

Proyecto Fin de Grado

Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales

Diseño, fabricación y ensamblaje de un sistema de transmisión de potencia en un monoplaza de competición tipo Formula Student

Autor: Fernando Osuna Moyano

Tutor: Alfredo Navarro Robles

Dep. Ingeniería Mecánica y Fabricación
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2017



Proyecto Fin de Grado
Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales

Diseño, fabricación y ensamblaje de un sistema de transmisión de potencia en un monoplaza de competición tipo Formula Student

Autor:

Fernando Osuna Moyano

Tutor:

Alfredo Navarro Robles

Catedrático

Dep. de Ingeniería Mecánica y Fabricación

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2017

Proyecto Fin de Carrera: Diseño, fabricación y ensamblaje de un sistema de transmisión de potencia en un monoplaza de competición tipo Formula Student

Autor: Fernando Osuna Moyano

Tutor: Alfredo Navarro Robles

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2017

El Secretario del Tribunal

A mi familia

A mis amigos

A mis profesores

Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría dar las gracias a mis padres, sin los cuáles no estaría ahora entregando este proyecto. Desde pequeño, me han inculcado unos valores de esfuerzo, sacrificio y lucha por lo que uno quiere y desea, sobre todo, que no hay cosa más importante en este mundo por la que luchar que por ser feliz. Me han apoyado en todas las decisiones que llevo tomadas a lo largo de mi corta vida, y sé que lo seguirán haciendo, aunque alguna de ellas signifique estar fuera de casa por un largo período de tiempo. Agradecer también la paciencia y apoyo a mi hermana, la que más me ha sufrido sin duda y la que, junto a mis padres, han sido las personas que han estado presentes en mi día a día. GRACIAS A LOS TRES.

GRACIAS a todos mis amigos, de los cuales puedo estar orgulloso de haber podido contar siempre con ellos, tanto para despejarme como para desahogarme cuando uno lo ha necesitado. Ellos han sido los que me han ayudado a desconectar de mi rutina. Ellos han sido los que siempre se han quejado las veces me quedaba pegado a un coche en lugar de tomar una cerveza, pero los que siempre me han comprendido y me han animado a seguir.

GRACIAS a la ETSI y su profesorado, por formarme a mí y a mis compañeros como personas capaces de afrontar cualquier reto, por exigirnos más de lo que se imparte y hacer que cada asignatura sea un reto. Cuando uno está inmerso en ese reto, a nadie le gusta ‘estrellarse’, pero con el tiempo y cuando uno sale fuera, valora lo que es capaz de hacer y el no tener miedo a afrontar lo que un futuro contrato le depare.

GRACIAS a Igna, Enrique, y todas esas personas que hicieron realidad esta bendita locura llamada ARUS. Más que un equipo, ha sido una familia en la que todos hemos fallado y tenido nuestros problemas, los cuales, se han solucionado gracias al apoyo y la ilusión del resto de sus miembros, haciéndole a uno cambiar la forma de afrontar la vida. Porque sólo nosotros sabemos lo que ésto significa. Porque por mucho que expliquemos o hablemos del equipo, nunca nadie ajeno a esto nos ha entendido ni nos entenderá, ni siquiera nuestros padres lo han llegado a hacer. Gracias a todos aquellos que durante estos 5 inolvidables años de vida del proyecto se han dejado el alma para sacarlo año tras año adelante, no hace falta nombrarlos, ellos saben perfectamente quién son. Sólo entiene tu locura, quien comparte tu pasión.

Fernando Osuna Moyano

Sevilla, 2017

Agradecimientos	9
Índice	11
1 Introducción	11
1.1. <i>Objetivos</i>	15
1.2. <i>Tareas a desarrollar</i>	16
2 ART-15	17
2.1. <i>Descripción Técnica General</i>	18
2.1.1 Aerodinámica	19
2.1.2 Chasis	21
2.1.3 Interior	21
2.1.4 Motor	21
2.1.5 Suspensión	22
2.2. <i>Sistema de Transmisión de Potencia</i>	22
3 Elección del Diferencial	24
3.1. <i>Tipos de Diferencial</i>	24
3.1.1. Diferencial Convencional	24
3.1.2. Diferencial Autoblocante	25
3.2. <i>Elección del Diferencial</i>	27
4 Elección de los Rodamientos	30
5 Elección Sistema Tensado de Cadena	32
6 Diseño de los Soportes del Diferencial	34
7 Diseño Estrella de la Corona	40
8 Otros elementos	43
3.1. <i>Piñón - Cadena - Corona</i>	43
3.2. <i>Puntas del Diferencial - Tripods - Palieres - Circlips - Fuelles (Guardapolvos)</i>	49
3.3. <i>Cubrecadena</i>	52
9 Ensamblaje	54
10 Imprevistos durante el Ensamblaje	65
11 Problemas en Fase de Test	69
12 Mantenimiento	73

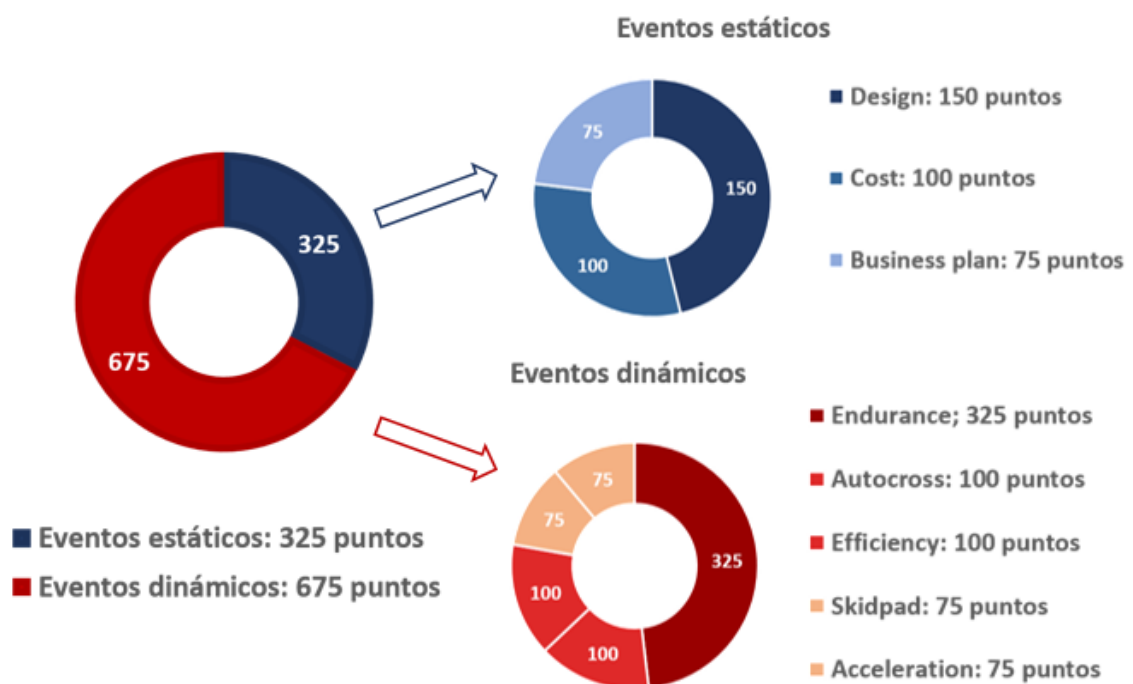
1 INTRODUCCIÓN

En este documento se recoge el trabajo académico realizado por el alumno que suscribe desarrollado durante el curso académico 2014-2015 como integrante de un equipo que participa en una competición internacional entre Universidades de todo el mundo, que tiene por objeto el diseño, construcción y puesta a punto de un vehículo monoplaza de acuerdo con los estándares denominado *Formula Student*.

La *Formula Student* se trata de una competición automovilística universitaria a nivel mundial en la que participan más de 600 escuelas a las que se les reta a diseñar, fabricar y ensamblar un monoplaza con el que competir, no sólo en la pista sino también a nivel de teórico y técnicos en las distintas pruebas dinámicas y estáticas en las que se divide dicha competición.

Estas pruebas consistirán en:

- **Pruebas estáticas:** Se evalúan diferentes aspectos empezando por el propio diseño del monoplaza en relación a los objetivos que el propio equipo establece a principio de temporada siguiendo las reglas marcadas por la propia competición; por otro lado un desarrollo de todos y cada uno de los costos del coche, teniendo en cuenta el precio de la pieza así como de su costo de fabricación y ensamblaje conforme a unos precios dados por la competición; y por último la defensa de un plan de negocio en el que se considera al equipo como una empresa que pretende comercializar su producto, en este caso, el monoplaza.
- **Pruebas dinámicas:** En estas pruebas se trata de demostrar las cualidades del monoplaza en la pista por medio de cuatro pruebas, a saber: aceleración, skid-pad (mide las aceleraciones laterales), autocross (dar la vuelta más rápida posible) y la más importante, la endurance, se trata de una prueba de resistencia durante 22 kilómetros en las que se tiene en cuenta adicionalmente el consumo de combustible del bólido.



Hay que decir que, para poder participar en las pruebas dinámicas, el coche ha de pasar en primer lugar una serie de verificaciones, para nada sencillas, en cuanto a cumplimiento de reglas definidas por la SAE (Society of Automotive Engineers) así como medidas de seguridad. De lo contrario no se concede el derecho a participar en ellas.

Como beneficios de participar en esta competición, el hacerlo permite acercarse a un mundo muy cerrado en el que toda experiencia previa se antoja determinante si se quiere dedicar a él en el futuro, ya que en la competición además de establecer lazos de unión con estudiantes universitarios de todos los continentes, se interacciona con profesionales del sector, ya sean los propios jueces de la competición, como empresas patrocinadoras de talla mundial y profesionales en busca de nuevos talentos.

El equipo perteneciente a la Universidad de Sevilla, ARUS (Andalucía Racing Universidad de Sevilla), nació en la temporada 2012-2013, donde los esfuerzos se centraron en la formación del equipo y sentar las bases para el futuro, incluso asistiendo a la competición Formula Student Spain 2013 para ver la competición in-situ, ganar experiencia y aprender de los integrantes de otros equipos.

La segunda temporada como equipo, la asociación finalizó el diseño y fabricación de su primer monoplaça, el Art-14, con el que se consiguieron fantásticos resultados. Participamos en 2 competiciones: Formula Student Germany 2014 y Formula Student Spain 2014. En Formula Student Germany 2014 se hizo muy buen papel. Siendo el primer año, la primera competición en la que participaba el equipo y en Alemania, los equipos allí nos daban la enhorabuena tras pasar el Scrutineering, ya que no son muchos los equipos 'rookies' los que logran hacerlo. Igualmente hicimos un buen tiempo en la clasificación (Autocross) para tener un coche de los más pesados de la competición. Finalmente, en la carrera abandonamos a la tercera vuelta tras soltarse el restrictor de la admisión.

Tras un duro trabajo de reparación en el mes de agosto para tener el coche a punto para Formula Student Spain, que se celebra en el Circuito de Montmeló. Logramos pasar el Scrutineering en los dos primeros días, pudiendo así, participar en todas las pruebas dinámicas, finalizando incluso la carrera (Endurance), que es el mayor hándicap de los equipos en las competiciones. Mayor importancia aún tiene el hecho de que hasta la fecha, el ART-14 ha sido el único coche con el que hemos logrado finalizar la prueba de Endurance, en la competición Formula Student Spain 2014.

Durante la tercera temporada, en el curso académico 2014-2015, fue la correspondiente al Art-15, un coche con un concepto más competitivo. Mientras el Art-14 era un coche en el que se premiaba la fiabilidad y el aprendizaje de un proceso tan complejo como es la fabricación de un coche, el Art-15 tenía ya un concepto mucho más competitivo introduciéndole diversas mejoras en todos los ámbitos, viéndose reflejado de sobremanera en la diferencia de peso entre ambos monoplaças: el Art-14 pesaba 312 kg y el Art-15 bajó a 241 kg.



El equipo estaba formado por unos 55 estudiantes de la Universidad de Sevilla, en su mayoría estudiantes de Ingeniería. Nuestra actividad no se limita únicamente al desarrollo de ingeniería, abarcando otras áreas de interés como marketing, relaciones públicas y redes sociales. Así mismo contamos con un plan de formación estratégica para asegurar la continuidad del proyecto a través de nuestra cantera.

La construcción del monoplaza requiere una alta especialización en materias como ingeniería aeroespacial, de telecomunicaciones, mecánica, energética, eléctrica y de organización. De esta forma se potencia la formación práctica de los estudiantes a través de la aplicación de los conocimientos aprendidos en clase.

El trabajo en áreas multidisciplinarias desarrolla aptitudes del alumno como son el trabajo en grupo, el respeto por el equipo y la búsqueda de la excelencia.

El organigrama del equipo se asemeja bastante al de cualquier empresa. En primer lugar, un Team Manager, que sería el encargado del equipo al completo. Un Director Técnico, que se encarga de los 6 departamentos técnicos: aerodinámica, chasis, electrónica, interior, motor y suspensión. Por otro lado un Director de Organización, que se encargaría de las personas responsables del departamento de marketing y de los eventos estáticos, previamente explicados. También existe la figura del Tesorero y Secretario.

