	355	510/680	470/630	20 °	22	-20	27

Tabla 5.2. Propiedades mecánicas Acero S355

5.1.2 Componentes suministrados

5.1.2.1 Control de recepción

Se comprobará mediante los documentos suministrados junto los componentes, que estos coinciden con los pedidos realizados. Si no se incluye una declaración del suministrador de que los productos o materiales cumplen con el presente Pliego de Condiciones, se tratarán como productos o materiales no aptos.

5.1.2.2 Control documental

Se comprobará la garantía del fabricante mediante el marcado de los productos con las siglas de la fábrica y el símbolo de la clase de acero, de las características mecánicas de los aceros y su composición química para el material suministrado.

5.1.2.3 Ensayo de control

Ante la disconformidad del producto recibido, el consumidor podrá realizar ensayos con el producto, encargándolos a fábrica o aun laboratorio oficial, para comprobar el cumplimiento de la garantía y las características a determinar mediante ensayo, todo esto a costa del consumidor.

5.2 Condiciones de fabricación y montaje

Todo el proceso de fabricación y montaje se tiene que llevar a cabo atendiendo al Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio por que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. BOE nº 188 07-08-1997.

5.2.1 Proceso de curvado

Se empleará una curvadora de grandes diámetros para el doblado de los perfiles de acero, y una curvadora de diámetros pequeños para los soportes de acero del chasis. Para el caso de los tubos de acero, es necesario rellenar el interior del tubo con mandriles, y realizar el proceso lentamente para evitar las tensiones superficiales que puedan generar fisuras o puedan comprometer la redondez del tubo.

5.2.2 Corte por laser

Para cortar los tubos del chasis y otros componentes, se empleará el corte por láser, por su rapidez de mecanizado y su elevada precisión para espesores reducidos. En los planos no están acotadas las líneas de corte, ya que estos se pasan directamente en formato .dxf y el operario de la cortadora por láser los introduce directamente en el ordenador.

5.2.3 Proceso de taladrado

Para el proceso de taladrado, antes de realizar un agujero, se debe asegurar la correcta ubicación del centro de dicho agujero.

En los agujeros de tamaño 8mm o menos de diámetro, se deberá marcar previamente el centro del mismo con un punzón o similar, evitando así el desplazamiento de la broca al comenzar a taladrar.

Se debe lubricar y refrigerar la herramienta de corte, evitando así el calentamiento excesivo de la herramienta y la pieza, lo que podría provocar tensiones internas y deformaciones del material.

Se debe limpiar la viruta producida una vez se haya realizado el agujero con algún tipo de elemento mecánico o mediante aire a presión, nunca manualmente.

Se debe repasar la rebaba producida en la arista del agujero, matando la arista viva que se produce en el proceso.

5.2.4 Proceso de soldadura

Las soldadura se realizan mediante el procedimiento TIG (sistema de soldadura por arco con protección gaseosa) que utiliza un intenso calor de un arco eléctrico generado entre un electrodo de tungsteno no consumible y la pieza a soldar.

5.2.4.1 Preinscripciones de soldadura

Antes del soldeo, se limpiaran todos los bordes de unión, estando a su vez todas las partes secas antes de soldar. En los planos se especifican las características, calidades y condiciones de soldadura. Los componentes deben estar ensamblados de forma que no resulten dañados o deformados.

En el proceso de soldadura, hay que tener en cuenta los siguientes puntos:

- La proyección de chispas erráticas del arco y, si se produce, se debe sanear la superficie del acero e inspeccionar la proyección de soldadura.

- Los defectos no deben cubrirse con soldaduras posteriores. Deben eliminarse primero antes de la siguiente pasada.
- Las reparaciones de soldadura deben realizarse siguiendo una especificación del procedimiento de soldeo.
- Los elementos provisionales de fijación utilizados para el soldeo de las barras de la estructura se desprenderán cuidadosamente con soplete sin dañar las barras.
- Se prohíbe desprenderlos a golpes.
- Se debe eliminar los restos de soldadura de las fijaciones.

5.2.4.2 Tipos de soldadura empleados

A continuación se indican los requisitos para la ejecución de los tipos de soldadura presentes en el proyecto:

- Soldadura en ángulo:

Debe existir un contacto lo más estrecho posible entre las partes que se van a unir mediante la soldadura en ángulo.

- Soldadura a tope:

Debe garantizarse que las soldaduras son sanas, con el espesor total de garganta y con final adecuado en los extremos.

5.2.4.3 Comprobación de la soldadura

Una vez se hayan realizado las soldaduras, se debe asegurar que se han realizado correctamente. Para ello se realizaran ensayos no destructivos, que permitirán detectar grietas, mordeduras, escorias, óxidos o deformaciones entre otros.

Los principales ensayos no destructivos usados en estructuras metálicas son:

- Inspección visual
- Líquidos penetrantes
- Ultrasonidos

5.2.5 Orden de fabricación y montaje

El kart se encuentra dividido en seis conjuntos principales, a la hora de montar:

- Chasis
- Eje trasero y sistema de freno
- Sistema de dirección, suelo y depósito
- Conjunto motor, radiador y tubo de escape
- Carrocería y asiento
- Ruedas

A la hora de fabricación y montaje, se seguirá el orden de los conjuntos principales nombrados anteriormente. Primero se fabricara el chasis, donde primero se soldara la estructura del chasis y luego se le irán añadiendo y soldado los soportes, vistos en los planos.

Cuando ya se tenga listo el chasis, se comenzara añadiendo el eje trasero, que previamente se le abran colocado los bujes, la corona y el disco de freno a dicho eje. Para colocar el eje, primero hay que colocar los portarodamientos, que sujetaran el eje, y ya se ajusta a las medidas descritas en el plano, Terminando por la colocación de la pinza de freno.

Luego se monta la dirección, comenzando primero con el suelo, luego de montan las manguetas en su posición y la columna junto al volante, terminando por la colocación de las varillas, fijando la dirección para su correcto montaje. Por último, se monta el depósito debajo del soporte de dirección.

Montado ya todo lo anterior, se coloca el motor junto la bancada que lo sujeta en su posición correcta, al igual que el radiador. Estos se conectan por detrás de donde ira el asiento y por último se conecta el tubo de escape y los pedales. La carrocería y el asiento son los componentes más fáciles de montar, ya que tienen su posición concreta por la forma del chasis. Primero se montan los soportes y luego la carrocería. Por último, se montan las ruedas, previamente lubricadas, atornilladas a los bujes delanteros y traseros.

5.3 Condiciones de mantenimiento

Los diferentes elementos que forman el kart requieren de un mantenimiento, ya que con el uso se van deteriorando y originando desgastes que afectan de forma directa al rendimiento del kart, pudiendo llegar a la rotura del componente.

A continuación se muestran los controles periódicos necesarios para garantizar el funcionamiento y duración del kart:

Periodicidad	Elementos	Operación
Antes de cada utilización	Tubo de escape	Controlar el estado
	Piñón y Corona	Controlar la alineación
	Cadena	Controlar desgaste, tensión y engrase
	Batería	Controlar el estado y la carga
	Placa motor	Controlar las sujeciones
	Ruedas	Comprobar el apriete
	Neumáticos	Comprobar desgaste y presión
	Frenos	Controlar el estado
Después de utilizar	Batería	Desconectar
	Cadena	Lubricar cadena
	Motor	Limpieza exterior
Cada 5 o 10 horas	Grupo de engrane de arranque	Desatornillar la tapa y limpiar el interior
	Tubo de escape	Desmontar y limpiar
	Culata del motor	Desmontar y limpiar
	Embrague	Desmontar y controlar estado
	Frenos	Controlar el estado
Cada 20 horas	Pistón y grupo biela	Sustituir las partes usadas o desgastadas
	Cigüeñal	Sustituir las partes usadas o desgastadas
	Rodamientos	Sustituir las partes usadas o desgastadas
	Engranajes	Sustituir las partes usadas o desgastadas
	Contra-árbol	Sustituir las partes usadas o desgastadas

Tabla 5.3. Controles periódicos del kart

6 MEDICIONES

6.1 Ingeniería

Concepto	Cantidad (h)
Diseño	200
Análisis y cálculos	100

Tabla 6.1. Medición de ingeniería

6.2 Materiales

Concepto	Material	Cantidad (kg)
Conjunto chasis	Acero S355 J2H	15
Soporte del portón izquierdo	Acero S355 J2H	1.5
Soporte del portón derecho	Acero S355 J2H	1.5

Tabla 6.2. Medición de materiales

6.3 Producción y montaje

Concepto	Cantidad (h)
Corte por laser	6
Plegado	11
Soldadura chasis	23
Soldadura soportes laterales	8
Montaje del kart	24

Tabla 6.3. Medición de producción y montaje

6.4 Suministro de proveedores

Componente	Fabricante	Modelo	Cantidad
Motor	IAME Parilla	X30 125 RL-Tag	1
Asiento	Tillet	T8 ¼	1
Eje trasero	Righetti Ridolfi	KD104-H2	1
Bujes delanteros	Righetti Ridolfi	KN0401	2
Bujes traseros	Righetti Ridolfi	KN0531	2
Portarodamientos	Tecno	588/905	3
Cadena	D.I.D	36097 ^a	1
Cubrecadenas	Righetti Ridolfi	K950R	1
Corona 86 dientes	Righetti Ridolfi	KR0102-86	1
Portacoronas	Wildkart	MPCR50T	1
Kit de pedales	Righetti Ridolfi	KP193	1
Deposito 9 L	Righetti Ridolfi	KS007T-INS	1
Rodamientos	Tecno	587/905	3
Sistema freno trasero	IPK	RBS-V1	1
Juego de manguetas	Righetti Ridolfi	KF4974	1
Juego llantas delanteras	Douglas Wheels	KC79AL130-58VS	1
Juego llantas traseras	Douglas Wheels	KC79AL180-58VS	1
Juego de neumáticos	Vega	SL3-SL Nordam	1
Kit carrocería	Righetti Ridolfi	XTR14	1
Suelo	Sodikart	PC0131.102	1
Volante de dirección	Sodikart	PC0431.059	1
Varillas de dirección	Righetti Ridolfi	KT045N	2
Barra de dirección	Righetti Ridolfi	KB105B	1
Rotulas de dirección	Righetti Ridolfi	K329E	4

Tabla 6.4. Medición del suministro de proveedores

7 PRESUPUESTO

7.1 Presupuesto parcial

7.1.1 Ingeniería

Concepto	Cantidad (h)	Precio (€/horas)	Parcial
Diseño	200	12	2400 €
Análisis y cálculos	100	12	1200 €
		Total	3600 €

Tabla 7.1. Presupuesto de ingeniería

7.1.2 Materiales

Concepto	Cantidad (kg)	Precio (€/Kg)	Parcial
Conjunto chasis	15	1.5	22.5 €
Soporte del portón izquierdo	1.5	1.5	2.25 €
Soporte del portón derecho	1.5	1.5	2.25 €
		Total	27 €

Tabla 7.2. Presupuesto de materiales

7.1.3 Producción y montaje

Concepto	Cantidad (h)	Precio (€/hora)	Parcial
Corte por laser	6	50	300 €
Plegado	11	55	605 €
Soldadura chasis	23	45	1035 €
Soldadura soportes laterales	8	45	360 €
Montaje del kart	24	15	360 €
		Total	2660 €

Tabla 7.3. Presupuesto de producción y montaje

7.1.4 Suministro de proveedores

Componente	Cantidad	Precio (€/unidad)	Parcial
Motor	1	2359.5	2359.5 €
Asiento	1	206.73	206.73 €
Eje trasero	1	83.49	83.49 €
Bujes delanteros	2	27.83	55.66 €
Bujes traseros	2	44.73	89.46 €
Portarodamientos	3	23.22	69.66 €
Cadena	1	34.91	34.91 €
Cubrecadenas	1	21.75	21.75 €
Corona 86 dientes	1	11.5	11.5 €
Portacoronas	1	36.91	36.91 €
Kit de pedales	1	78.65	78.65 €
Deposito 9 L	1	53.81	53.81 €
Rodamientos	3	15.97	47.91 €
Sistema freno trasero	1	845.79	845.79 €
Juego de manguetas	1	69.95	69.95 €
Juego llantas delanteras	1	67.76	67.76 €
Juego llantas traseras	1	72.6	72.6 €
Juego de neumáticos	1	197.23	197.23 €
Kit carrocería	1	223.52	223.52 €
Suelo	1	84.1	84.1 €
Volante de dirección	1	123.63	123.63 €
Varillas de dirección	2	8	16 €
Barra de dirección	1	22.95	22.95 €
Rotulas de dirección	4	10	40 €
Tornillos, tuercas y bridas	1	80	80 €
		Total	4992.97 €