Cada departamento se reúne semanalmente, y se detalla el trabajo de cada uno de los miembros durante dicha semana y se reparten las tareas para la semana siguientes, así como explicar el estado general del equipo. Cada departamento tiene un encargado, al que se le denomina Team Leader. Dichos encargados de departamento, junto a Dirección Técnica, de Organización y Team Manager se reúnen semanalmente en una reunión en la que se explican los avances de cada departamento, para hablar las partes que entran en conflicto entre varios departamentos, para llegar a una solución, así como tratar todos los aspectos relacionados con el equipo en todos los ámbitos. Por último, una vez al mes, se realiza una reunión global, meramente informativa, en la que participan todos y cada uno de los miembros del equipo. El diagrama explicado anteriormente es el siguiente:



La actividad se lleva a cabo durante un año lectivo completo, dividido en los siguientes períodos:

- Fase de diseño: durante este tiempo, el alumno estará encargado de recopilar toda la información necesaria, así como de los diseños realizados en años anteriores relacionados con la parte que se le asigne. Y, por otro lado, aprender de manera autodidacta y con ayuda de miembros eméritos del equipo de los programas informáticos o recursos necesarios para su parte en cuestión. (Duración estimada: de Septiembre a Febrero del año lectivo)
- Fase de fabricación: en este período, el alumno deberá realizar los planos necesarios y elaborar un plan de fabricación de su parte en cuestión. (Duración estimada: de Enero a Mayo del año lectivo)
- Fase de test: una vez montado el monoplaza, se realizarán test de fiabilidad, en los que se probará el funcionamiento de los distintos componentes del monoplaza y se realizarán las modificaciones necesarias en función de los fallos que vayan apareciendo. Luego los test de puesta a punto, en los que el alumno, si su parte lo requiere, deberá trabajar en la configuración más óptima de su parte de cara al resultado en las competiciones. (Duración estimada: de Junio a Agosto del año lectivo)
- Participación en las competiciones: las mismas se dan durante el período estival como culminación a un trabajo de todo un año, en las que se muestra el rendimiento del monoplaza en una competición ante universidades de todo el mundo. (En los meses de Julio y Agosto)
- Planificación del año siguiente y documentación por escrito de lo realizado para facilitar el trabajo y desarrollo del diseño de su parte de cara a la persona que se vaya a encargar el año próximo. (Septiembre del curso próximo)

Objetivos

Tras varios años como estudiante de la Escuela Superior de Ingenieros, la oportunidad única de formar parte de un equipo de esta índole supone “dar un empujón” al currículum tanto desde el punto de vista ingenieril como de la experiencia que se adquiere al trabajar dentro de un equipo con una estructura que se asemeja a la de un equipo profesional de automovilismo.

En este trabajo académico se ha llevado a cabo a través del equipo creado en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de la Universidad de Sevilla denominado ARUS Andalucía Racing, siendo el primer y único equipo, hasta la fecha, representante de Andalucía y uno de los 24 equipos de España.

El principal objeto de este documento es describir el trabajo realizado para el diseño, construcción y ensamblaje del sistema de transmisión para el vehículo monoplaza Art-15, teniendo como objetivos:

- Reducción de peso.
- Aumentar la aceleración a bajas vueltas.
- Aumento de la potencia/par transmitido al eje trasero.
- Mejora de la puesta a punto.

Tareas a desarrollar

Para conseguir estos objetivos, el alumno que suscribe necesitaba adquirir todo tipo de conocimientos relacionados con la transmisión de potencia. Por lo que un primer paso fue la recopilación y lectura de bibliografía especializada: proyectos de final de carrera realizados por otros alumnos en otras universidades relacionado con la temática deseada, artículos publicados en Internet y el uso frecuente del foro de la competición. Dicho foro resulta ser una herramienta fundamental, ya que en él se encuentran gran cantidad de “post” en los que alumnos de otras universidades han planteado las mismas dudas en años anteriores. Por otra parte, no sólo tuvo que leer una gran cantidad de bibliografía, sino que también aprender a utilizar de manera autodidacta el programa CATIA V5 R19, para implementarlo en el diseño de varias de las piezas que componen el conjunto del sistema de transmisión de potencia del monoplaza.

Una vez finalizado el diseño del sistema, buscar la manera de fabricar dichos componentes, aquellos que son mecanizados, como los soportes, excéntricas, estrella de la corona. Y lugares o empresas donde comprar los componentes seleccionados para el sistema.

Cuando ya se dispone de todos los elementos, el alumno que suscribe debe ensamblar todos los componentes, así como solucionar los problemas que surgen del mismo.

Por último, cuando el coche esté listo para rodar y todo montado, comprobar el funcionamiento del sistema diseñado y fabricado, realizando igualmente las reparaciones necesarias a los problemas que surjan, así como el mantenimiento periódico de las piezas que lo requieran.

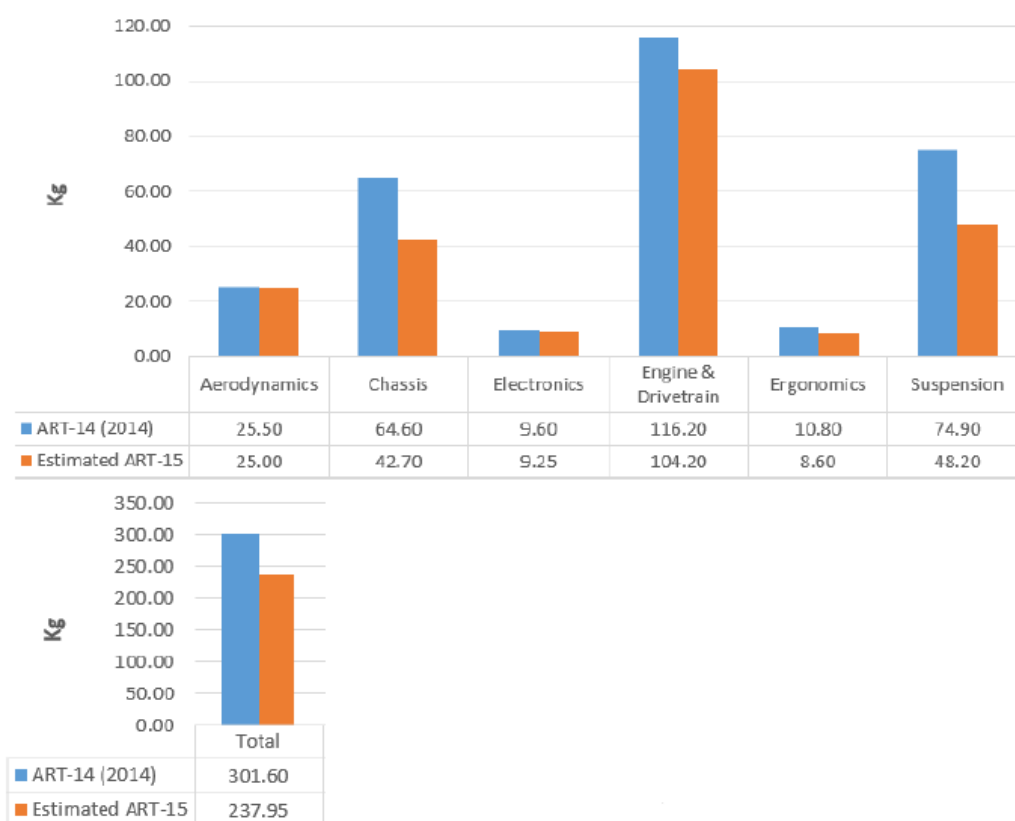
2 ART-15

El ART-15 es el segundo monoplaza que realiza el equipo ARUS Andalucía Racing, una evolución de su predecesor, el ART-14. El principal objetivo del ART-14 era la fiabilidad, pero su principal problema era que era un coche muy pesado, 312kg. Tras cumplir los objetivos, el objetivo de la nueva temporada, y por ende, del nuevo monoplaza, era el de mantener la fiabilidad, aumentando el rendimiento en pista con una importante reducción de peso.

Para cumplir con dichos objetivos de fiabilidad, se decidió hacer grandes cambios en 3 áreas: aerodinámica, electrónica y suspensión. Por tanto, los objetivos para este nuevo monoplaza eran los siguientes:

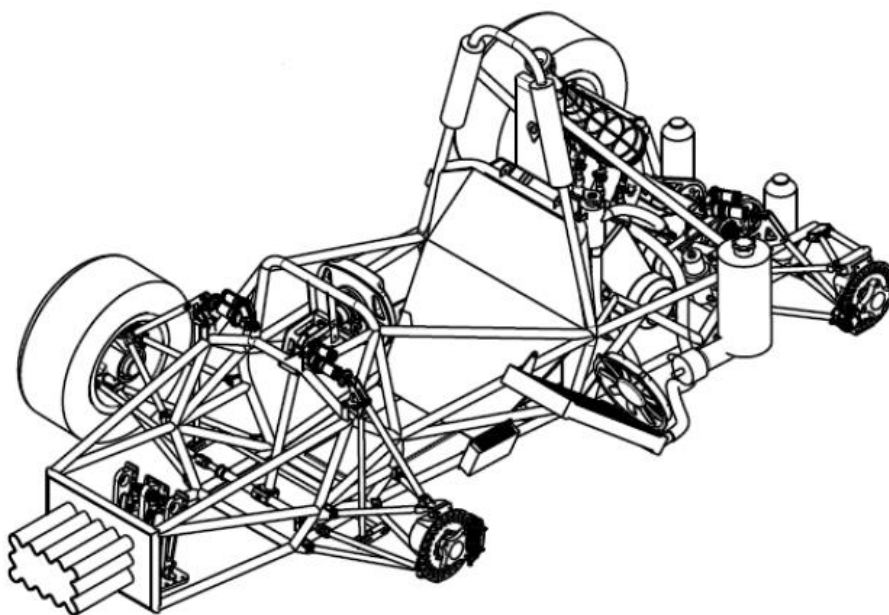
- Reducción de peso: Se intenta reducir peso de cada uno de los componentes del coche, salvo en aquellos en los que no era posible hacerlo. La reducción más importante sería en el departamento de suspensión cambiando la elección de neumáticos y llantas de 13 pulgadas a 10 y cambiando los triángulos de acero por triángulos de fibra de carbono.
- Añadir un paquete aerodinámico: introducir un paquete aerodinámico formado por: carrocería, alerón trasero, alerón delantero y difusor. Estudiarlo en CFD y probarlo en pista y realizarle unas pruebas de estabilidad.
- Implementar un sistema de telemetría: para supervisar constantemente varios parámetros del coche. Recoge datos del CAN-BUS enviándolos al ordenador, donde los parámetros son mostrados en una personalizada interfaz.

ART-14 vs ART-15 Weight Comparison

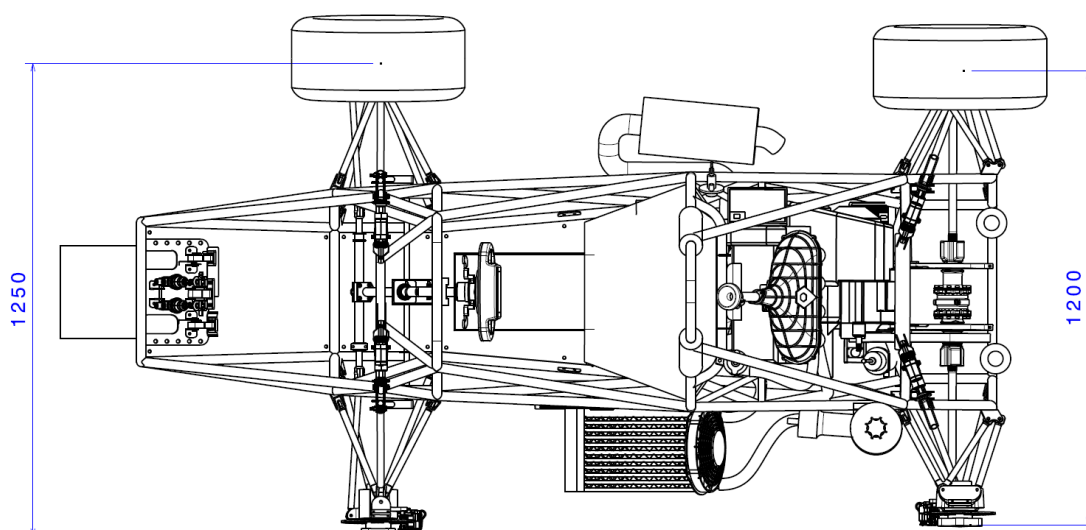


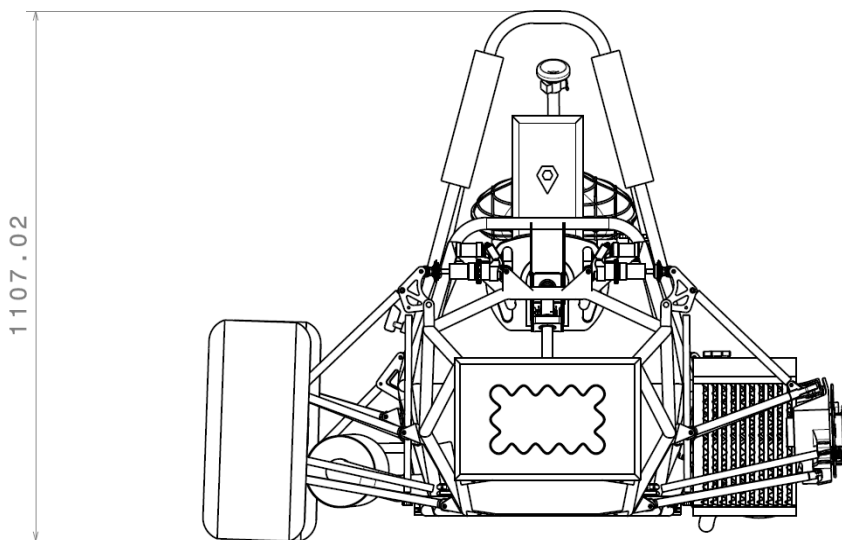
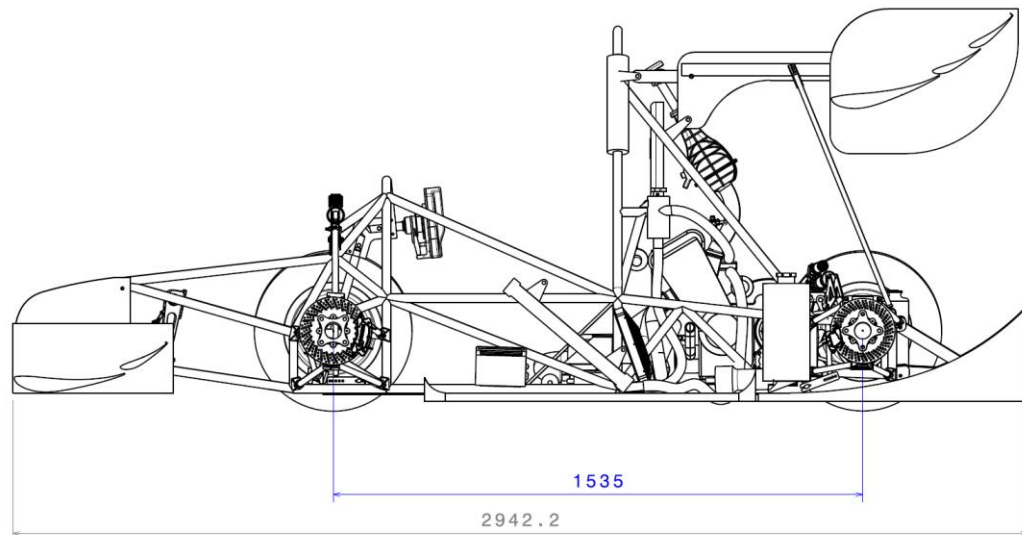
Descripción Técnica General