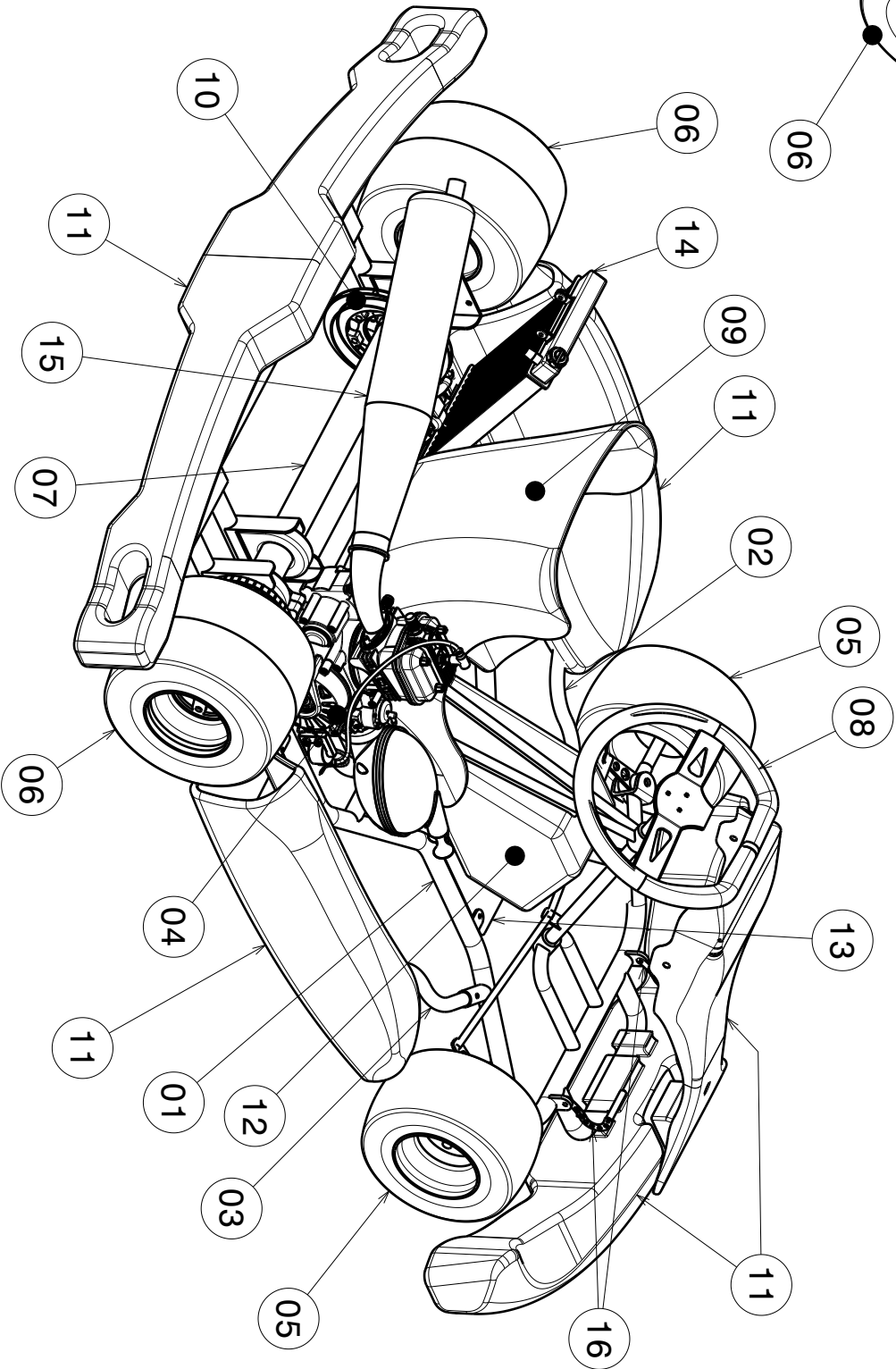
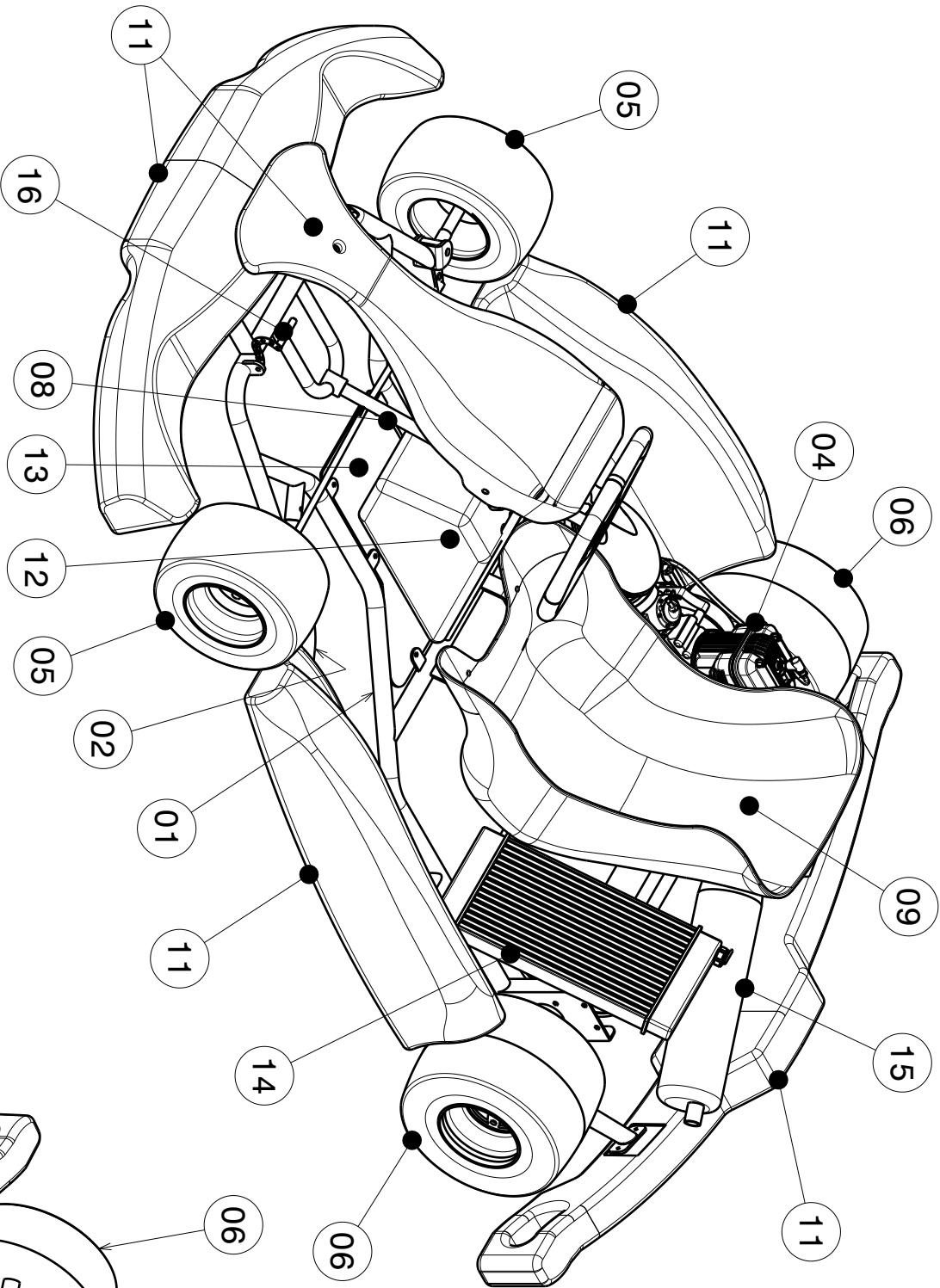
Tabla 7.4. Presupuesto del suministro de proveedores

7.2 Presupuesto total

Concepto	Cantidad
Presupuesto de ingeniería	3600 €
Presupuesto de material	27 €
Presupuesto de producción y montaje	2600 €
Presupuesto del suministro de proveedores	4992.97 €
Presupuesto total	11219.97 €

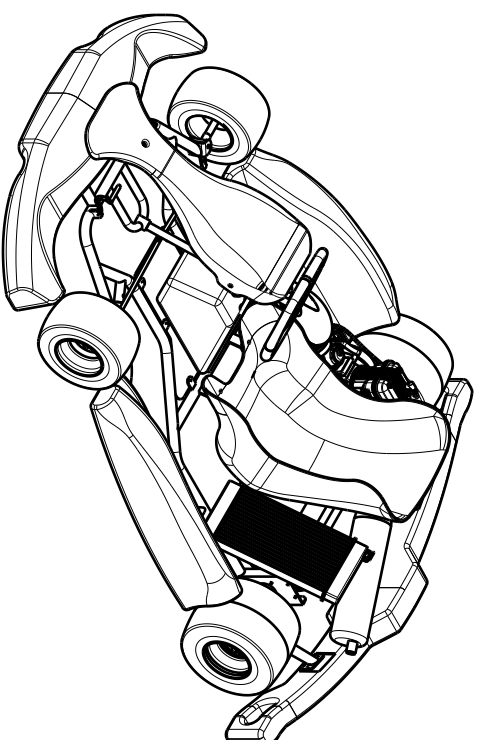
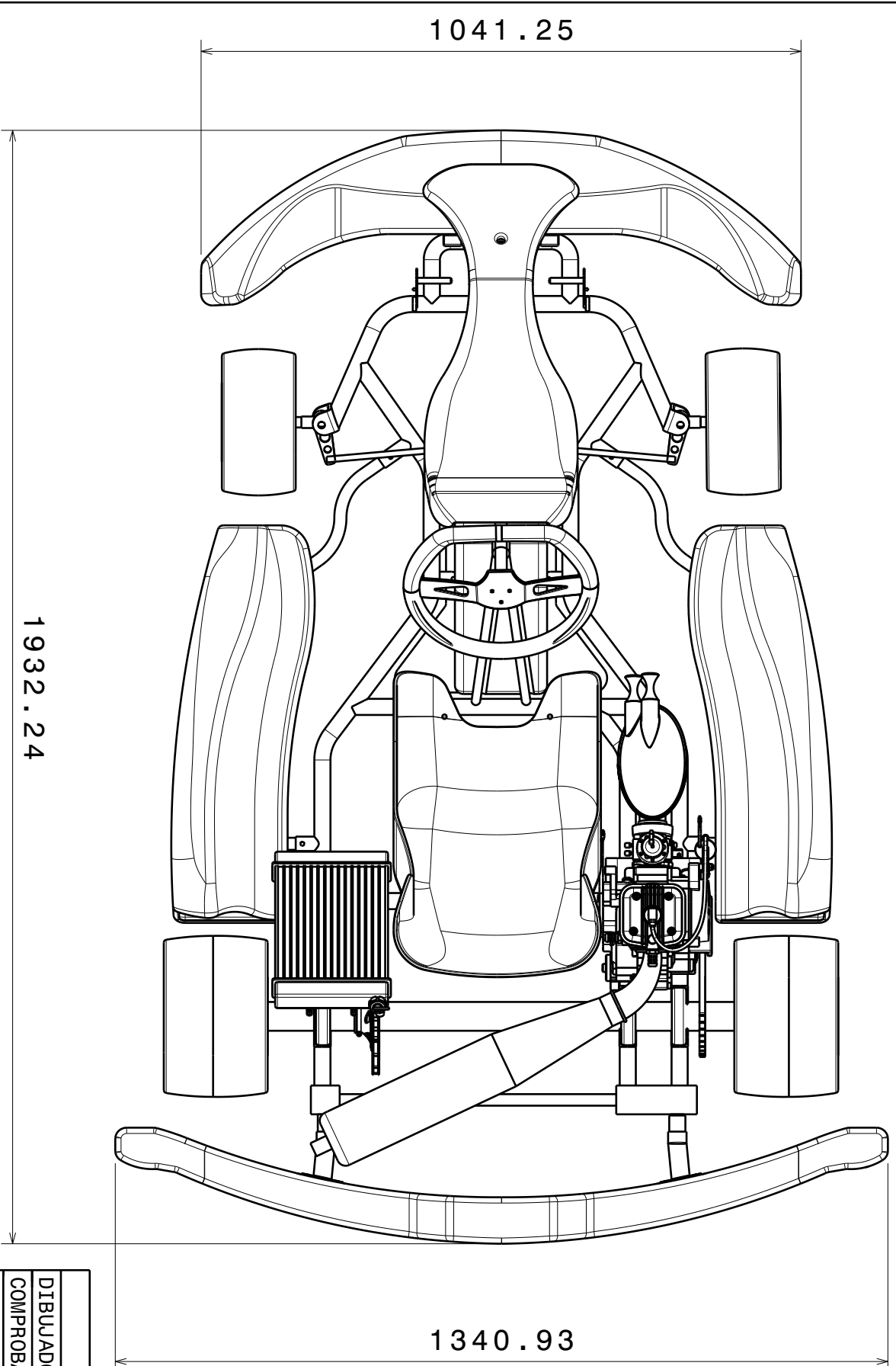
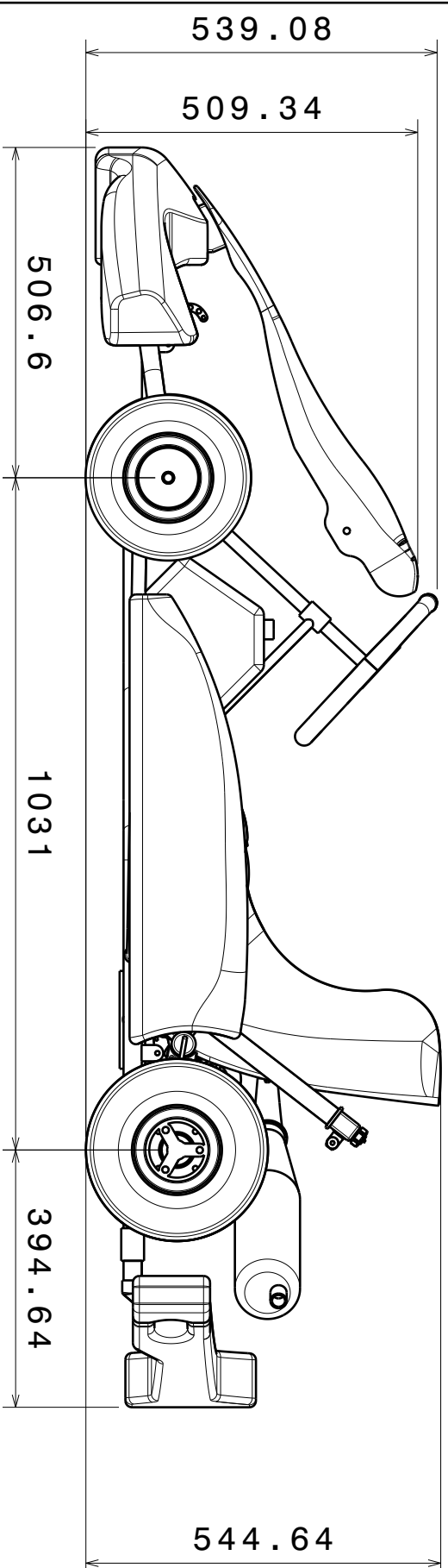
Tabla 7.5. Presupuesto total

Diseñado y fabricado			
Nº	Denominación	Nº Plano	Cantidad
01	Conjunto chasis	8/11	1
02	SopORTE portón izquierdo	11/11	1
03	SopORTE portón derecho	11/11	1

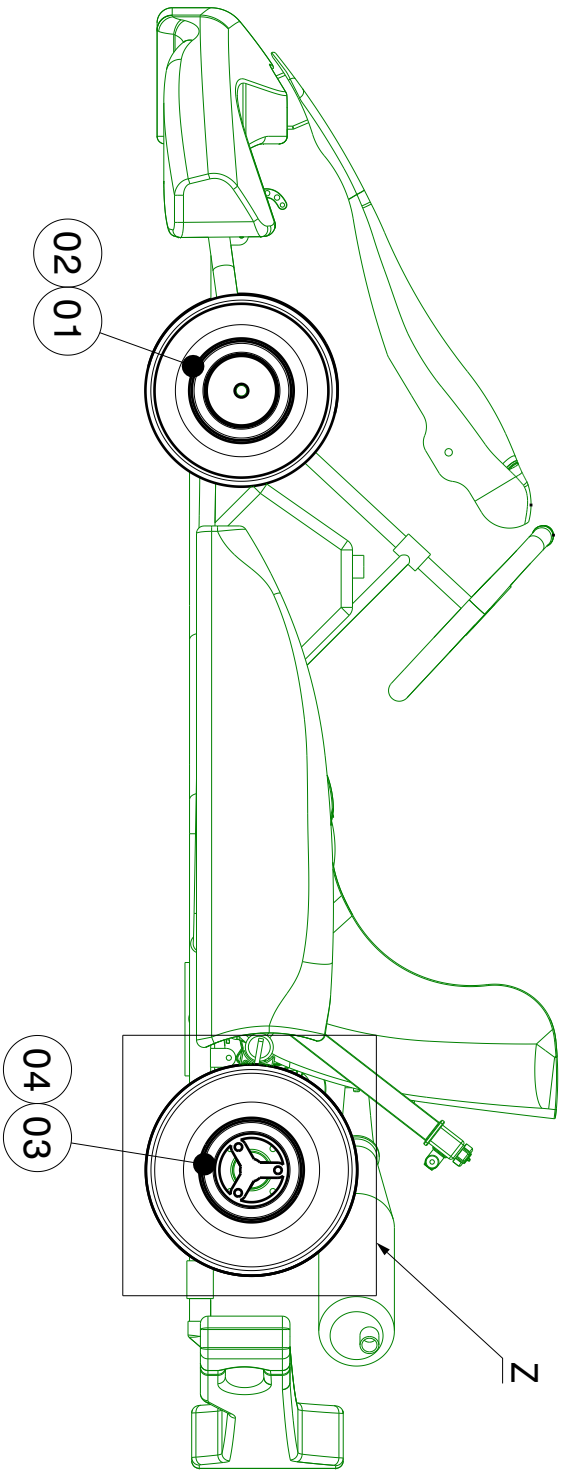


Origen comercial		
Nº	Denominación	Cantidad
04	Motor	1
05	Conjunto rueda delantera	2
06	Conjunto rueda trasera	2
07	Conjunto eje trasero	1
08	Conjunto dirección	1
09	Asiento	1
10	Sistema de frenos	1
11	Kit de carrocería	1
12	Depósito	1
13	Suelo	1
14	Radiador	1
15	Tubo de escape	1
16	Conjunto pedales	1

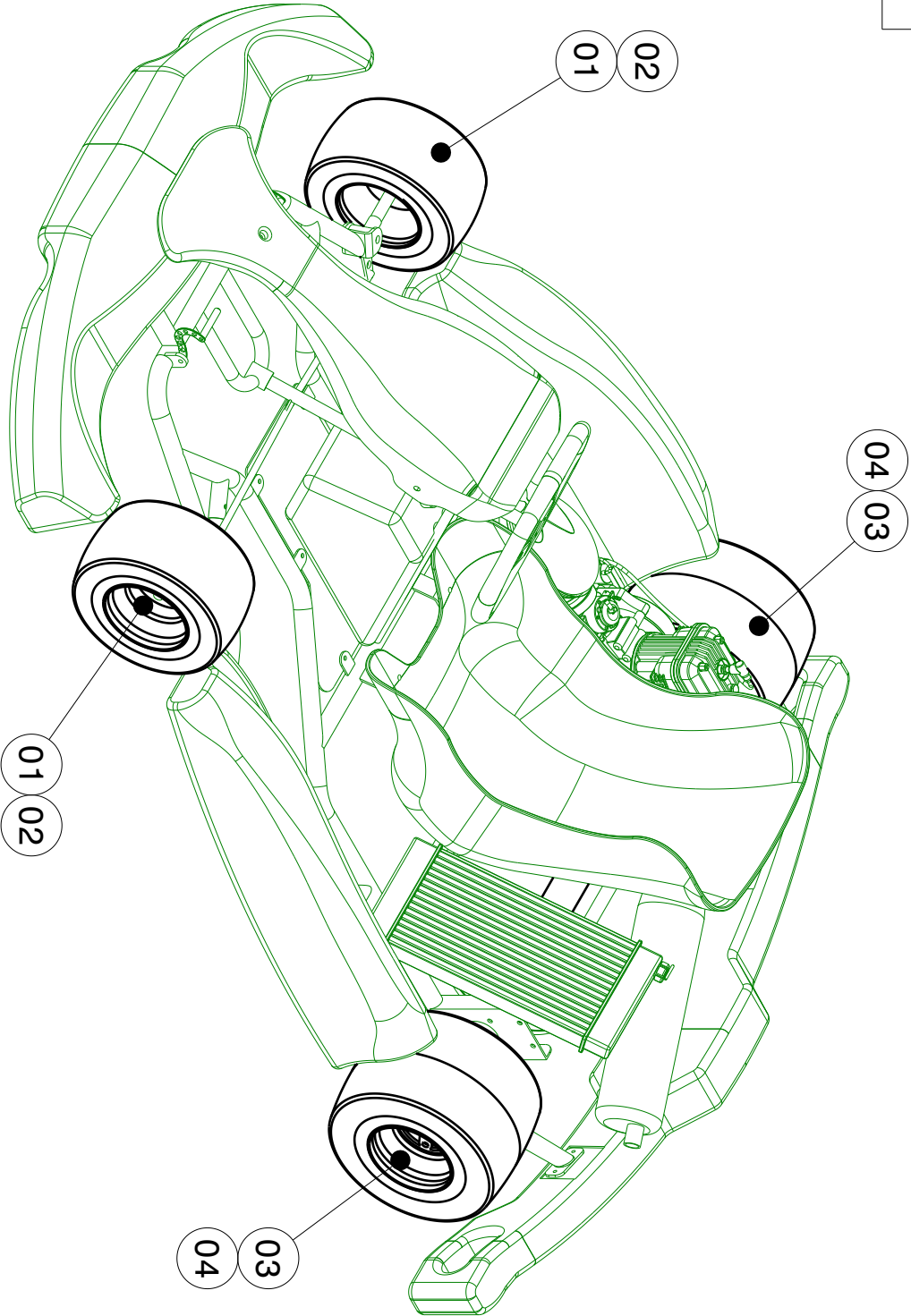
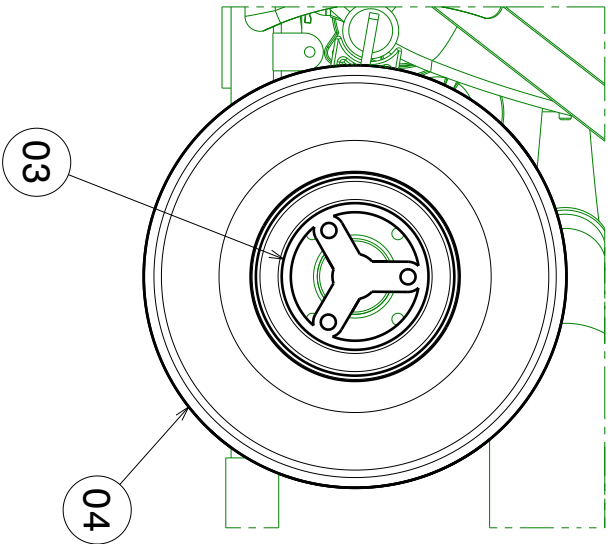
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUADO	27	Diego		
COMPROBADO	08	Pérez		
	2016	Monteagudo		
ESCALA:	Diseño y análisis de un kart de competición Kart			Nº PLANO 01 / 11
1 : 10				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	27	Diego		
COMPROBADO	08	Pérez		
	2016	Monteagudo		
ESCALA:	Diseño y análisis de un kart de competición			Nº PLANO
1:10	Medidas generales del kart			02/11
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