El ART-15 mantiene su estructura con chasis tubular de acero y el motor Honda CBR600RR del ART-14. La distancia entre ejes ha sido reducida a 1535 mm para aumentar la agilidad. La elección de neumáticos y llantas pasó de ser de 13 pulgadas a 10 de diámetro. Los elementos de la carrocería (pontones, capó y morro) fueron fabricados en fibra de basalto y alerones y difusor en fibra de carbono. Como elementos especiales a destacar fueron el Atenuador de impactos de diseño propio, fabricado en fibra de carbono (el año anterior se llevaba el estándar que proporcionaba la competición) y los triángulos de fibra de carbono.



Isometric View
Scale: 1:20





2.1.1 Aerodinámica

El principal objetivo de los componentes aerodinámicos y carrocería del ART-15 son incrementar el downforce y reducir el área frontal, con la idea de ser más rápidos en curva y disminuir el drag total del coche.

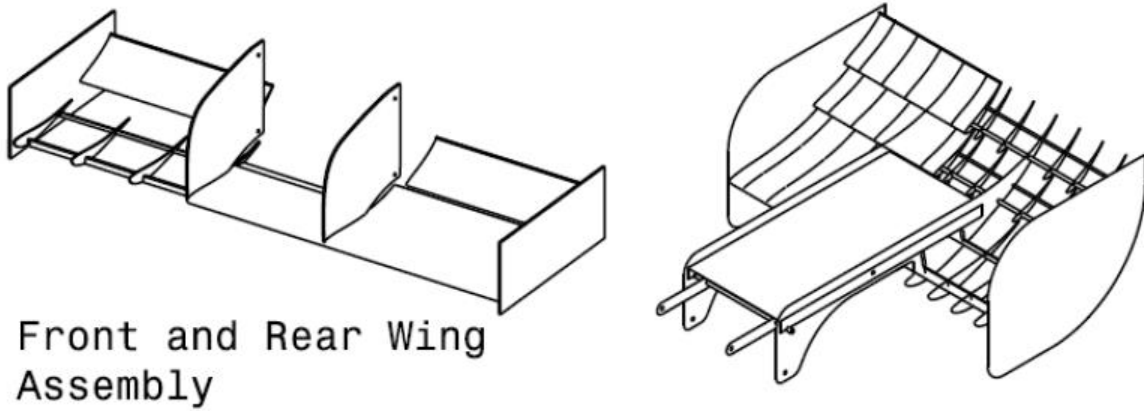
Cada componente aerodinámico ha sido diseñado por separado siguiendo los resultados en CFD, priorizando los objetivos mencionados anteriormente, siendo analizados finalmente con el resto de componentes aerodinámico, comprobando los resultados en CFD con los test en pista utilizando datos de sensores.

Adicionalmente se ha realizado un análisis de estabilidad para comprobar la eficiencia aerodinámica con diferentes ángulos de ataque, para adecuar el tamaño de los endplates.

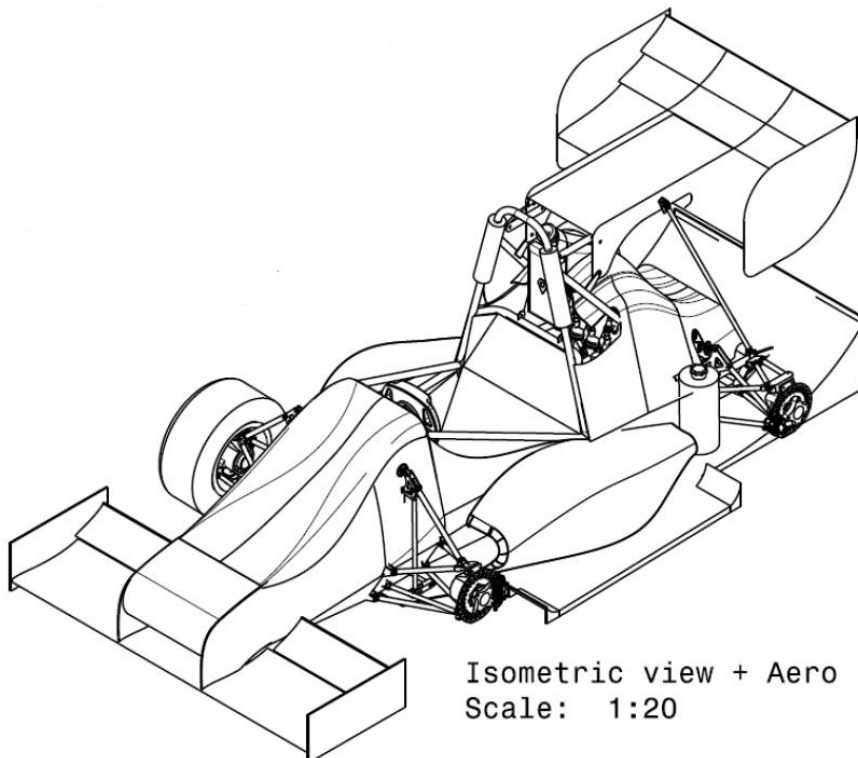
El paquete aerodinámico está compuesto por:

- La carrocería compuesta por pontones, morro y capó, con la idea de reducir el drag y mejorar la refrigeración del motor.
- El difusor, el cual genera parte del downforce del coche. Ayuda incluso a reducir la separación de flujo en la parte inferior del coche.
- Alerón trasero y delantero, son los que generan la mayor parte del downforce del coche. El alerón trasero está compuesto por 3 etapas y el delantero por 2.

La estructura de las alas ha sido fabricada completamente de fibra de carbono. Para su diseño se ha realizado un análisis estructural en Abaqus.



Al finalizar la fabricación, se ha conseguido un gran acabado superficial en cada una de sus partes. La carrocería se ha unido al chasis por tornillos de $\frac{1}{4}$ de vuelta, los cuales hacen que su montaje y desmontaje sean sencillos.



2.1.2 Chasis

El chasis es tubular de acero. Para su diseño y fabricación han sido utilizados 3 espesores diferentes de tubo: 2.5mm, 2mm y 1.5mm manteniendo el diámetro exterior en 25 mm.

Se pensó la posibilidad de fabricar un monocasco de fibra de carbono para reducir aún más el peso. Sin embargo, se desechó esta posibilidad debido a su coste, tanto en tiempo como en dinero, aparte de no contar con las instalaciones y maquinaria necesaria para realizarlo. También porque se consideró que todavía había mucho que mejorar en el chasis tubular y reducir aún más su peso.

El mayor progreso del departamento de chasis ha sido que el motor fue integrado en el chasis como parte estructural. Esto ayudó al chasis a ser más compacto y aumentar bastante su rigidez torsional. Adicionalmente, los amortiguadores y el sistema de transmisión de potencia estaban unidos al motor, por lo que trabajaba todo como un conjunto.

Con el objetivo de reducir peso, se ha creado un modelo de elementos finitos del chasis incluyendo la suspensión. De acuerdo con los resultados del programa, los puntos críticos han sido reforzados y las zonas sobredimensionadas han sido reducidas. La rigidez torsional final ha sido 1600 N*m/grado.

2.1.3 Interior

El objetivo de diseño del departamento de interior fue hacer que el piloto fuese más cómodo en el coche reclinando más la posición con respecto al año pasado y fabricando asientos específicos para cada piloto.

El firewall trabaja como aislante de calor y como soporte para la espalda del piloto. Para lograr esto, el firewall consiste en un rígido panel de sándwich de fibra de carbono y honeycomb de aluminio para darle más resistencia y rigidez, así como aislar por convección.

El volante ha sido rediseñado completamente, instalándole un display, así como levas para cambiar de marcha impresas en 3D. El quick release tiene un conector integrado para hacer la extracción del volante al completo mucho más rápida y cómoda que en el anterior modelo.

2.1.4 Motor

Este año se realizó un estudio de los sistemas de admisión y escape con el software Ricardo, para maximizar y suavizar la curva de potencia en el rango entre 7000 y 9000 rpm, obteniendo buenos resultados teóricos.

Se optó por un volumen de admisión de 3,6 L para lograr un buen equilibrio entre la respuesta del acelerador y la admisión de aire en altas revoluciones, con una distancia del runner de 330 mm desde el plenum hasta las válvulas de admisión.

En el sistema de lubricación se ha diseñado un cárter seco, el cual nos permite asegurarnos de que el motor va a estar correctamente lubricado cuando se encuentre con aceleraciones laterales altas, y reducir la temperatura del aceite.

Electrónicamente, el motor estará controlado por sensores adicionales, como el IAT, MAP y O₂, aparte de los ya utilizados en el ART-14. Un regulador de presión de gasolina ha sido implementado para modificar mínimamente el flujo de los inyectores en función de las necesidades.

2.1.5 Suspensión

En el departamento de suspensión, el ancho de vía se mantiene con respecto al año pasado, 1250 mm en el eje delantero, y 1200 en el trasero, ya que ofrece un buen balance entre estabilidad y agilidad en circuitos estrechos.

Como se comentó previamente, unas de las grandes mejoras era cambiar de ruedas de 13 pulgadas a ruedas de 10 pulgadas de diámetro, lo que suponía una gran bajada de peso. En conjunto con un análisis en elementos finitos, no sólo ha permitido reducir peso en llantas y neumáticos, sino también en manguetas, ejes y otros elementos pequeños, con una reducción total del 30%.

El diseño cinemático de la suspensión fue estudiado para lograr un comportamiento similar al del año pasado, pero adaptando la nueva geometría que proporcionaba tener unas ruedas de 10 pulgadas.

Los brazos de la suspensión, la barra antiroll y la columna de dirección fueron fabricados en fibra de carbono. Teniendo acceso a una máquina de filament winding, nos permitió elegir el número de capas y orientación de la fibra que era más adecuada para cada tubo.

La barra antiroll es ajustable, con 5 posiciones delante y detrás. La barra de torsión también está hecha también de fibra de carbono, intercambiable por una de acero, para probar ambas en test y ver cuál es la que obtiene mejores resultados.

Para elegir la rigidez de los muelles y los coeficientes de los amortiguadores, se ha trabajado con Mathlab y Adams. En Matlab, se ha implementado un modelo de cuarto de coche, luego uno de la mitad del coche y por último un modelo de coche completo con 7 grados de libertad. En Adams, se ha implementado un modelo de coche completo y se han realizado simulaciones en diferentes escenarios: aceleración, giro constante, frenada y bache. Basado en esto, se han calculado fuerzas en cada componente de la suspensión, y usadas esas fuerzas para calcular las cargas en cada componente.

Para comprobar el funcionamiento de la suspensión, se instalaron sensores en los rockers, conectados a la placa de Arduino.

Sistema de transmisión de potencia

El sistema de transmisión de potencia consta de los siguientes elementos:

- Piñón de 16 dientes.
- Cadena de paso 520H
- Corona de 38 dientes.
- Diferencial Drexler LSD V2
- 2 soportes del diferencial.
- 2 piezas excéntricas
- 2 rodamientos
- Estrella que une diferencial-corona
- 2 Puntas
- 4 tripods.
- 4 fuelles.
- 2 palieres.

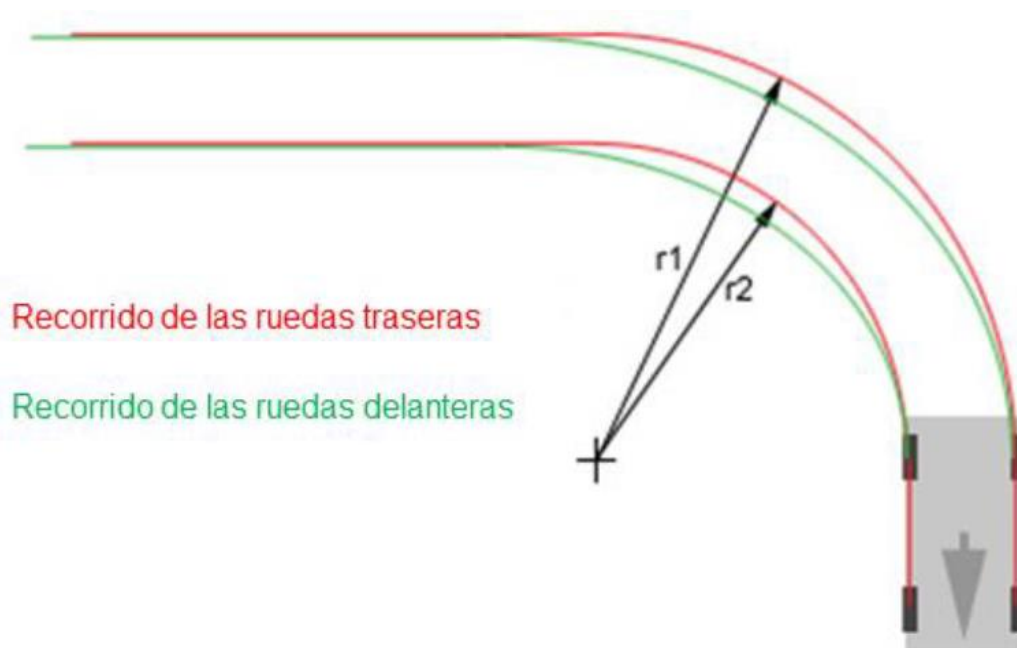
Cabe destacar que algunas de estas piezas han sido diseñadas completamente con el programa CATIA V5 R19 cumpliendo los respectivos parámetros de diseño, para luego ser enviados los planos a las empresas patrocinadoras del equipo poseedoras de la maquinaria necesaria para la fabricación mediante mecanizado.

Otras piezas han tenido un proceso largo de selección, entendiendo así el funcionamiento de los distintos tipos y marcas disponibles previo a su compra, en cambio otras piezas, han sido directamente seleccionadas de los catálogos de las empresas, siendo algunas patrocinadoras del equipo y con otras piezas se hacía directamente su compra teniendo siempre en cuenta los costes y rendimiento.

3 ELECCIÓN DEL DIFERENCIAL

Cuando un coche se desvía de su trayectoria recta para describir una curva, si queremos que cada rueda gire sin deslizamiento, la rueda exterior a la curva, deberá recorrer un radio mayor que la interna, y también rotar más rápidamente que la interna

En el eje donde tendremos la tracción, las dos ruedas se encuentran interconectadas. Si entre ellas no existe ningún mecanismo que permita que ambas giren a distintas velocidades, tendremos que ambas ruedas (interna y externa de un mismo eje) giraran a la misma velocidad en una curva. Esto generará que la rueda que circula por el interior de la curva patine, y ello conlleva desgaste en la misma y cargas en la transmisión que no son deseables.



Tipos de diferencial

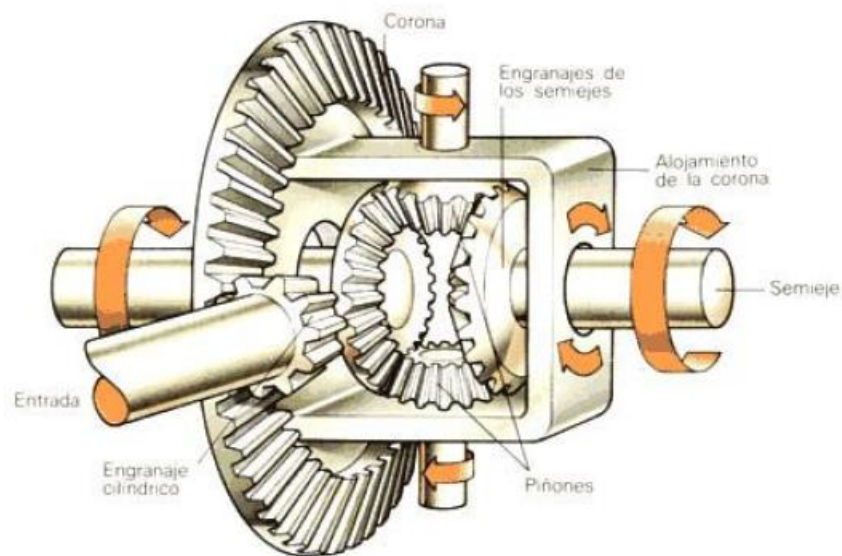
3.1.1 Diferencial convencional

Este tipo de diferenciales utiliza engranajes cónicos, los cuales modifican en 90° la dirección del par. El par motor es transmitido al diferencial mediante la corona. Para dicha transmisión de par, existen distintos métodos como puede ser el piñón-corona mediante cadena de eslabones, correa...). Al girar la corona, unida a la carcasa exterior, al igual que varios engranajes cónicos (piñones satélites) que a su vez engranan con dos engranajes cónicos de mayor tamaño (uno por cada semieje) que son los que transmiten, a través de los palieres, el par a cada una de las ruedas.

Los piñones satélites pueden girar libremente alrededor de su eje. Si las velocidades de las dos ruedas coinciden, es decir, el coche va en dirección rectilínea, los piñones satélites no giran respecto de su eje. Si, por el contrario, la velocidad de la rueda interior es distinta a la de la rueda exterior (el coche describe una curva), los piñones satélites giran respecto de su eje, permitiendo así, que las velocidades de salida de los semiejes sean diferentes.

Este sistema permite repartir el par entre los distintos ejes de una manera equilibrada, es decir, el par total transmitido es igual en todo momento. Por tanto, el par que pierde la rueda interna al girar, lo gana la externa. Pero con la ventaja de mantener los pares equilibrados para cualquier velocidad de giro, puede ser un inconveniente en algunas circunstancias.

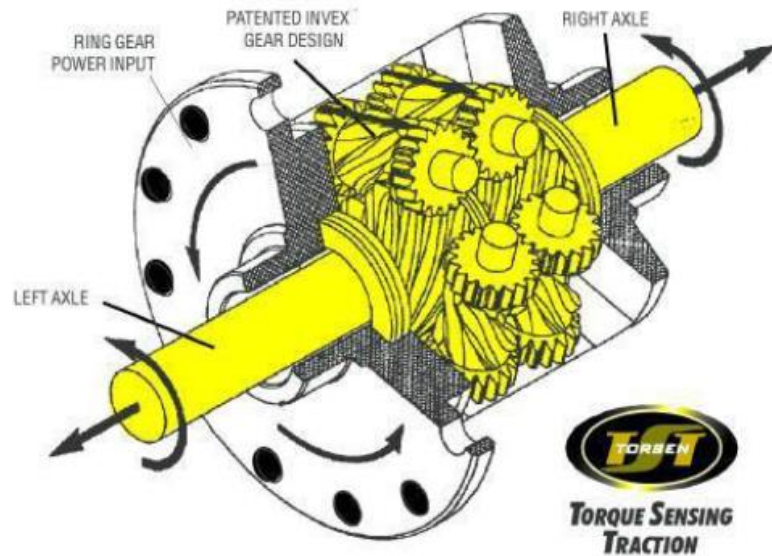
En el caso en el que una de las ruedas pierda adherencia, ésta comienza a girar loca y la otra se queda sin par de tracción independientemente del nivel de adherencia, por lo que el coche pierde tracción. Estas situaciones se pueden dar a consecuencia de encontrar una superficie deslizante (hielo, barro...) o el levantamiento de una rueda en el aire.



3.1.2 Diferencial autoblocante

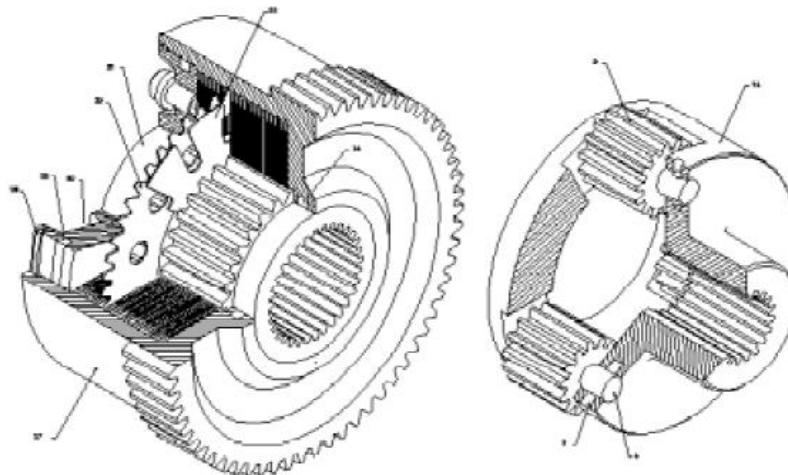
Los diferenciales autoblocantes contribuyen al rendimiento del coche en la pista, aplicando todo el par motor disponible sobre la rueda de mayor tracción. Existen diferentes tipos:

- **Diferencial bloqueado total:** utiliza un sistema mecánico, hidráulico, neumático o magnético que puede bloquear el diferencial un 100%, es decir, ambas ruedas siempre giran a la misma velocidad. Así todo el par proveniente del motor, será transmitido a las ruedas y solo dependerá de la adhesión de estas del valor máximo.
- **Autoblocante de deslizamiento limitado:** transmiten una cantidad específica de par dependiendo de su diseño y ensamble, aun cuando una rueda se encuentra deslizando a baja adherencia. Podemos diferenciar dos grupos principales:
 - o **Sensitivos al par:** el par de bloqueo depende del par aplicado al diferencial. De entre los que encontramos:
 - **Tipo Salisbury:** compuesto por engranajes cónicos y múltiples discos de embrague. La fuerza de bloqueo proviene de variadas fuentes como rampas de accionamiento mecánico.
 - **Tipo Planetario:** compuesto por engranajes planetarios y múltiples discos de embragues. La fuerza de bloqueo proviene de pistones hidráulicos.
 - **Torsen ('torque sensitive'):** utiliza engranajes tipo sin fin. No son exactamente autoblocantes, ya que no se bloquean para una determinada cantidad de revoluciones, sino que aportan el par a la rueda que mejor puede traspasarla al suelo, enviando sólo lo que ésta puede mandar al suelo y desviando el excedente a la otra.

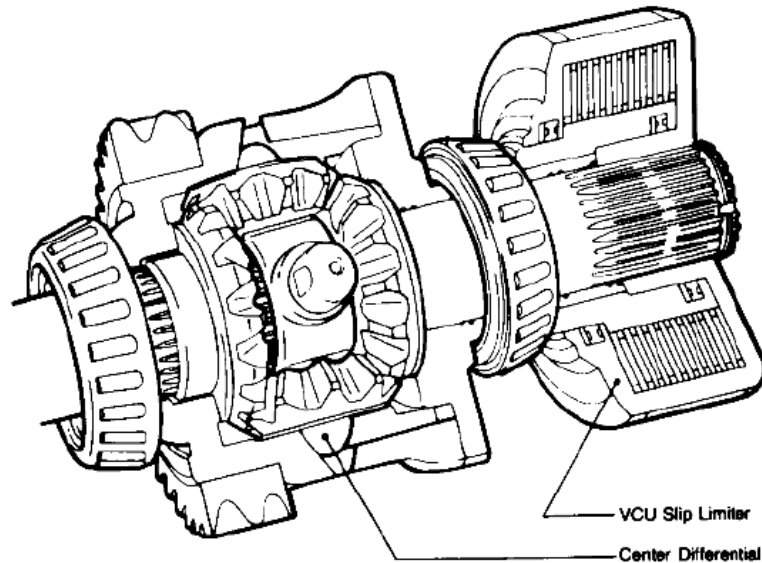


- **Sensitivos a la velocidad:** el par de bloqueo depende de la diferencia de velocidad entre las ruedas motrices, tenemos:
 - **Tipo Viscoso:** contiene un paquete de discos y fluido hidráulico. Se puede transmitir un par entre dos discos a poca distancia si se interpone un fluido viscoso y existe una diferencia de velocidades de giro entre los discos, ya que un fluido viscoso puede transmitir tensiones tangenciales si existe un gradiente de velocidades.

La principal desventaja del sistema viscoso es que su funcionamiento depende en gran medida de la temperatura del fluido, que pierde viscosidad a medida que se calienta.



Existen también combinaciones de estos tipos, algunos conocidos como Visco-Mecánicos. Estos combinan las propiedades de los distintos tipos otorgando un amplio abanico de posibilidades de puesta a punto.



Elección del diferencial

Una vez conocidas las características de los diferentes tipos de diferenciales, nos disponemos a buscar en el mercado una opción que mejorase con creces

Cabe recordar, que en el eje que no es propulsor, no es necesaria la utilización de un sistema diferencial ya que cada rueda girará individualmente a la velocidad que sea necesaria al no estar conectadas entre sí.

Teniendo en cuenta que en competición no se utilizan diferenciales convencionales debido a que un diferencial autoblocante permite una elevada eficiencia mecánica y tiene un diseño más compacto.

Por otra parte, los diferenciales autoblocantes contribuyen enormemente al rendimiento del coche en la pista ya que la distribución de par en cada rueda genera un par alrededor del centro de gravedad del coche modificando su comportamiento dinámico.

Las autoblocantes utilizados en competición, son los diferenciales autoblocantes de deslizamiento limitado (LSD). Dentro de ellos:

- Los LSD tipo Salisbury son los más usados y hay varias variantes siempre con el mismo principio básico de bloqueo mediante discos de fricción.
- Los LSD tipo planetario son los usados en F1 donde la fuerza de bloqueo de estos discos proviene de pistones hidráulicos.
- Los LSD torsen son prácticamente descartados en los coches de competición de alto rendimiento debido a su baja eficiencia mecánica.