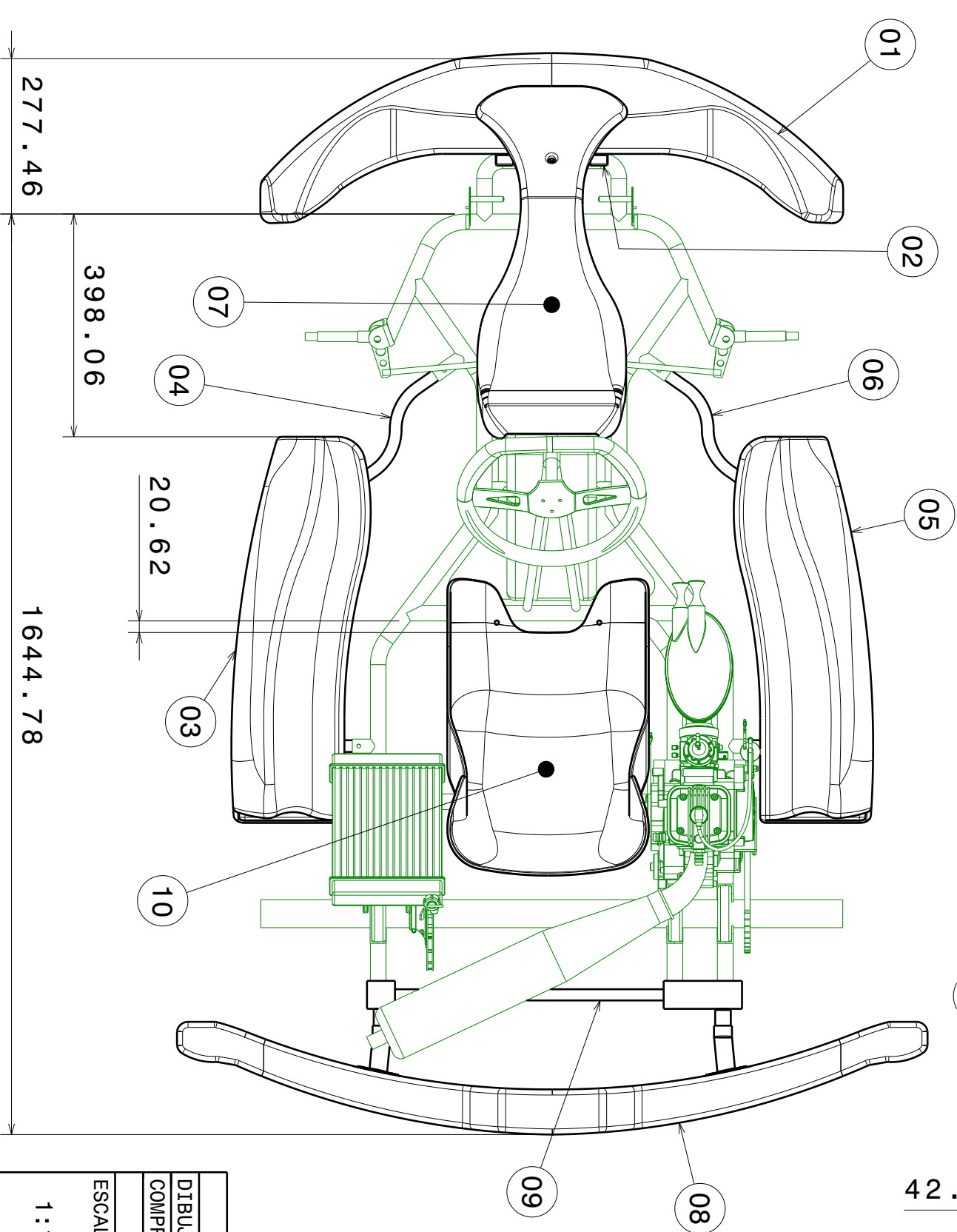
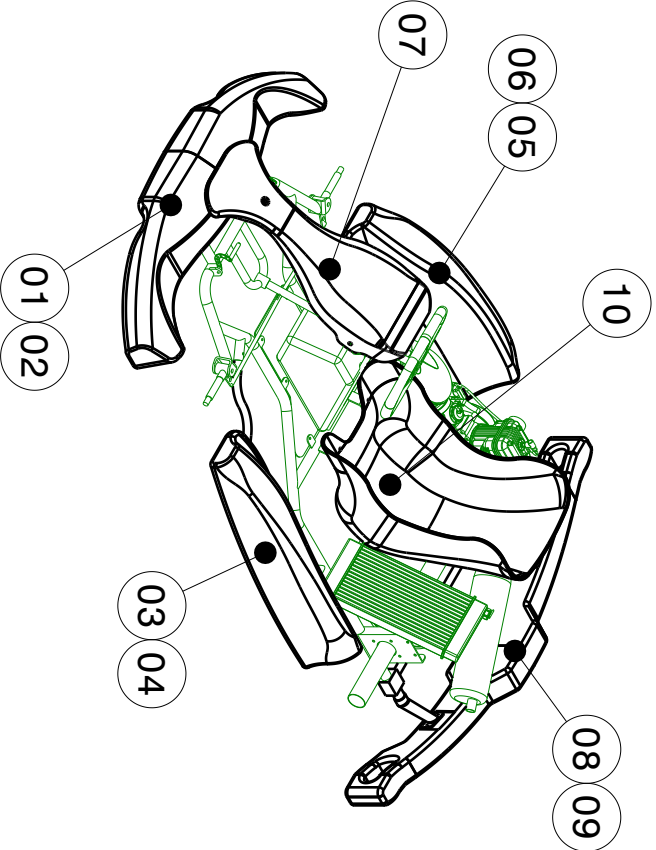
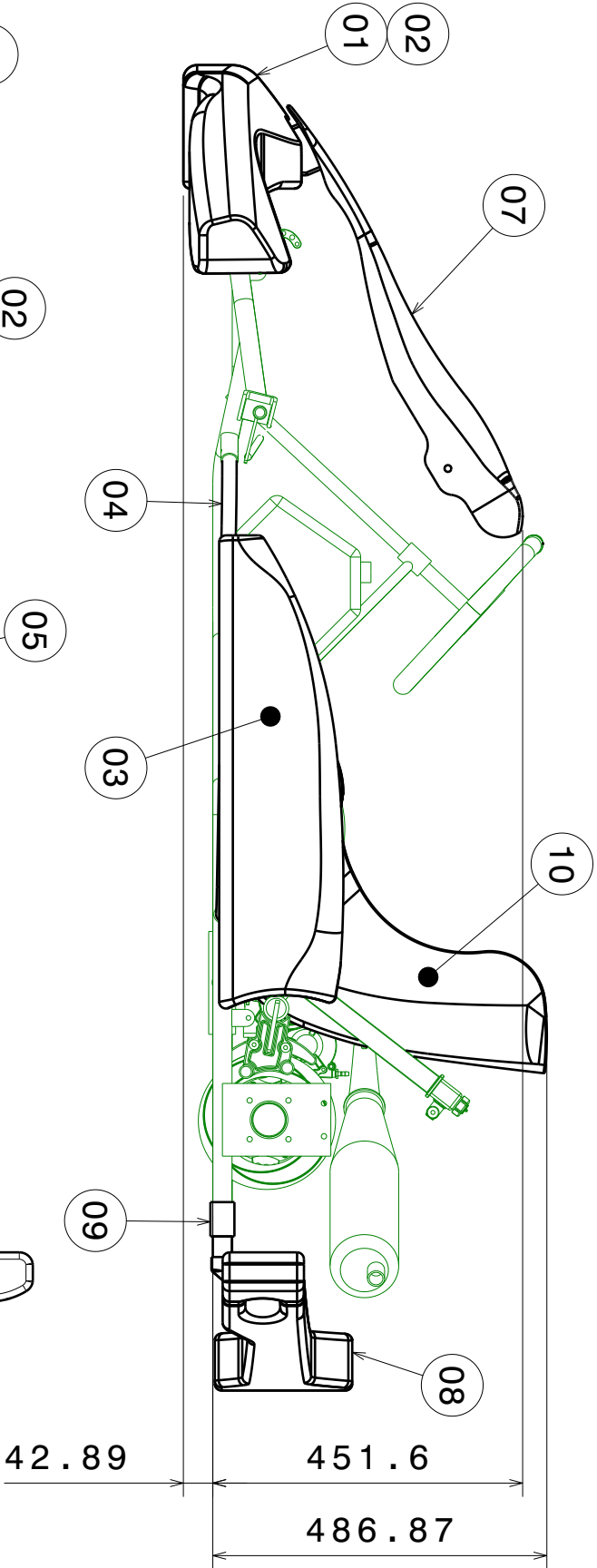
Detalle Z
Escala: 1:5



Nº	Denominación	Cantidad
01	Llanta delantera	2
02	Reumatico delantero	2
03	Llanta trasera	2
04	Reumatico trasero	2

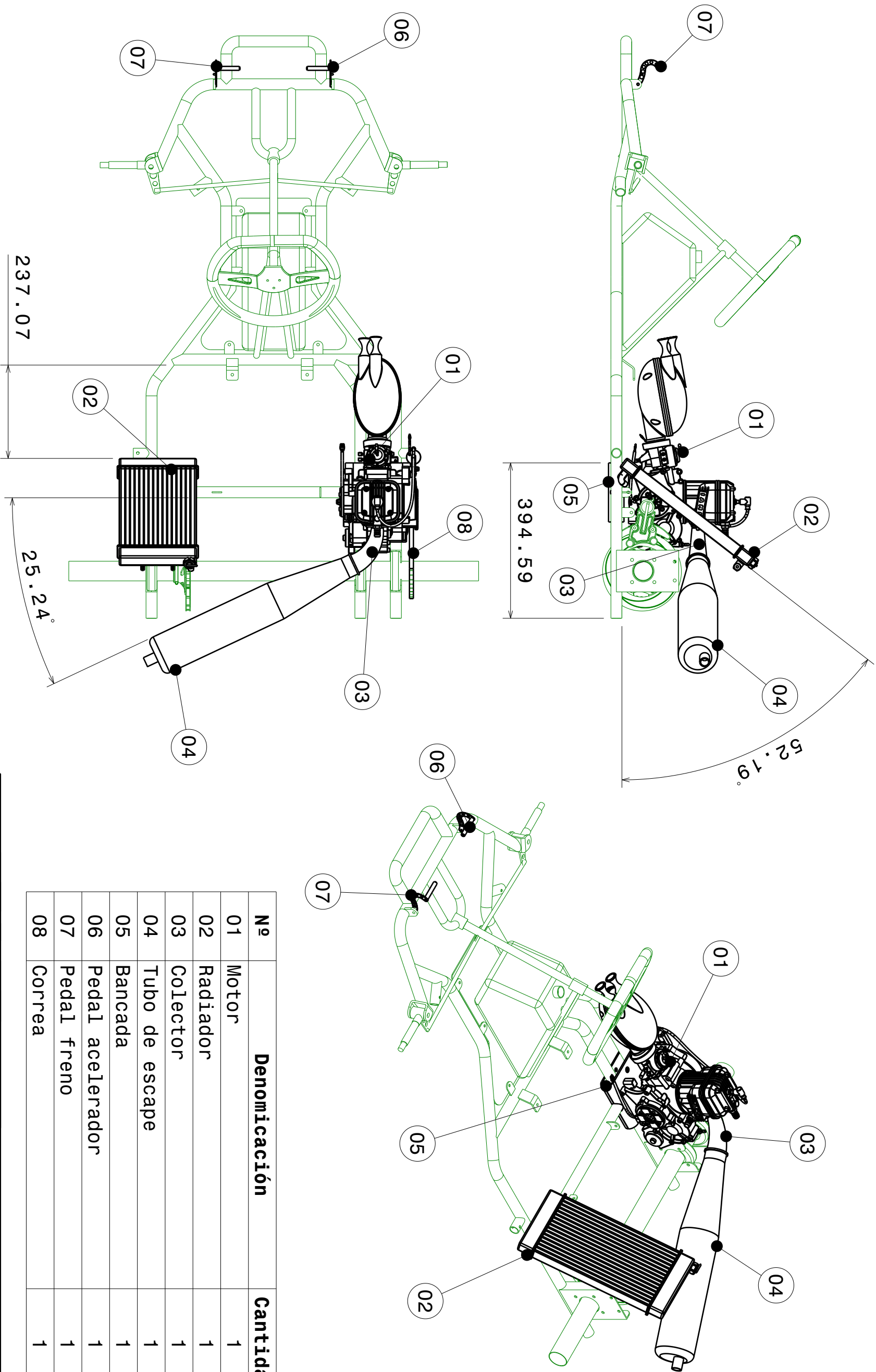
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	27	Diego			
COMPROBADO	08	Pérez			
	2016	Monteagudo			
ESCALA: 1:10				Diseño y análisis de un kart de competición	
				Montaje de las ruedas	
				Nº PLANO 03/11	
				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	

Vista isométrica
Escala: 1:20

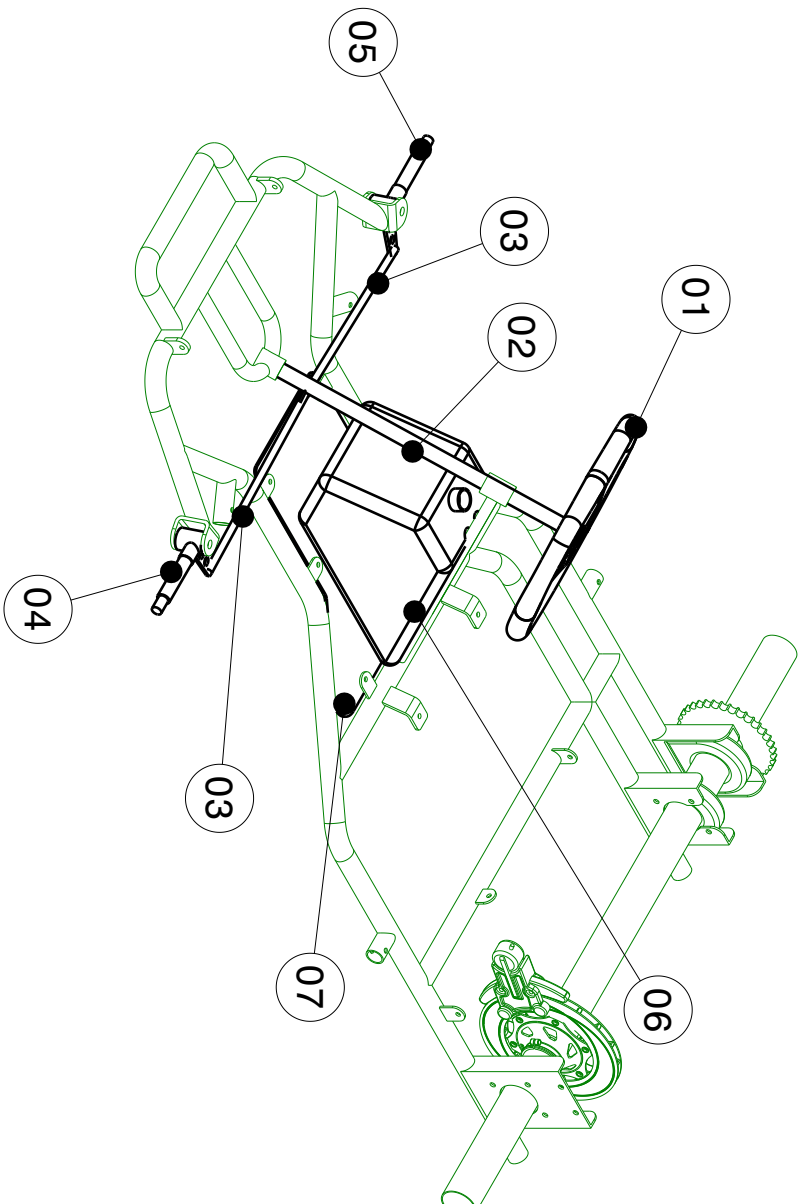
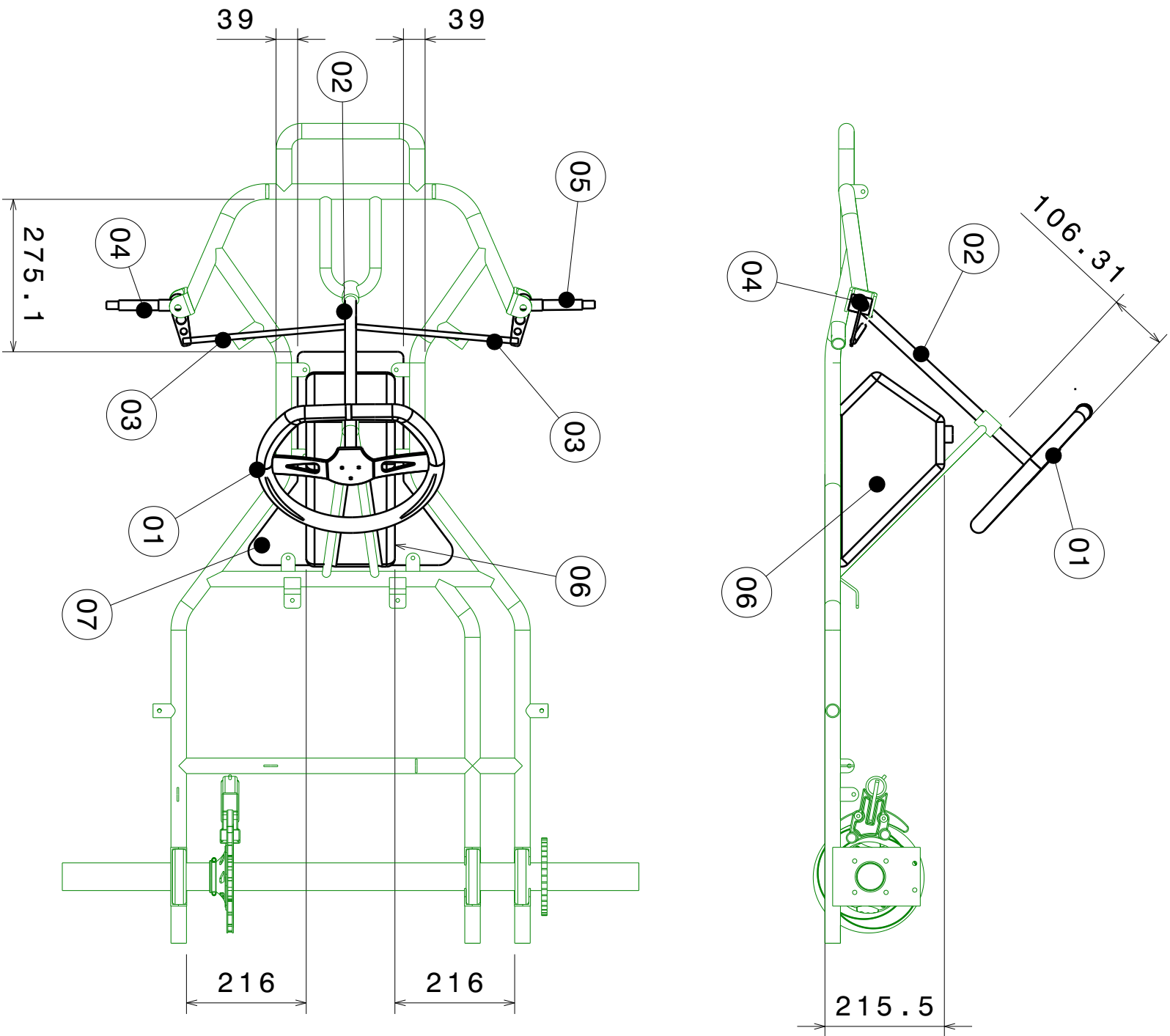


Nº	Denominación	Cantidad
01	Spoiler delantero	1
02	Soporte spoiler delantero	1
03	Pontón izquierdo	1
04	Soporte pontón izquierdo	1
05	Pónton derecho	1
06	Soporte pontón derecho	1
07	Portanúmeros	1
08	Paragolpes trasero	1
09	Soporte paragolpes trasero	1
10	Asiento	1

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUADO	27	Diego			
COMPROBADO	08	Pérez			
	2016	Monteagudo			
ESCALA:				Diseño y análisis de un kart de competición	
1:10				Montaje del asiento y la carrocería	
				Nº PLANO 04/11	
				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	

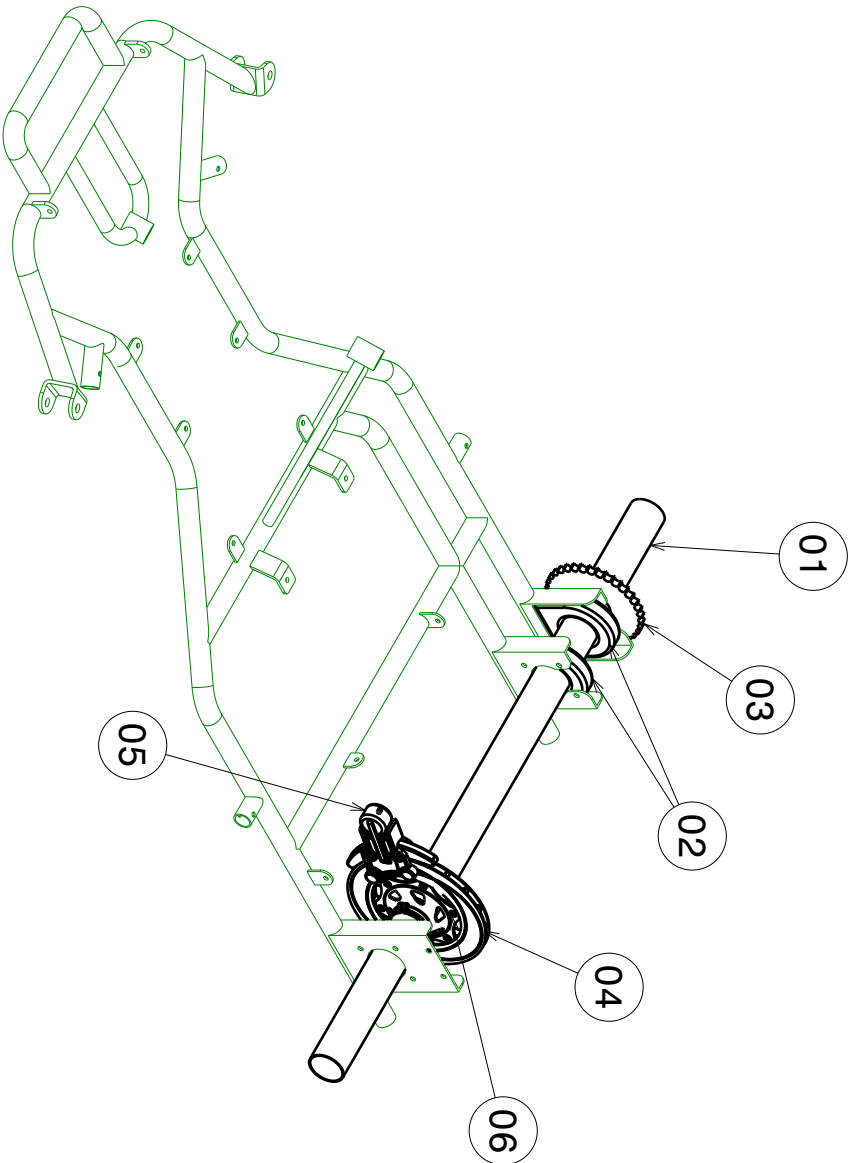
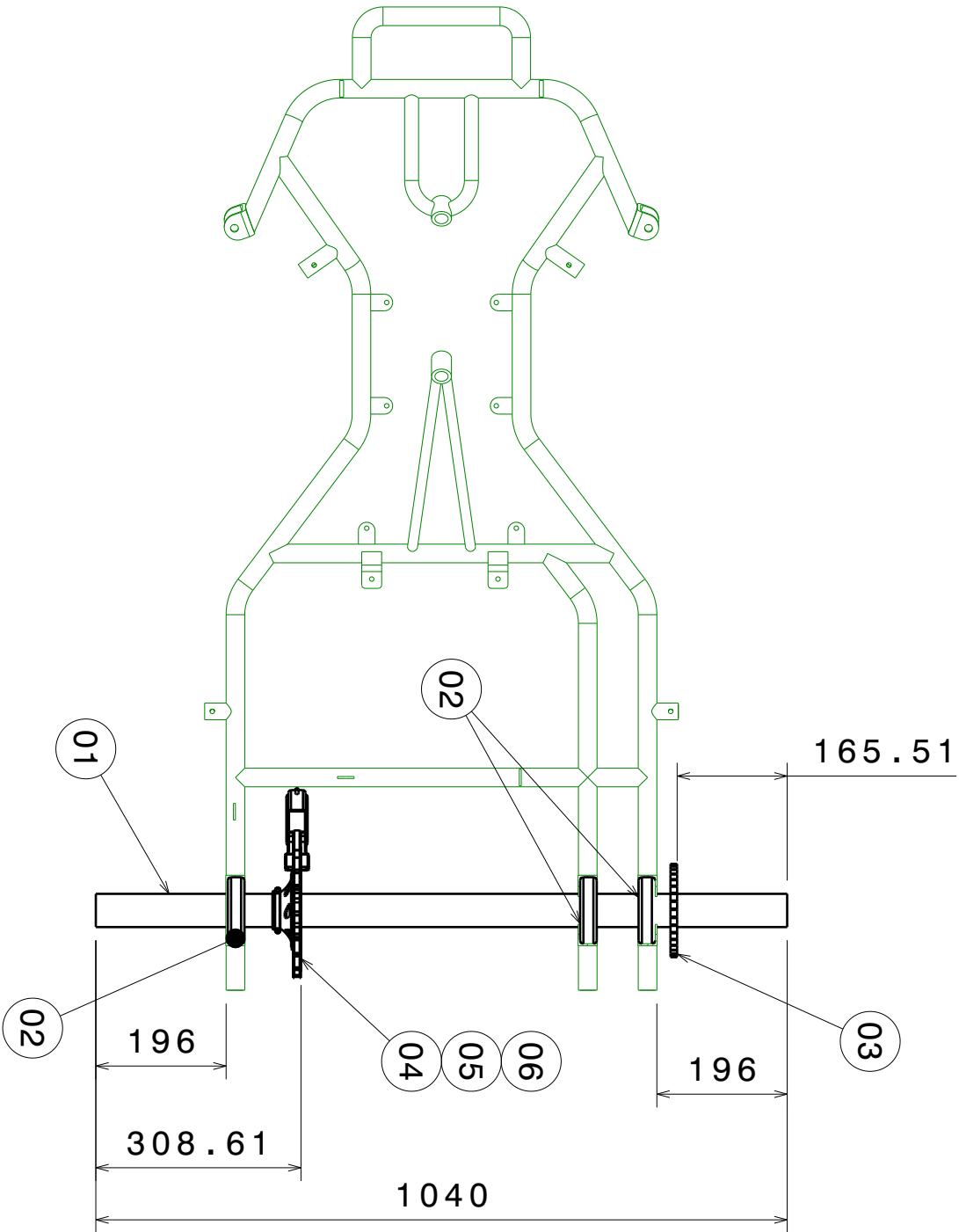
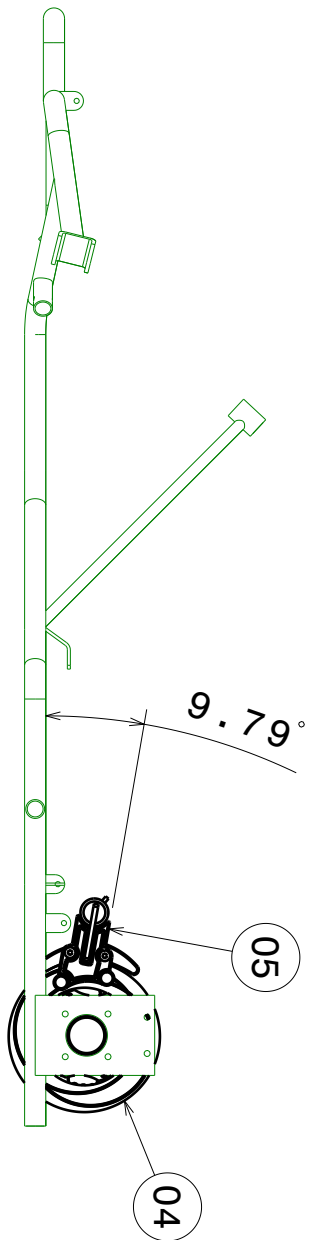


	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	27	Diego			
COMPROBADO	08	Pérez			
	2016	Monteagudo			
ESCALA:				Diseño y análisis de un kart de competición	
1:10				Montaje del motor, escape, radiador y los pedales	
				Nº PLANO	05/11
				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	