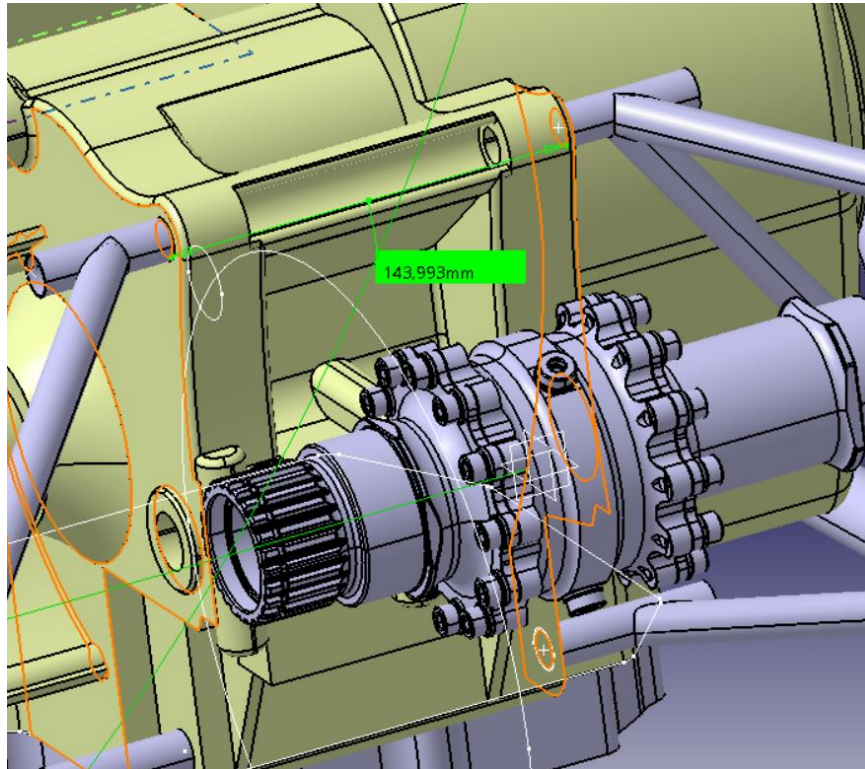
Por tanto, en la búsqueda de los distintos diferenciales posibles, encontramos el diferencial de la marca Drexler. Drexler es de las empresas líder en el campo de la tecnología de transmisión y suspensión. Su principal actividad industrial es la fabricación de diferenciales autoblocantes de deslizamiento limitado (LSD). Posee un LSD diseñado específicamente para la Formula Student teniendo en cuenta todos los requisitos de la competición, y muchos equipos participantes lo utilizan debido a su bajo peso y rendimiento.



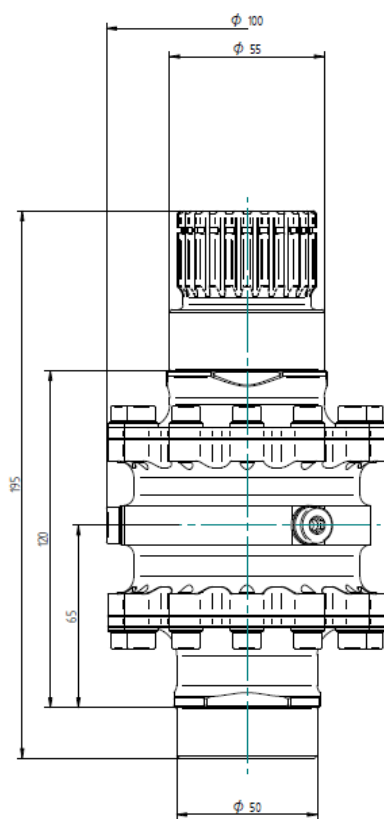
Una vez escogido este diferencial, siendo un diferencial autoblocante de deslizamiento limitado tipo Salisbury, la empresa posee 3 versiones diferentes, en la que puedes elegir entre 3 distancias diferentes de las carcasas exteriores, en función de la ubicación que vayan a tener los rodamientos y soportes que lo mantengan unido al chasis.



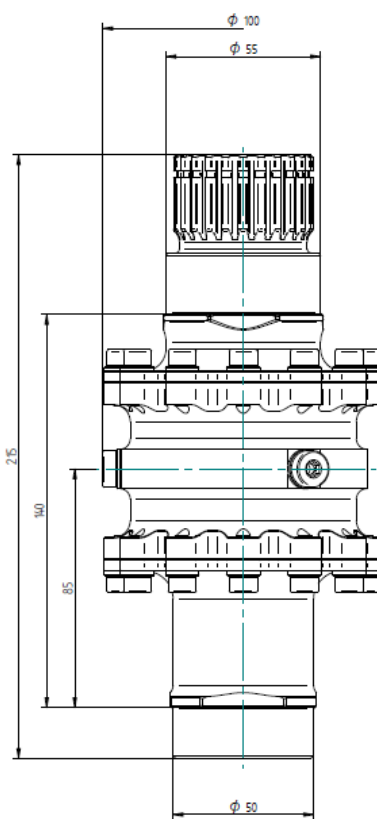
Las distancias disponibles son: 195, 215 y 235 milímetros. De entre estos 3 tipos, teniendo en cuenta uno de los lugares a donde iban a ir sujetos los soportes, una zona del motor son unos 144 mm



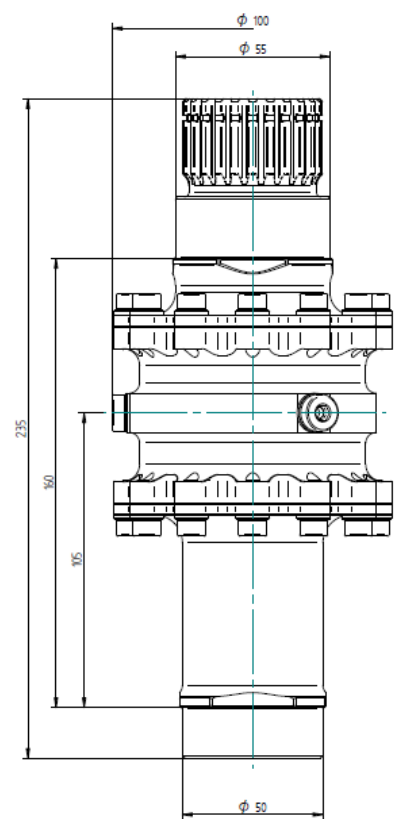
Y que la distancia de donde van a ir los rodamientos en las distintas versiones de diferencial son: 120, 140 y 160 respectivamente.



ANSICHT V1 - VIEW V1



ANSICHT V2 - VIEW V2



ANSICHT V3 - VIEW V3

Por este motivo, la elección fue del Drexler LSD FS 2010 V2.

4 ELECCIÓN DE LOS RODAMIENTOS

Una vez elegido el diferencial que se va a usar y estando en posesión de los planos del mismo, nos disponemos a elegir los rodamientos que irán a cada uno de los lados. Para todo el tema de rodamientos, el equipo tiene como sponsor a Schaeffler, proveedor global líder integrado en los sectores de automoción e industrial, desarrolla y produce a nivel mundial rodamientos, casquillos de fricción, guías lineales y elementos del motor de alta calidad para la construcción de máquinas, la industria aeroespacial y la industria del automóvil.

Esta empresa posee una herramienta de selección de rodamientos en Internet, en el que muestra todo su catálogo:

<http://medias.schaeffler.de/medias/la/start.do?property&lang=es&mediasS=aAGj3QAXe0Sh&mediasCall>

Selección de rodamiento ?

Características, tipos Espacio constructivo, cap. carga Aciertos por página: 10 ☒ 50 ☐ 100 ☐ Aciertos: 11299

Rogamos seleccione una o varias características:

☒ Carga radial	☐ Con protección contra la corrosión
☒ Carga axial en un sentido	☐ Lubricación de por vida, libres de mantenimiento
☒ Carga axial en ambos sentidos	☐ Lubricación con grasa
☐ Momentos en todos los ejes	☐ Lubricación con aceite
☐ Errores de alineación estáticos	☐ Reducido espacio constructivo
☐ Errores de alineación dinámicos	☐ Marcha libre
☐ Obturados por un lado	☐ Partidos
☐ Obturados en ambos lados	☐ Rodamientos grandes
☐ No obturados	

+] [Borrar selección](#)

Rogamos seleccione uno o varios tipos constructivos:

☐ Rodamiento rígido a bolas	☐ Rodamientos axiales oscilantes de rodillos
☐ Rodamiento insertable	☐ Rodamiento axial de contacto angular
☐ Rodamientos a bolas de contacto angular	☐ Rodamientos de agujas y a bolas de contacto angular
☐ Rodamientos para husillos	☐ Rodamientos de agujas y axiales de bolas
☐ Rodamientos con cuatro puntos de contacto	☐ Rodamientos de agujas y axiales de rodillos cilíndricos
☐ Rodamientos oscilantes de bolas	☐ Rodamientos axiales y radiales de rodillos
☐ Rodamientos de sección constante	☐ Rodamientos de agujas de contacto angular
☐ Rodamientos de rodillos cilíndricos	☐ Rodamientos de rodillos cruzados
☐ Coronas de agujas	☐ Rodamientos para husillos roscados
☐ Casquillos de agujas	☐ Rodamientos para mesas giratorias
☐ Casquillos de agujas con fondo	☐ Coronas giratorias
☐ Rodamientos de agujas (macizos)	☐ Casquillos de marcha libre
☐ Rodamientos de agujas autoalineables	☐ Rodillos de apoyo
☐ Rodamientos de rodillos cónicos	☐ Rodillos de levas
☐ Rodamientos oscilantes de una hilera de rodillos	☐ Rodillos de apoyo y de levas
☐ Rodamientos oscilantes de rodillos	☐ Rodillos-guía con muñequilla
☐ Rodamientos axiales a bolas	☐ Casquillos de fricción
☐ Rodamientos axiales de bolas de contacto angular	☐ Arandelas, tiras
☐ Rodamientos axiales de rodillos cilíndricos	☐ Rótula
☐ Rodamientos axiales de agujas	☐ Cabeza de rótula

+] [Borrar selección](#)

←] Cancelar
↶ Volver
→] Siguiente

En él, seleccionas las características que se desean que tenga el rodamiento y los diferentes tipos constructivos. Nosotros marcamos los siguientes:

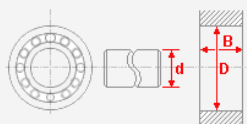
- Carga radial.
- Carga axial en ambos sentidos.
- Lubricación de por vida, libres de mantenimiento.
- Rodamiento rígido a bolas.

Lo siguiente a seleccionar en el catálogo son las limitaciones en cuanto al espacio constructivo y la capacidad de carga. Las limitaciones que nosotros tenemos, por un lado, el diámetro interior del rodamiento en la zona del estriado exterior es 55 mm y en el otro lado es de 50 mm, por lo que tenemos que buscar rodamientos con estos diámetros interiores obligatoriamente, y con un ancho de no más de unos 15 mm.

Selección de rodamiento

Características, tipos **Espacio constructivo, cap. carga** Aciertos por página: 10 ☒ 50 ☐ 100 ☐ Aciertos: 6

Limitaciones en cuanto al espacio constructivo y a la capacidad de carga



	d	D	B	Capacidad de carga din. C_a o C_r	Capacidad de carga, est. C_{0a} o C_{0r}
mínimo	50 mm				
máximo	55 mm		15 mm		

Cancelar Volver Atrás Buscar

Al meter estos datos, las opciones que nos salen son las siguientes:

Producto	d mm	D mm	B mm	C_r N	C_{0r} N	n_g 1/min	n_B 1/min	Reestablecer configuración estándar
61810-2RSR-Y	50	65	7	7200	6300	6700		
61810-2Z-Y	50	65	7	7200	6300	12900	6400	
61910-2RSR	50	72	12	15400	11700	6000		
61811-2Z-Y	55	72	9	8700	7400	11500	6600	
61811-2RSR-Y	55	72	9	9600	8500	6000		
61911-2RSR	55	80	13	17700	14100	5600		

Teniendo los parámetros el siguiente significado:

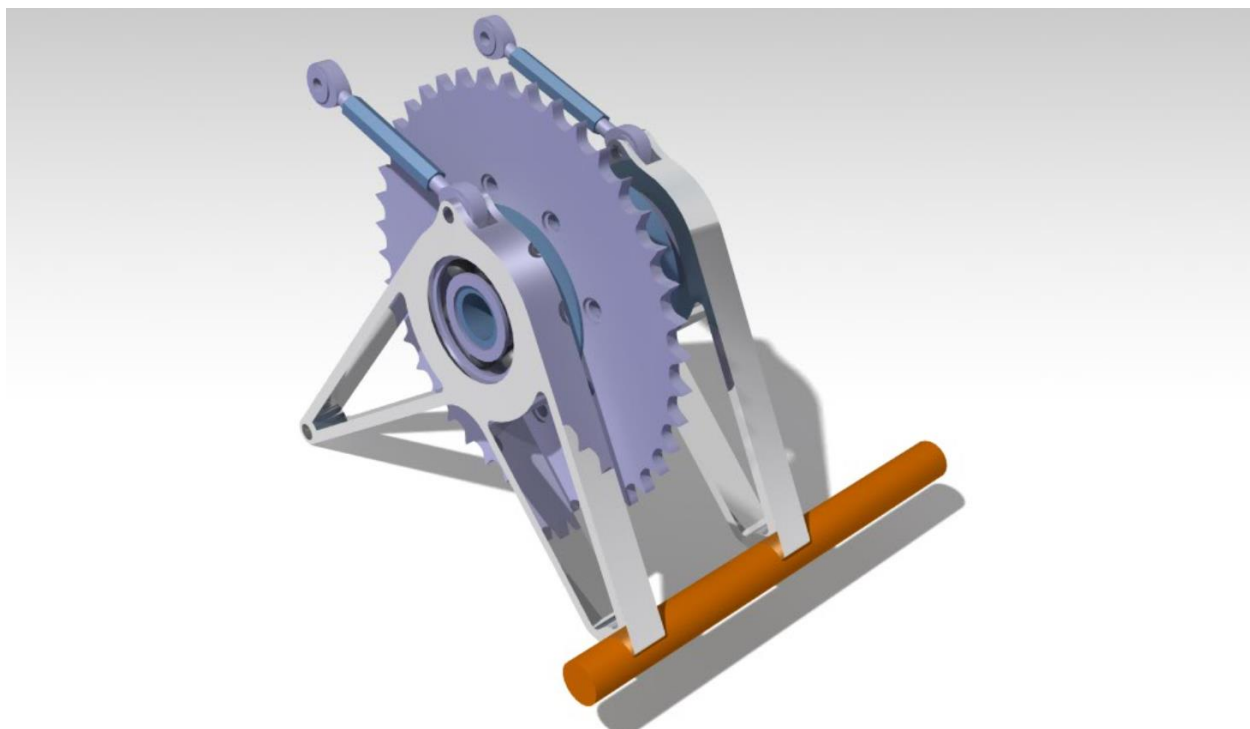
- d = diámetro interior
- D = diámetro exterior
- B = ancho
- C_r = Capacidad de carga dinámica, radial
- C_{0r} = Capacidad de carga estática, radial
- n_g = Velocidad límite de la grasa
- n_B = Velocidad límite