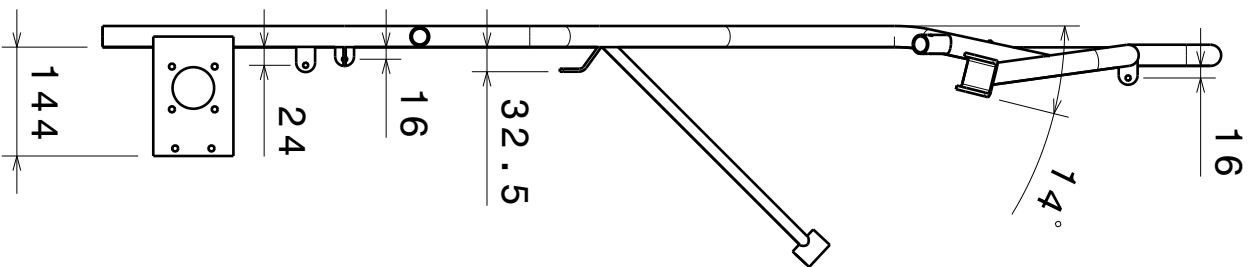
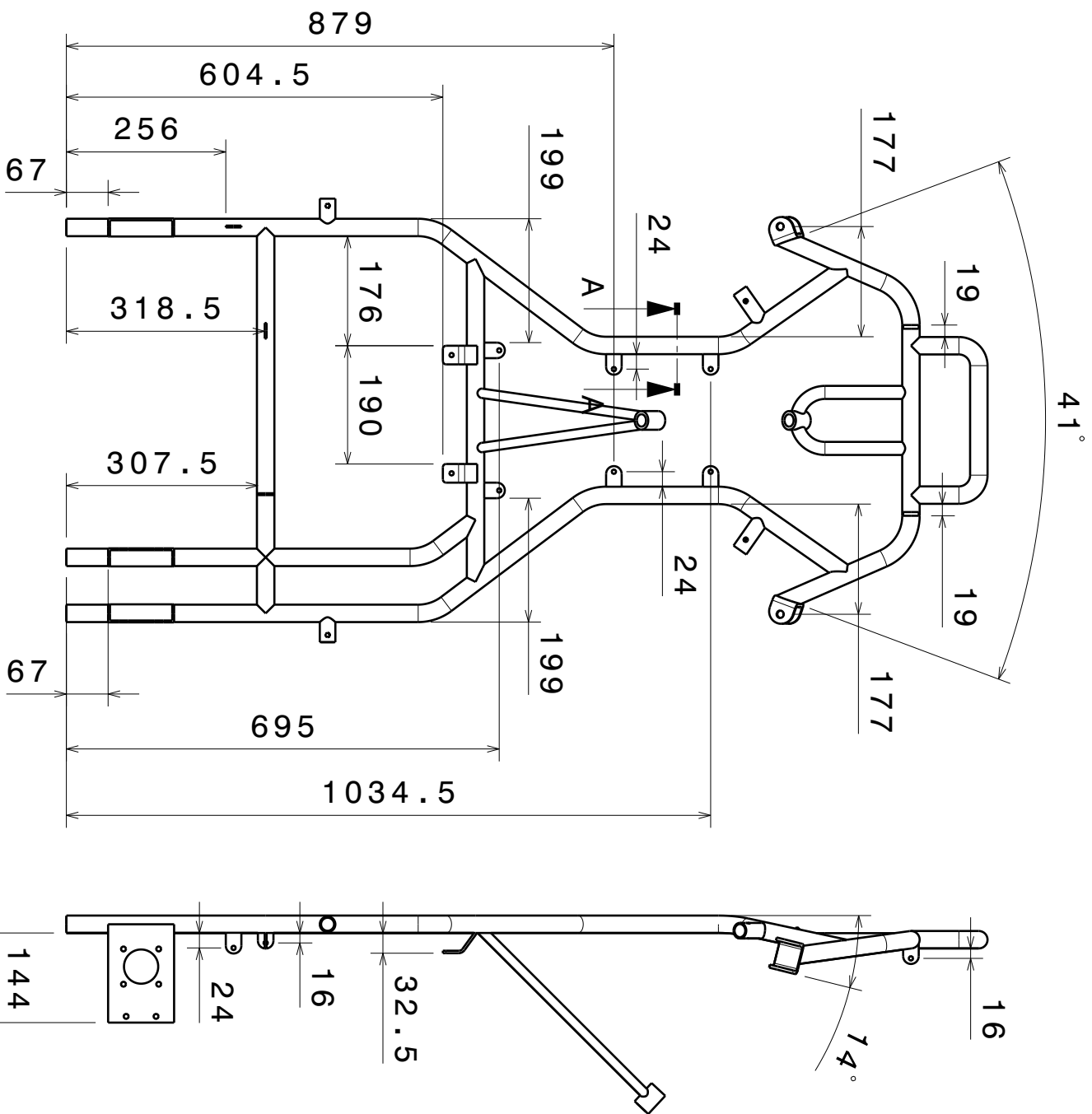
Nº	Denominación	Cantidad
01	Volante	1
02	Columna de dirección	1
03	Varilla de dirección	2
04	Mangueta izquierda	1
05	Mangueta derecha	1
06	Depósito	1
07	Suelo	1

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	27	Diego			
COMPROBADO	08	Pérez			
	2016	Monteagudo			
ESCALA:				Diseño y análisis de un kart de competición	
1:10				Montaje de la dirección, suelo y depósito	
				Nº PLANO 06/11	
				SUSTITUYE A: SUSTITUIDO POR:	

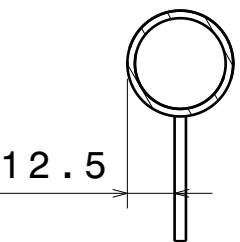


Nº	Denominación	Cantidad
01	Eje trasero	1
02	Portarodamientos	3
03	Corona	1
04	Disco de freno	1
05	Pinza de freno	1
06	Soporte disco de freno	1

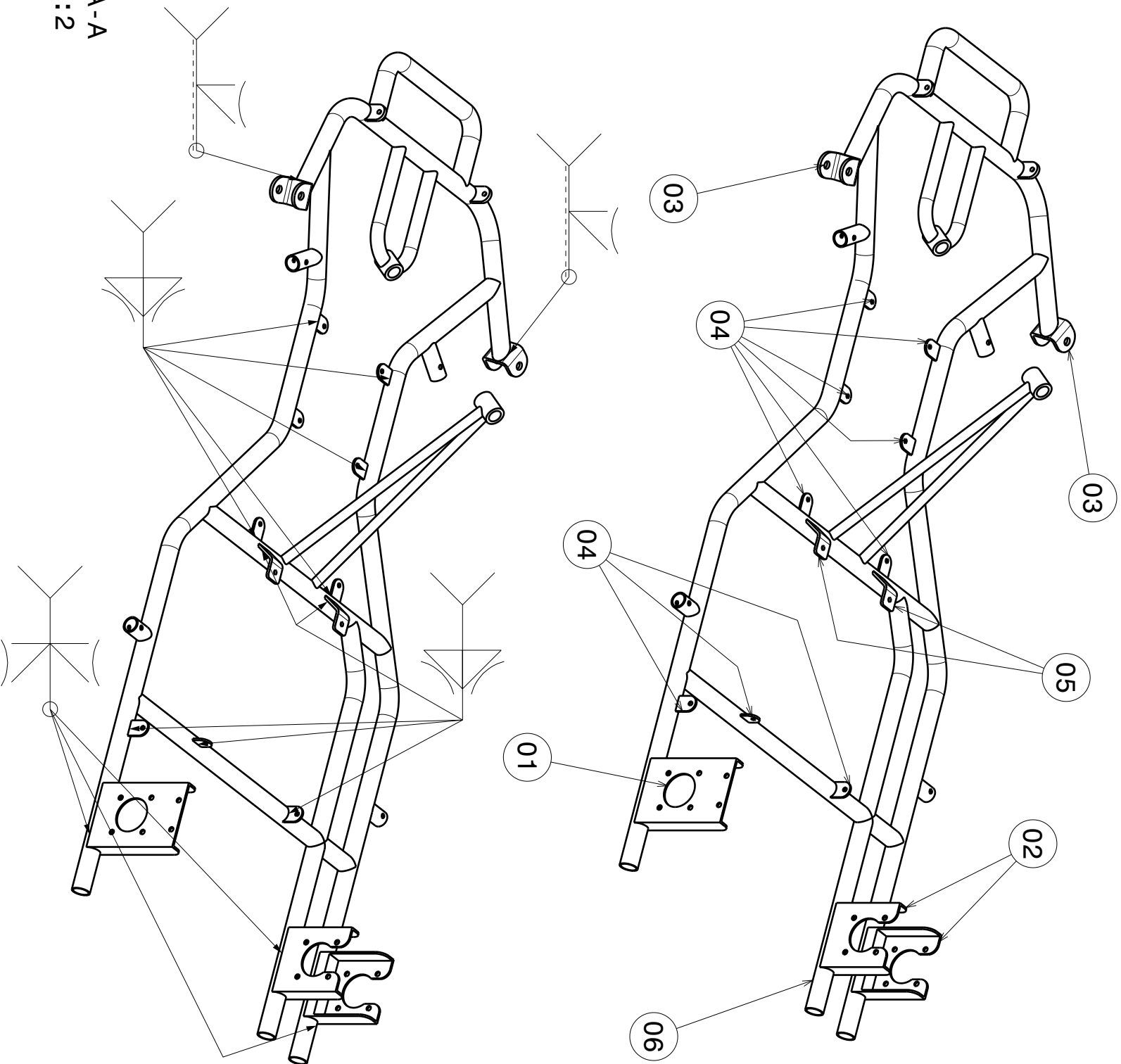
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	27	Diego		
COMPROBADO	08	Pérez		
	2016	Monteagudo		
ESCALA:	Diseño y análisis de un kart de competición Montaje del eje trasero y el sistema de freno			Nº PLANO 07/11
1:10				
	SUSTITUYE A:			
	SUSTITUIDO POR:			



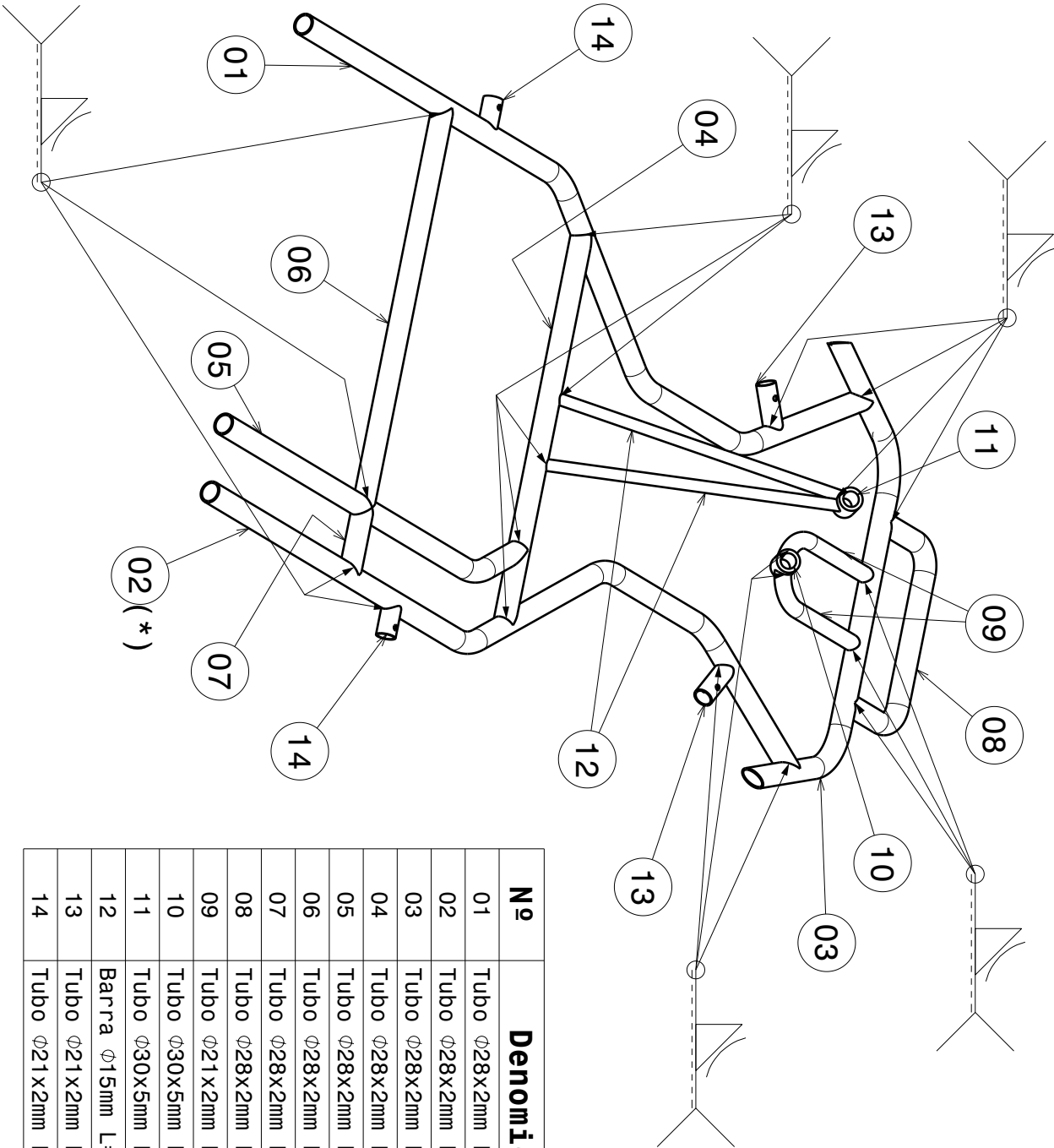
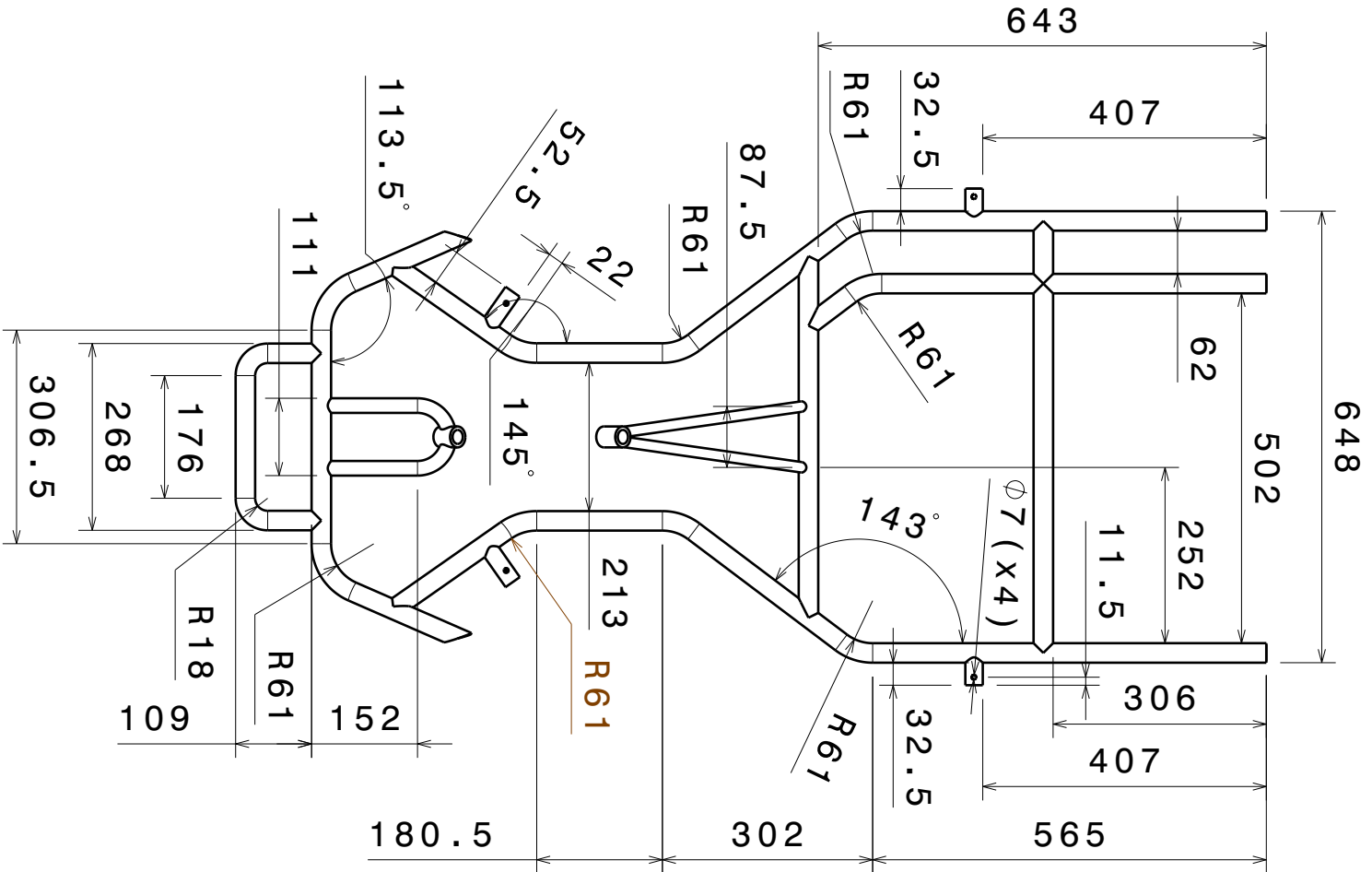
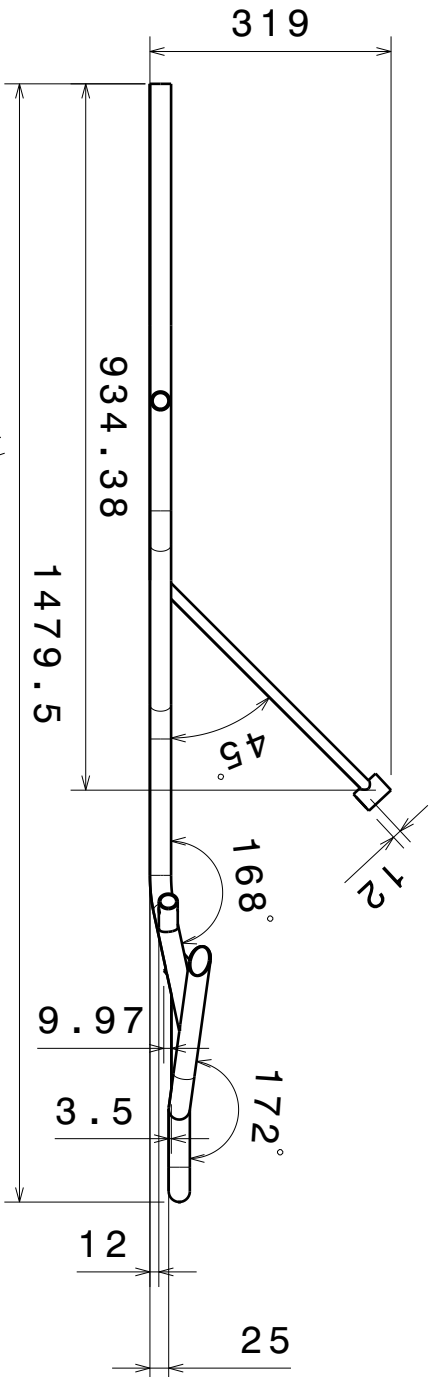
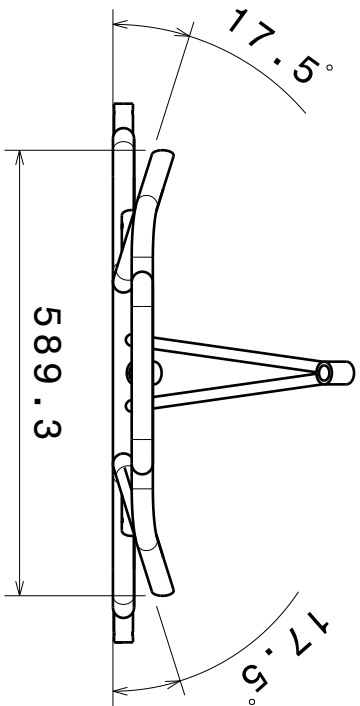
Sección A-A
Escala 1:2