En función de estos parámetros y las distintas posibilidades que disponemos, todos son válidos, ya que tanto las capacidades de carga como las velocidades límites son lo suficientemente altas como para que no nos supongan ningún problema. Por tanto, descartamos los que tienen mayor ancho, 12 y 13, por cuestiones de peso, y de entre las otras dos opciones nos quedamos finalmente con los 61810-2RSR-Y y 61811-2RSR-Y ya que, aunque tengan menores velocidades límites (las cuales no vamos a alcanzar) tiene mayor capacidad de carga el rodamiento que se posicionará en la zona del estriado exterior del diferencial, es decir, en la zona donde va a recibir el par del motor a través de la corona.

5 ELECCIÓN SISTEMA DE TENSADO DE CADENA

Antes de comenzar con el diseño de los soportes, es necesario tener claro el sistema de tensado de cadena que se va a utilizar, ya que los parámetros de diseño dependerán del sistema seleccionado.

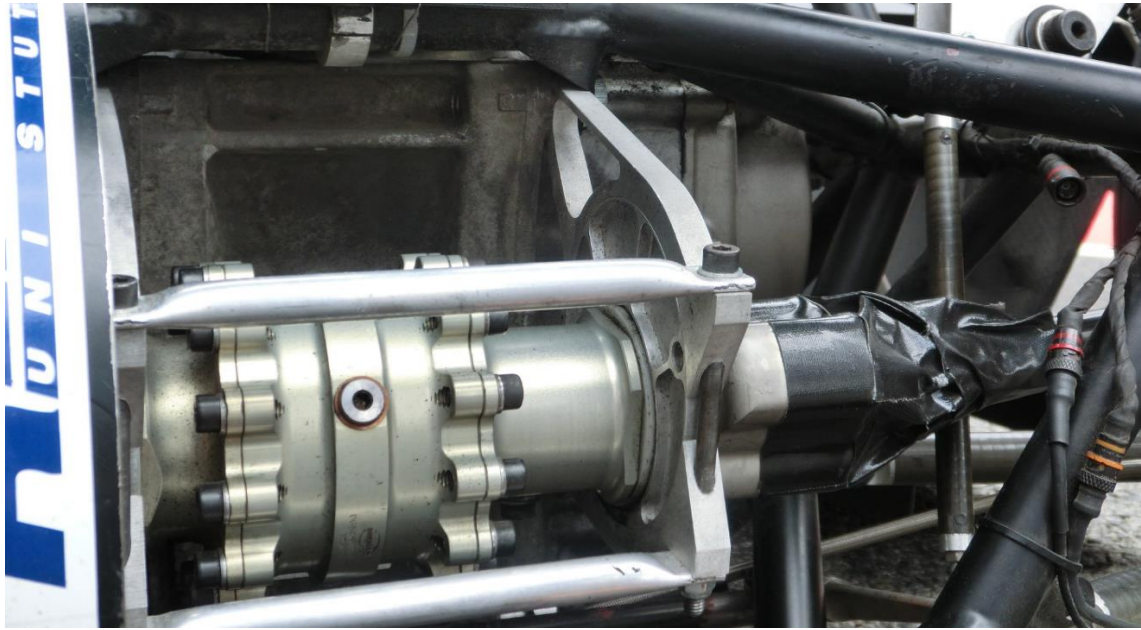
En el primer monoplaza diseñado y construido por el equipo ARUS Andalucía Racing, el Art-14, llevaba un sistema de tensado mediante una barra tensora y sus rótulas correspondientes, que, girándola hacia un lado o hacia otro, alargabas o acortabas la distancia del diferencial/corona al piñón, por lo que así tensabas o destensabas la cadena.



Este sistema lleva dos anclajes al chasis y un tercero a la pushbar, barra que por normativa tienen que llevar todos los monoplazas para ser elevados o empujados manualmente en caso de que se necesite.

Como feedback que se obtuvo de la persona que el año anterior se encargó de este diseño no fue del todo bueno, y habiendo participado ambos en la competición viendo el sistema que montaban otros monoplazas, me recomendó personalmente para mi diseño de la transmisión la utilización de un sistema de tensado de cadena por excéntrica. Lo que significa que el centro del diferencial y del soporte no son concéntricos, y al girar este sistema, es lo que hace tensar o destensar la cadena.

Por tanto, los soportes del diferencial van a ser diseñados con el sistema de tensado de cadena por excéntrica, Aquí tenemos un ejemplo de una Universidad que utilizaba este mismo sistema:



6 DISEÑO DE LOS SOPORTES DEL DIFERENCIAL

Para el diseño de los soportes del diferencial, algunos de los parámetros de diseño que el alumno que subscribe tuvo en cuenta fueron:

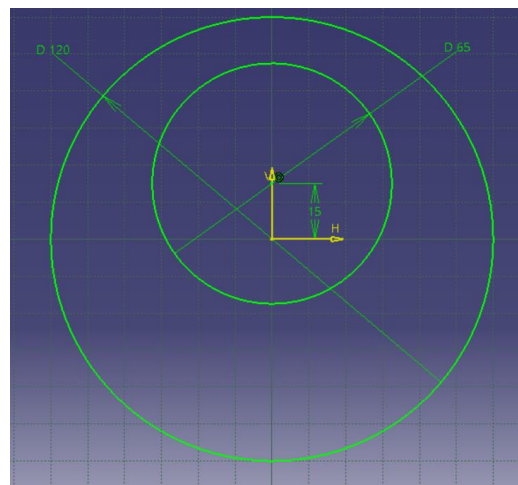
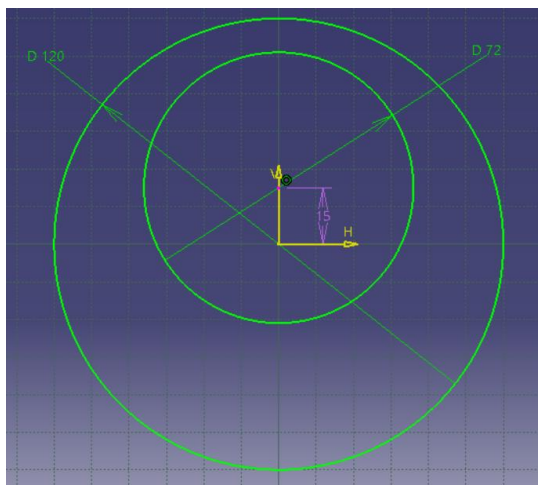
- El sistema de tensado de cadena mediante excéntrica debía de tener un rango de tensado equivalente a la longitud de un eslabón de la cadena (macho y hembra), cuya longitud es igual a 30mm. Por tanto, la excentricidad que tiene que tener el sistema de excéntrica, es decir, la distancia entre el centro del diferencial y el centro de la excéntrica debe ser de 15mm, es la mitad debido a que cuando discurre de atrás hacia delante recorre dos veces esa excentricidad. En el caso de que se quisiera tensar aún más y se llegue a la posición límite, se procedería a eliminar un eslabón más de la cadena.
- La distancia entre el eje del diferencial y el eje de las ruedas traseras debe tener la menor distancia posible, para tener así un mayor rendimiento. El inconveniente de cuando los palieres giran desalineados, es que quedan sometidos a variaciones de velocidad angular y, por tanto, a esfuerzos alternos que aumentan la fatiga de los materiales de los que están contruidos.
- La distancia inicial o deseada para que el diferencial este en la posición de tensado va a ser la distancia de excentricidad en el eje vertical, la parte positiva.

Otro parámetro que tenemos condicionado es el diámetro interior de la excéntrica, que sería igual al del diámetro exterior de los rodamientos, siendo estos 72 mm el del izquierdo (zona con el estriado exterior), y 65 mm el del derecho.

Ambos diámetros exteriores de las excéntricas van a ser iguales, para que el diseño de los soportes sea el mismo para ambos casos y lo que sea diferente sea las excéntricas, siendo así más económica luego la fabricación de las piezas.

Por lo que el diámetro del rodamiento mayor es 72 mm, y la excentricidad son 15 mm, el diámetro exterior de la excéntrica tiene que ser mayor de 102 mm, siendo el radio 51 mm (radio interior máximo de la excéntrica + excentricidad $\rightarrow 72/2 + 15 = 51$).

Por lo que si dejamos en esta zona un espesor de 9 mm $\rightarrow$ radio exterior excéntricas = 60 mm (51+9) $\rightarrow$ diámetro exterior de las excéntricas = 120 mm



La siguiente medida a dar es el ancho de las excéntricas. Esto depende del ancho de los rodamientos:

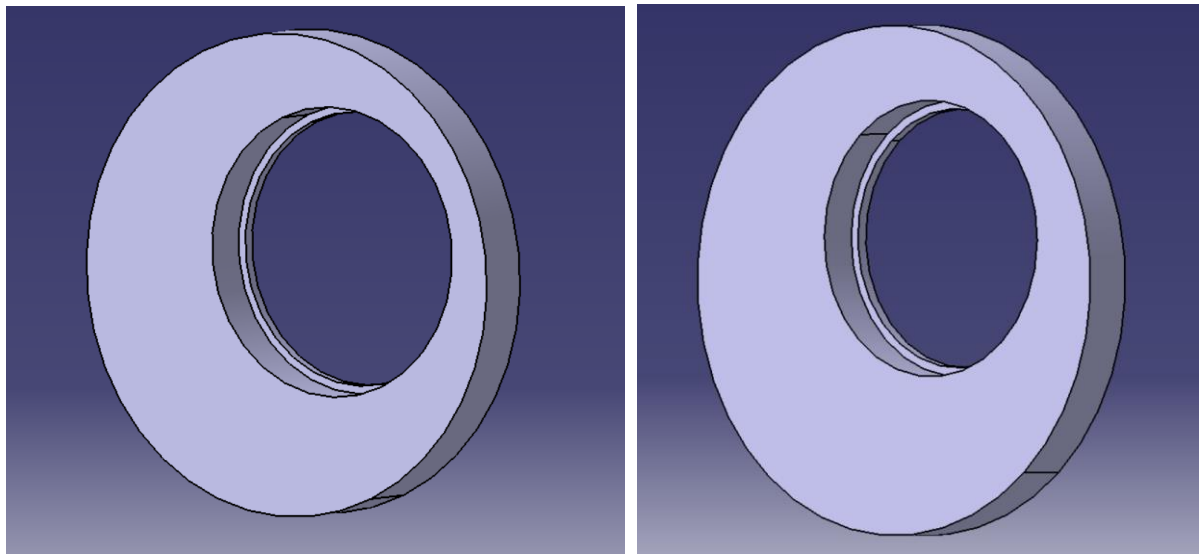
- Ancho rodamiento derecho = 7 mm
- Ancho rodamiento izquierdo = 9 mm

Por lo que a cada uno de los lados le vamos a dejar 3 mm quedando los anchos de las excéntricas:

- Ancho excéntrica derecha = 13 mm
- Ancho excéntrica izquierda = 15 mm

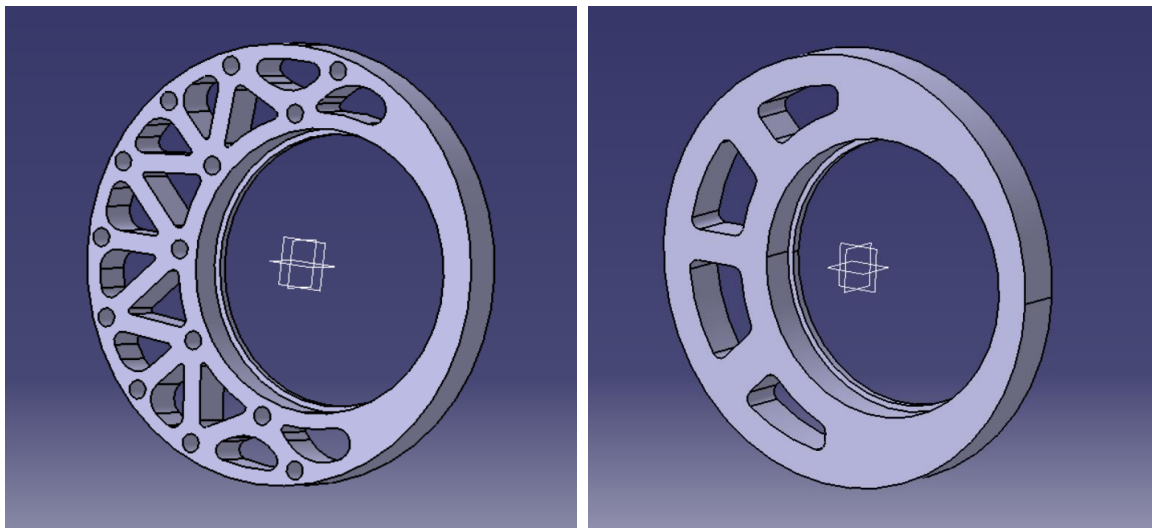
Por el diámetro interior de las excéntricas y a uno de los lados, en cada una, el lado correspondiente a la parte del rodamiento que no van a hacer tope con el diferencial, se le va a dejar parte de material con un diámetro de 4 mm menor que el diámetro interior de cada una de las excéntricas, con un ancho de 3 mm a modo de tope.