Nº	Denominación	Cant.
01	Soporte eje trasero 1	1
02	Soporte eje trasero 2	2
03	Soporte mangueta	2
04	Pletina	11
05	Pletina curvada	2
06	Estructura chasis	1



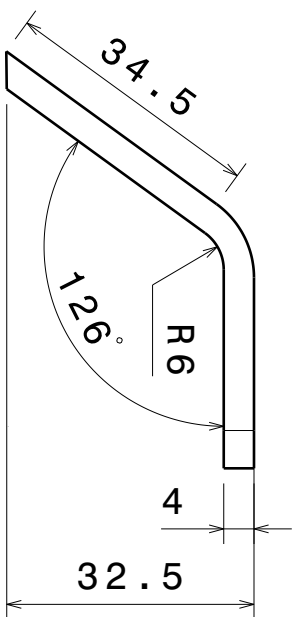
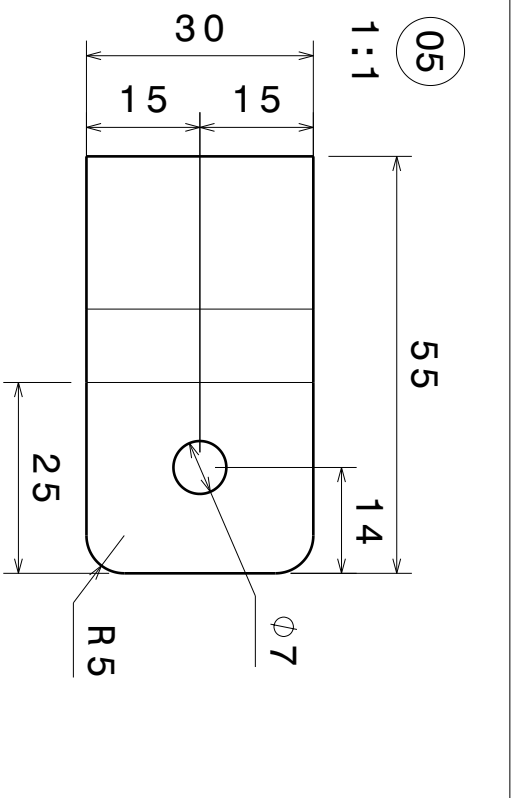
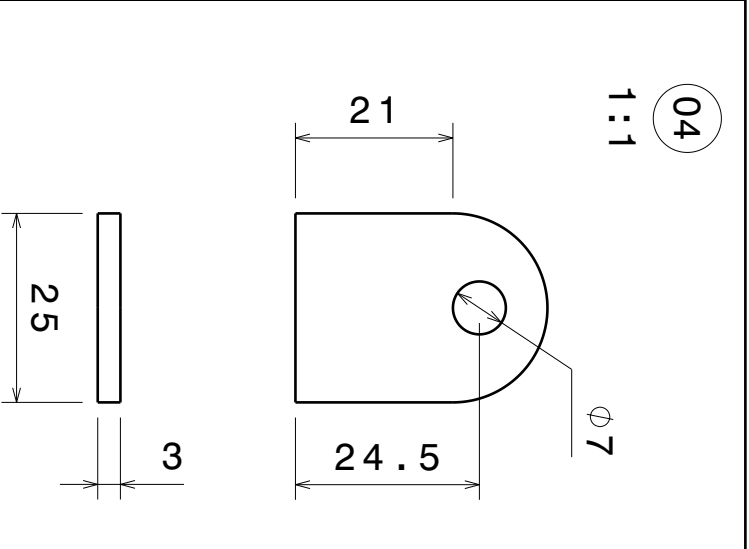
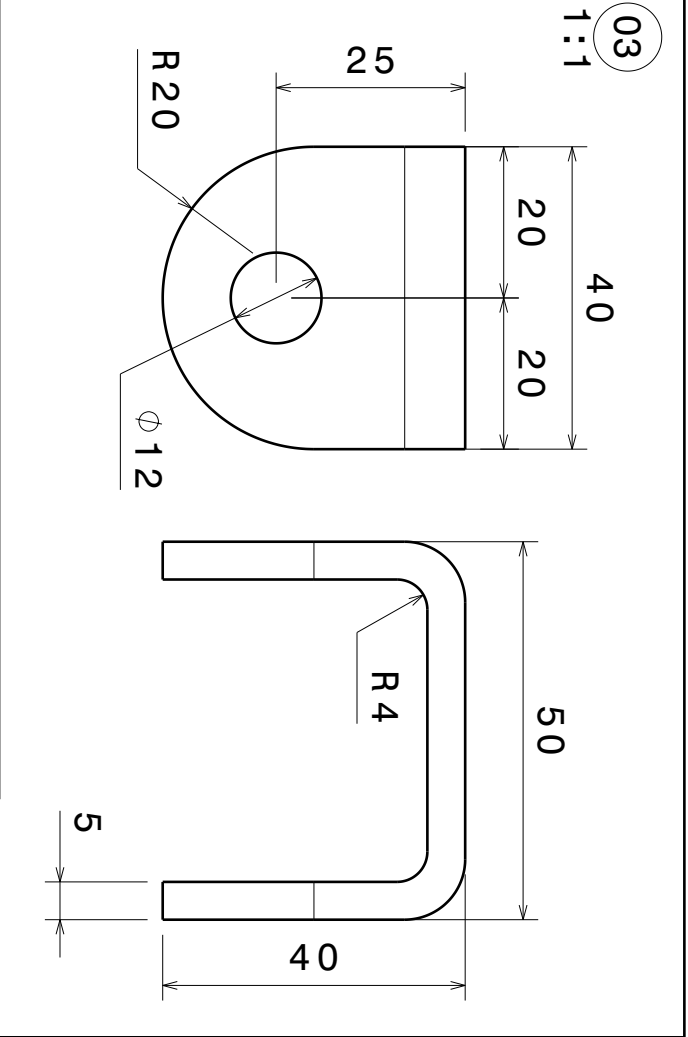
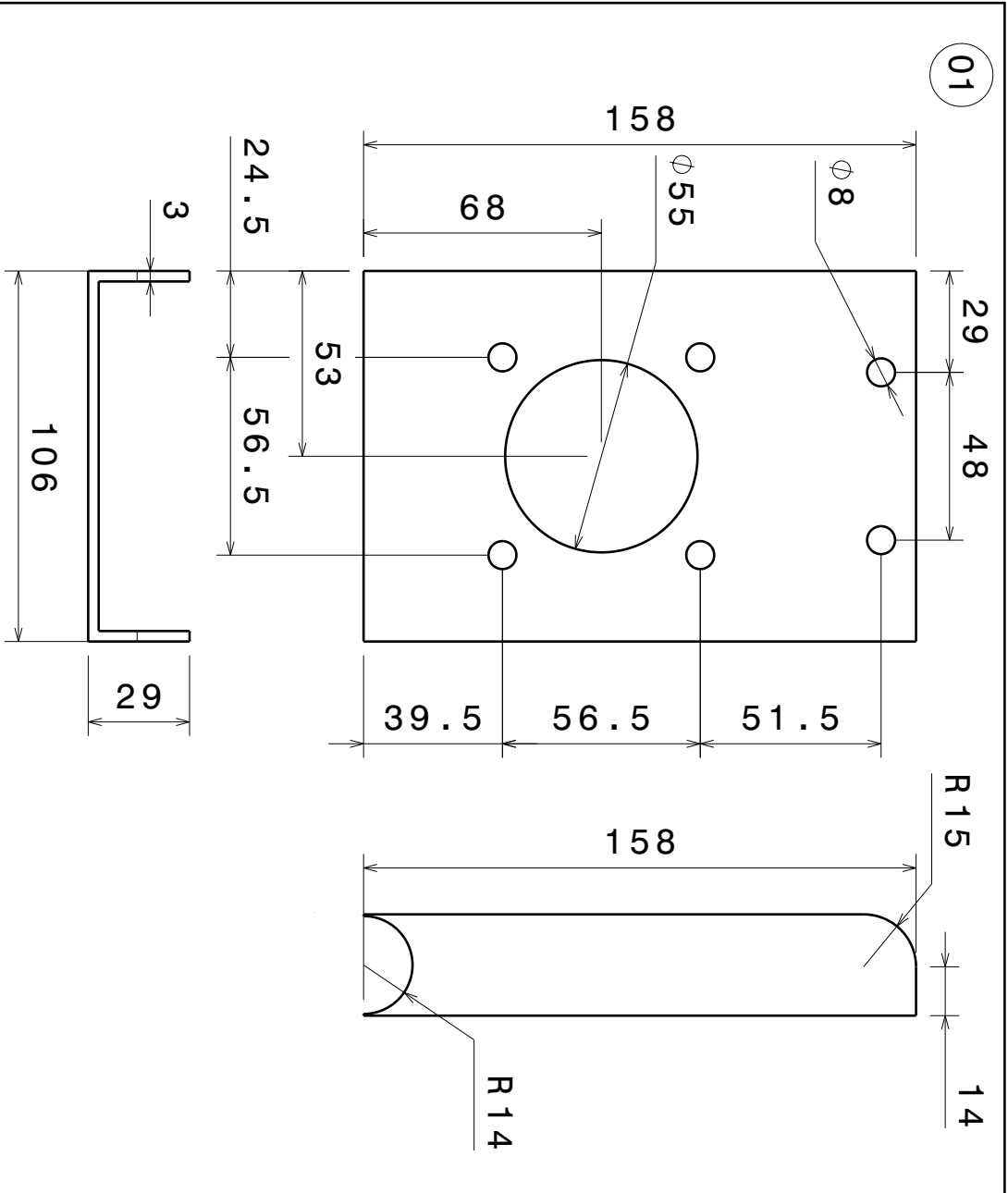
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUADO	27	Diego			
COMPROBADO	08	Pérez			
2016		Monteagudo			
ESCALA: 1:10				Diseño y análisis de un kart de competición	
				Conjunto chasis	
				Nº PLANO 08/10	
				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	



Nº	Denominación	Cant.
01	Tubo $\varnothing 28 \times 2 \text{ mm}$ L=1355 mm	1
02	Tubo $\varnothing 28 \times 2 \text{ mm}$ L=1355 mm	1
03	Tubo $\varnothing 28 \times 2 \text{ mm}$ L=851 mm	1
04	Tubo $\varnothing 28 \times 2 \text{ mm}$ L=519 mm	1
05	Tubo $\varnothing 28 \times 2 \text{ mm}$ L=675.5 mm	1
06	Tubo $\varnothing 28 \times 2 \text{ mm}$ L=530 mm	1
07	Tubo $\varnothing 28 \times 2 \text{ mm}$ L=90 mm	1
08	Tubo $\varnothing 28 \times 2 \text{ mm}$ L=431 mm	1
09	Tubo $\varnothing 21 \times 2 \text{ mm}$ L=209 mm	2
10	Tubo $\varnothing 30 \times 5 \text{ mm}$ L=35 mm	1
11	Tubo $\varnothing 30 \times 5 \text{ mm}$ L=40 mm	1
12	Barra $\varnothing 15 \text{ mm}$ L=398 mm	2
13	Tubo $\varnothing 21 \times 2 \text{ mm}$ L=70 mm	2
14	Tubo $\varnothing 21 \times 2 \text{ mm}$ L=46 mm	2

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	27	Diego			
COMPROBADO	08	Pérez			
	2016	Monteagudo			
ESCALA:			Diseño y análisis de un kart de competición		
1:10			Estructura chasis		
			Nº PLANO		
			09/11		
			SUSTITUYE A:		
			SUSTITUIDO POR:		

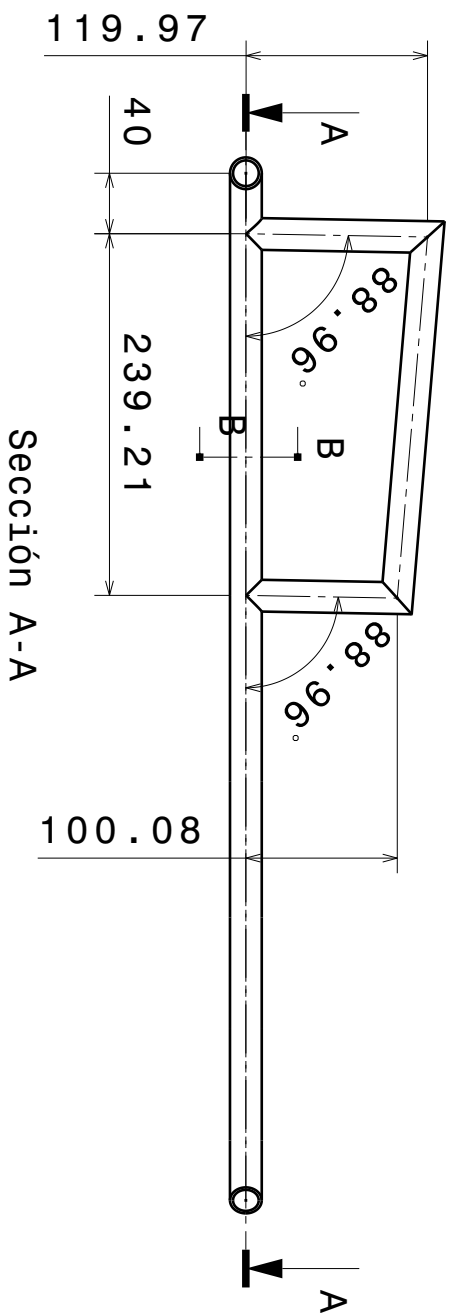
(*) Marca simétrica a la marca 01



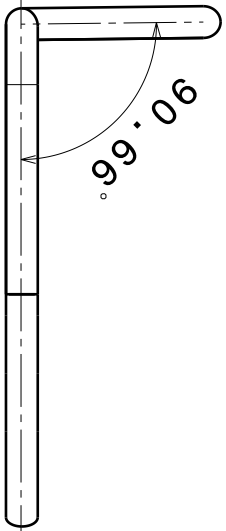
Nº	Denominación
01	Soporte eje trasero 1
02	Soporte eje trasero 2
03	Soporte mangueta
04	Pletina
05	Pletina curvada

FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	27	Diego		
COMPROBADO	08	Pérez		
2016		Monteagudo	Diseño y análisis de un kart de competición	
ESCALA:		1:2		
1:2		Soportes del chasis		
Nº PLANO			10/11	
SUSTITUYE A:			SUSTITUIDO POR:	

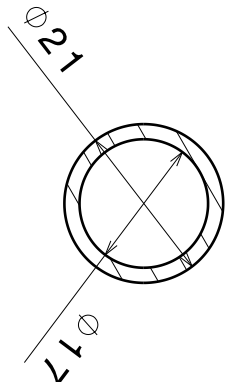
01



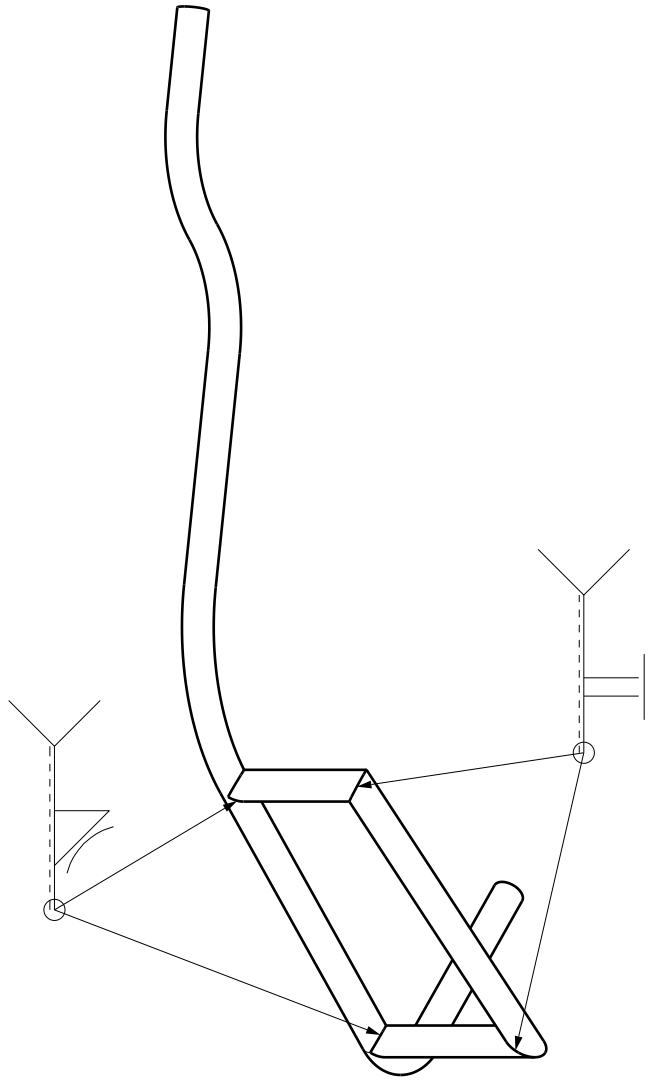
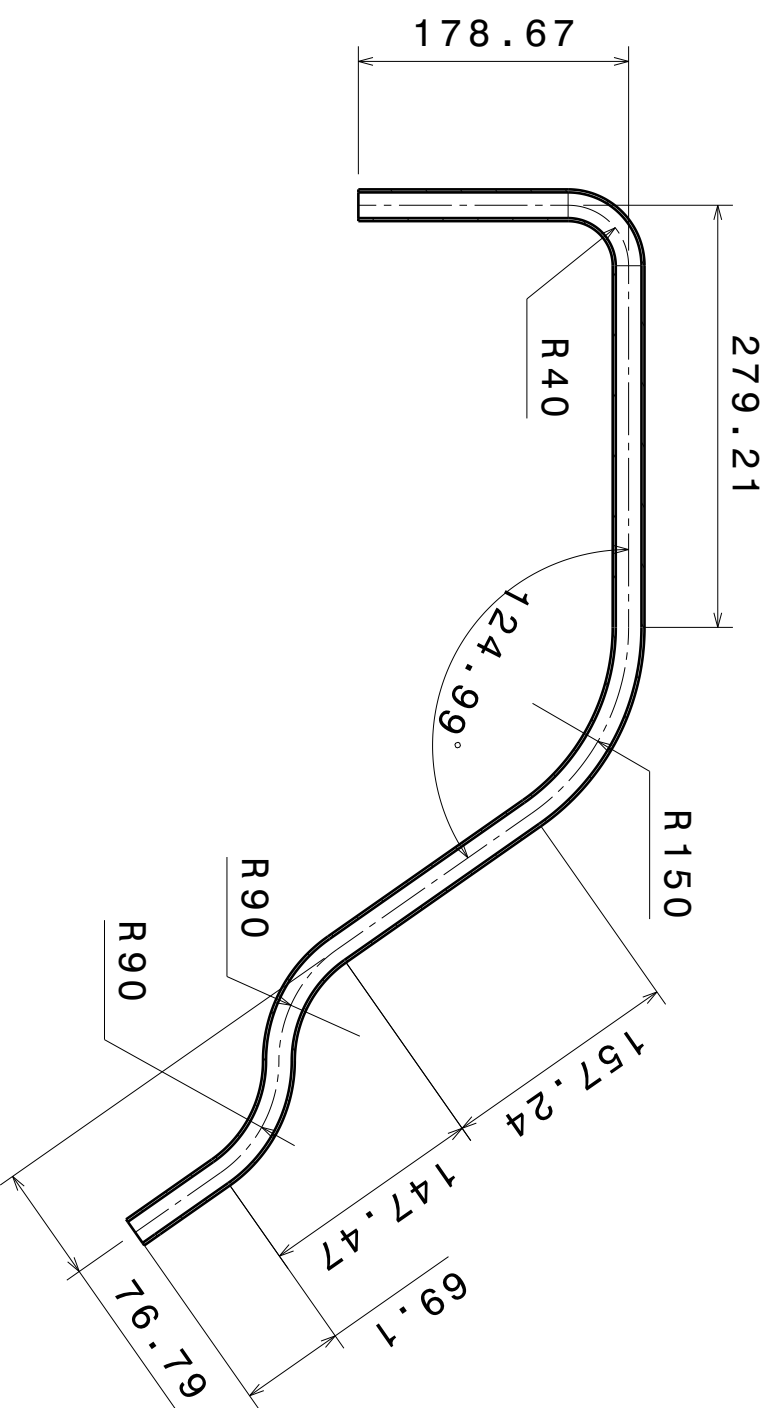
Sección A-A



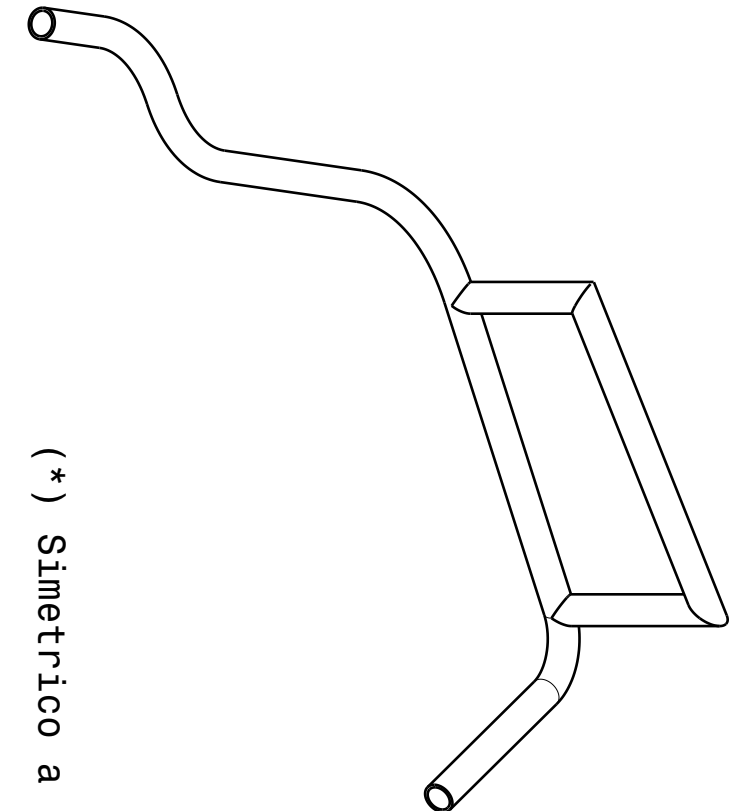
Sección B-B
Escala: 1:1



02



Nº	Denominación
01	Soporte del portón izquierdo
02	Soporte del portón derecho



(*) Simétrico a la marca 01

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	27	Diego			
COMPROBADO	08	Pérez			
	2016	Monteagudo			
ESCALA:				Nº PLANO	
1:5				11/11	
				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	

Diseño y análisis de un kart de competición
Soportes de los portones laterales