El diseño de las excéntricas quedaría de la siguiente manera:

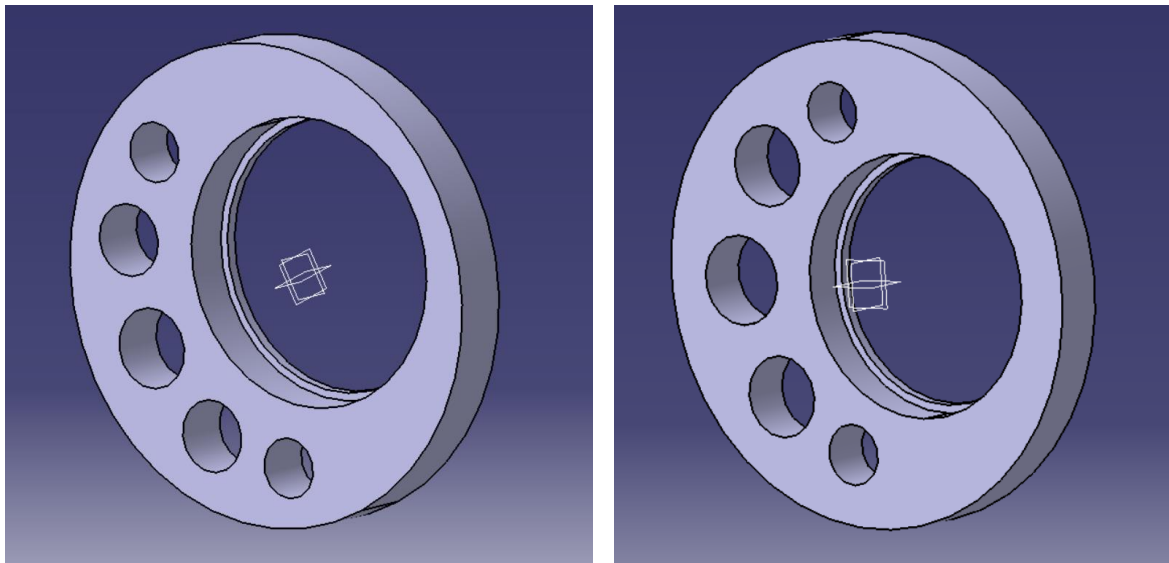


Estas piezas no suelen soportar mucha carga, por lo que en la zona en la que tienen más material, se le van a hacer unos vaciados con la idea de reducir algo de peso.

Se hicieron varios diseños de vaciados, pero al final, una cosa que la única finalidad es la reducción de peso, hay que mirar también por el aspecto económico, y mientras más simples sean los vaciados, más barato sale, y no merecía la pena, por pocos gramos que se quiten al realizar dichos vaciados, por lo que nos decantamos por los circulares simples, con los que se reduce peso también, y son mucho más económicos que los anteriores.

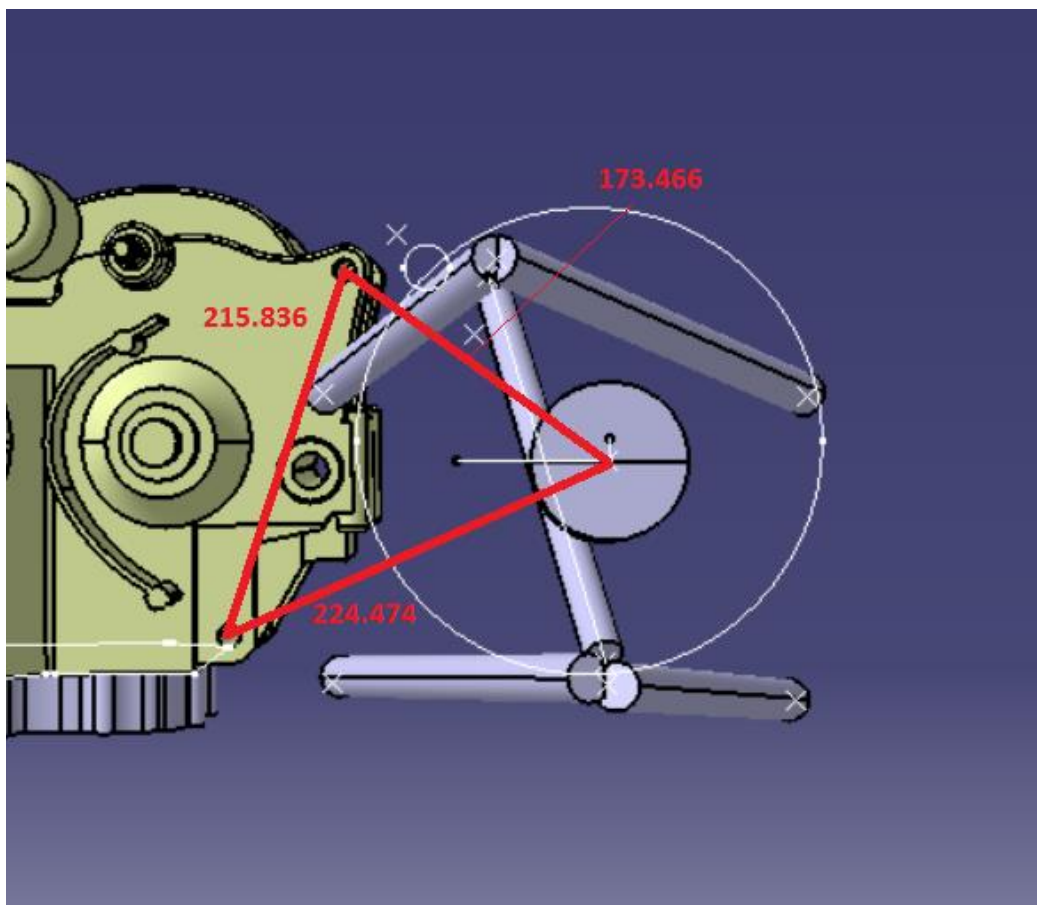


Por lo que el diseño final de ambas excéntricas, fue el siguiente:



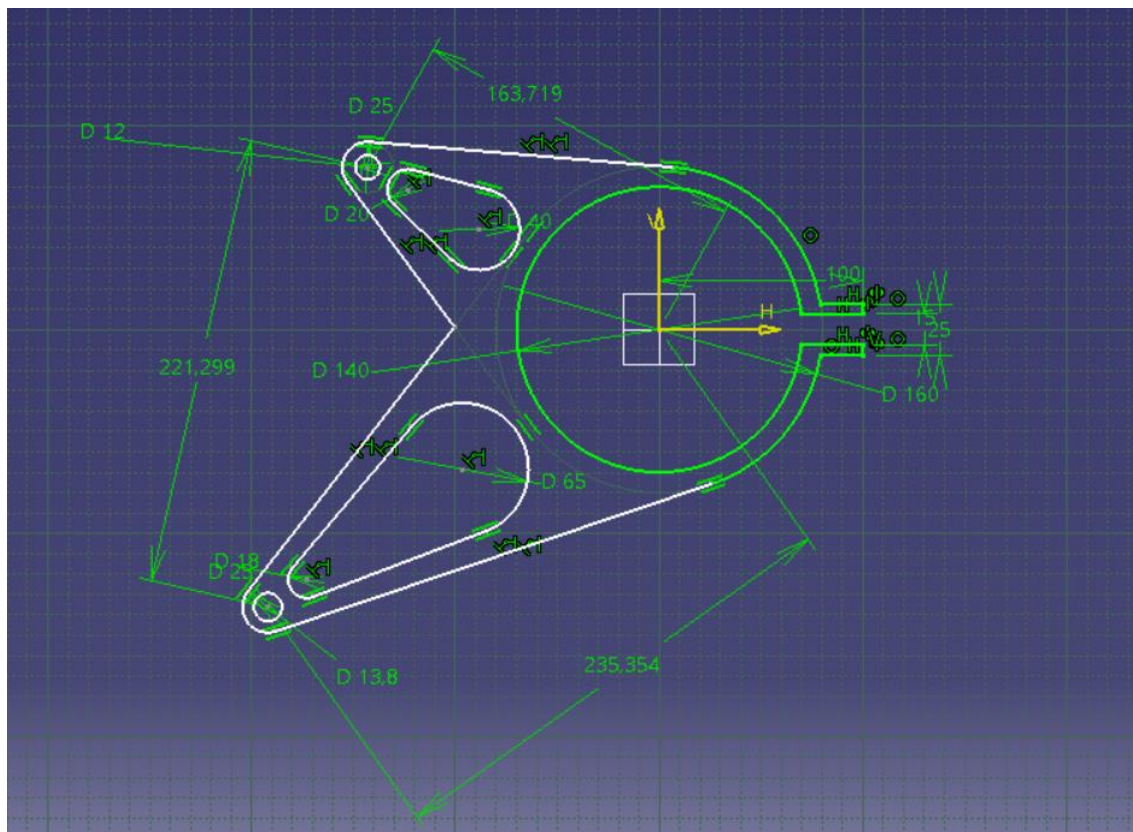
Una vez diseñadas las excéntricas, comenzamos con el diseño de los soportes. Para no hacer 2 soportes distintos, el diámetro exterior de ambas excéntricas será el mismo. En lo único que se va a diferenciar uno del otro va a ser en el ancho, que uno será de 13 y otro de 15, similar al de su correspondiente excéntrica.

Midiendo las distancias con el programa Catia V5 R19 sacamos los siguientes datos:

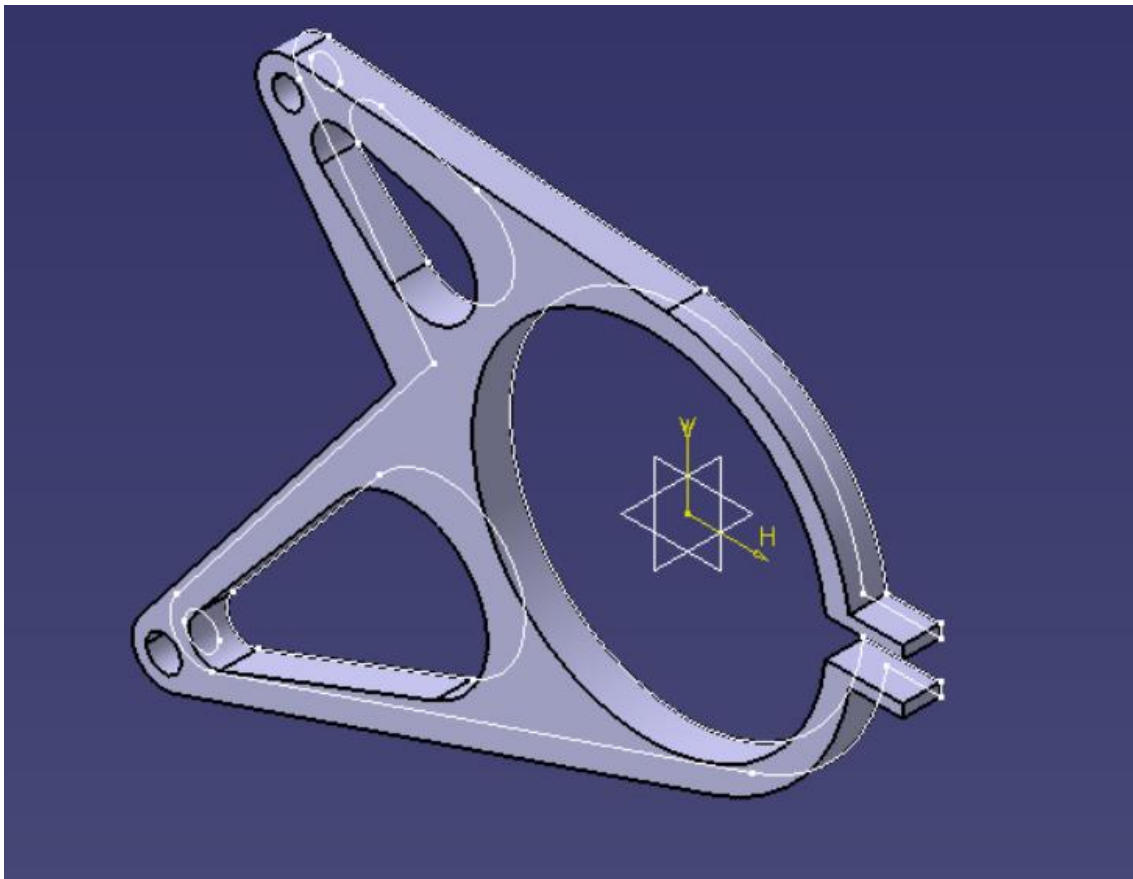


Los diámetros de los agujeros de las cogidas al chasis son 12.7mm la cogida superior, y 13.8mm la inferior.

Con estos datos y en conjunto con el diámetro exterior de la excéntrica hacemos un primer modelo de soporte:

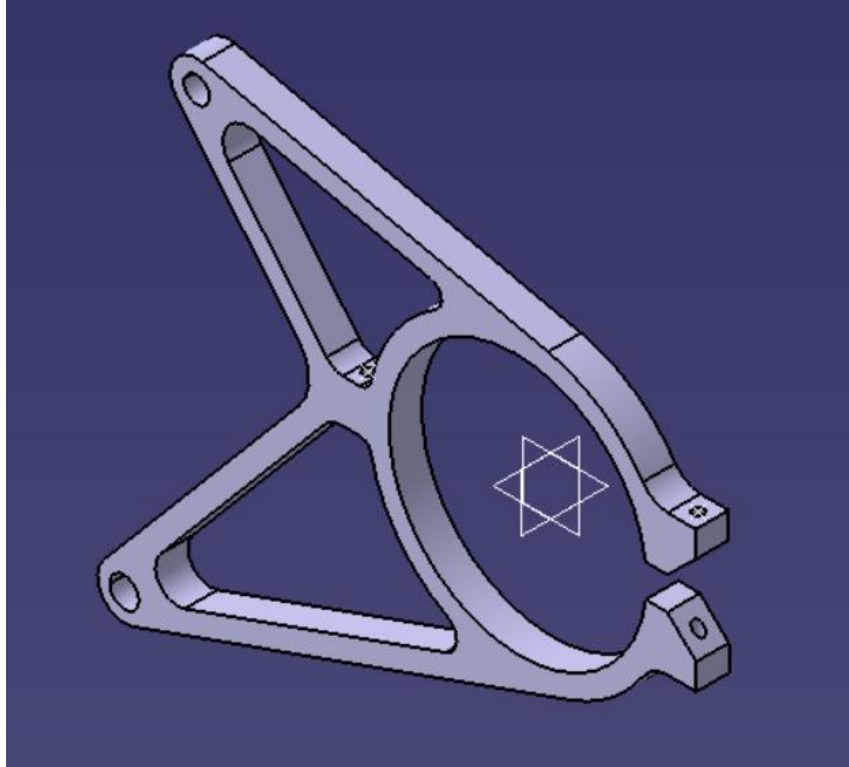


Los cuales quedaban de la siguiente manera:

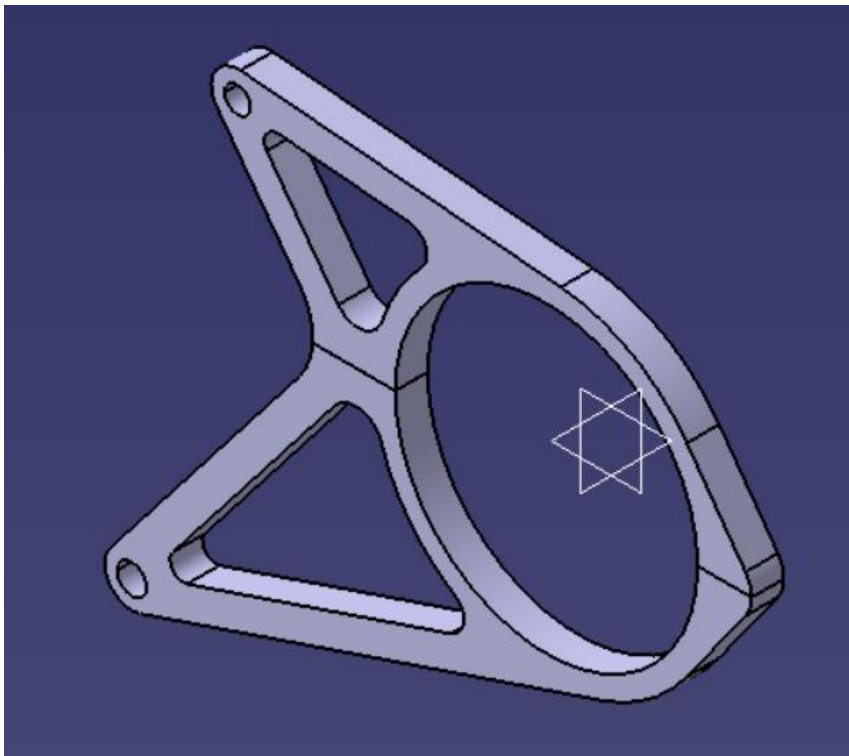


Las pletinas de la parte derecha son para apretar y desapretar el agarre del soporte a la excéntrica con un tornillo pasante. Los vaciados realizados son con el único objetivo que el de reducir peso, teniendo en cuenta, como se explicó en el caso de las excéntricas, que los vaciados fueran lo más simple y sencillo posible para que a la hora de la fabricación, redujese los costes.

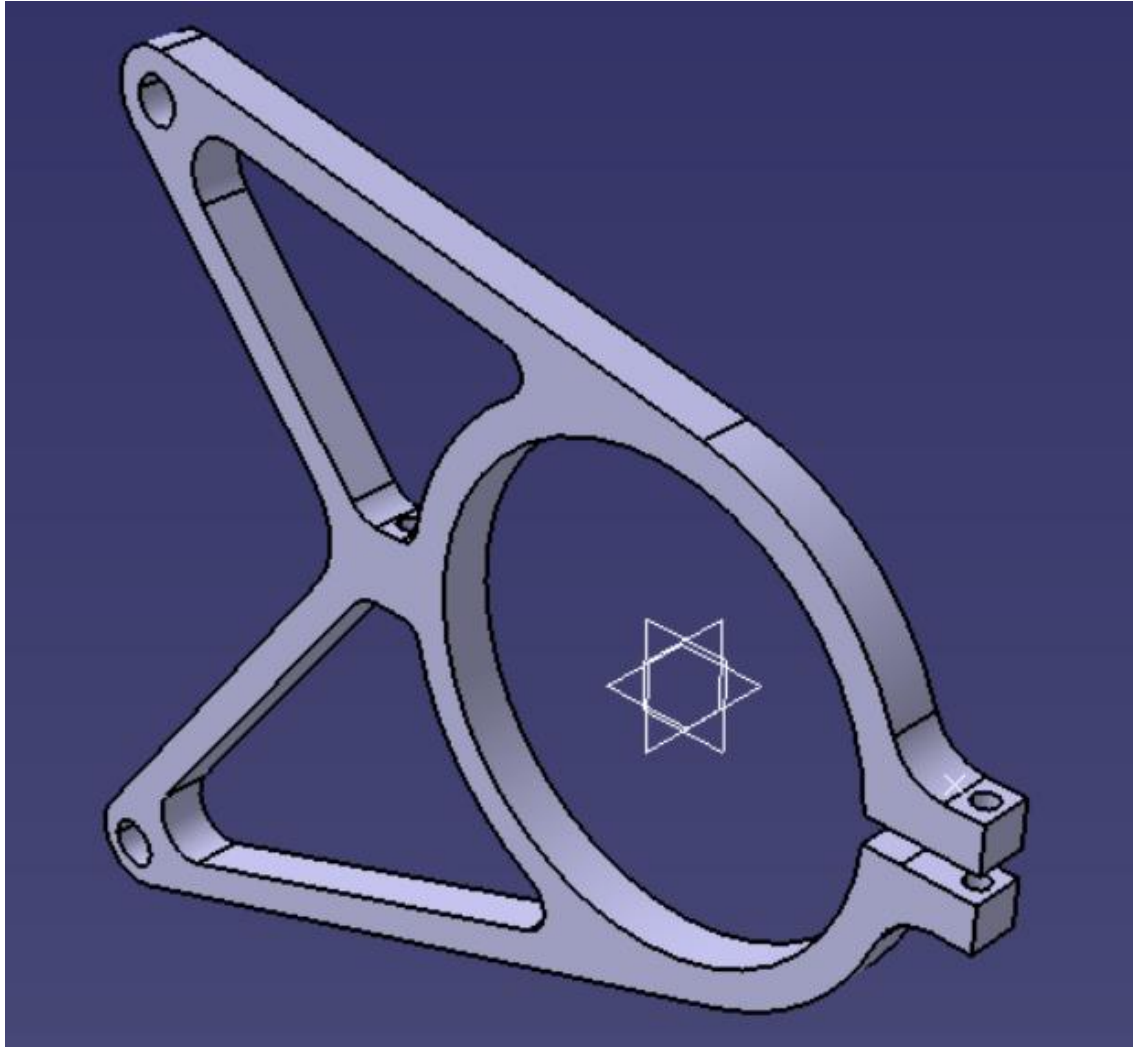
Un segundo diseño, con idea de hacer más fuertes dichas pletinas fue:



Por un momento de la fase de diseño, se planteó la idea de dividir el soporte en 2 por facilitar a posteriori el montaje y desmontaje del conjunto.

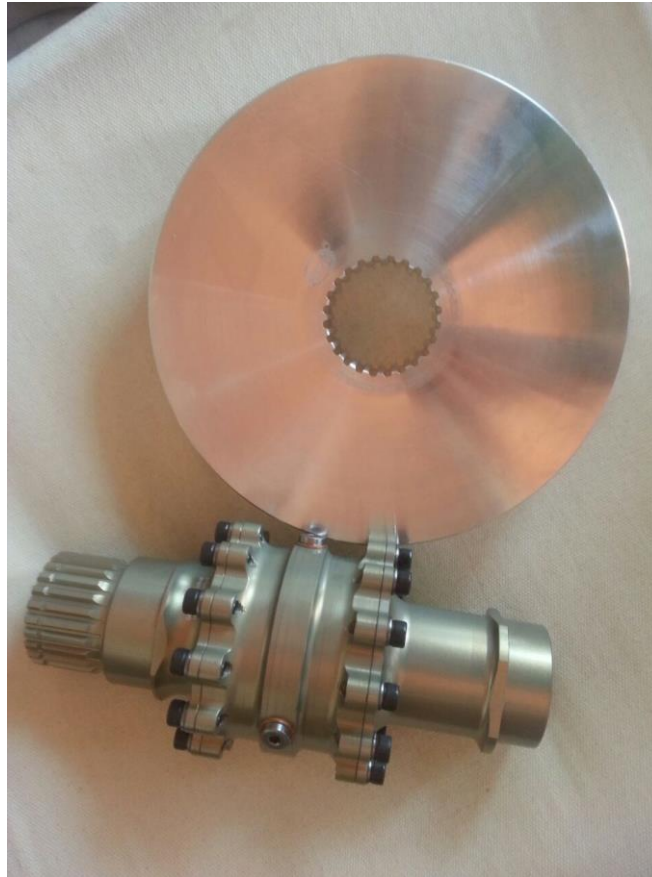


Pero finalmente el diseño final de los soportes fue similar al inicial, pero aumentando el espesor de las pletinas y redondeando los bordes para evitar concentradores de tensión.



7 DISEÑO ESTRELLA DE LA CORONA

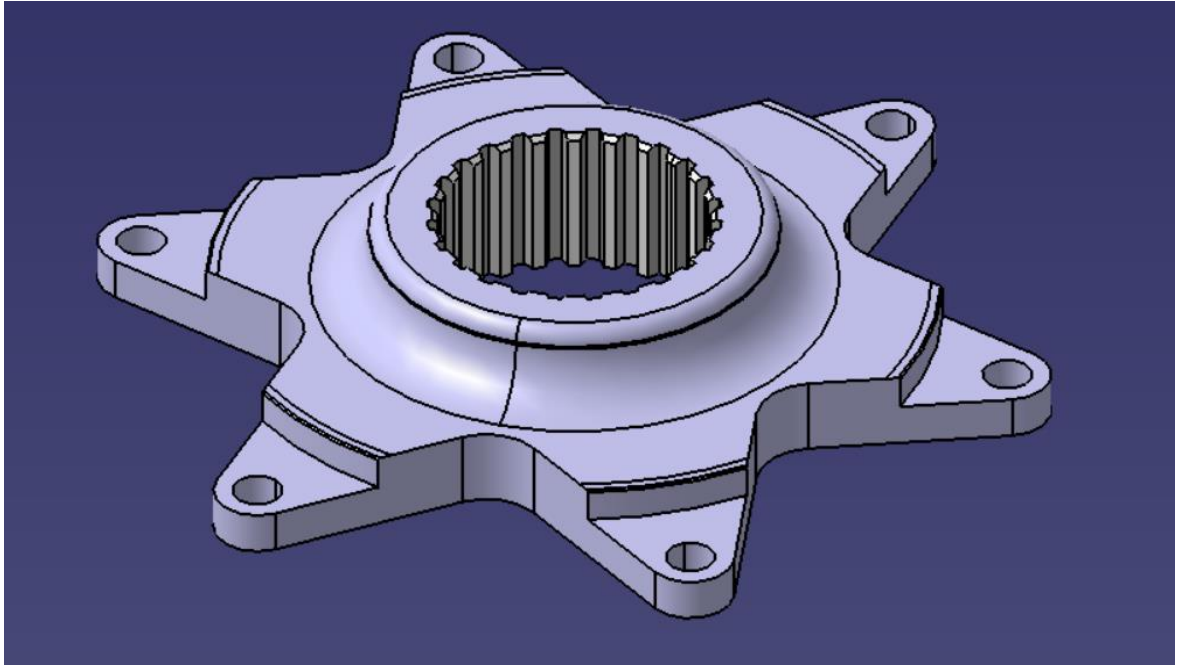
Este elemento une la corona con el diferencial. Al comprar el diferencial, con él, viene un tocho de aluminio del que se parte para realizar la estrella de la corona. Dicho tocho posee interiormente el estriado necesario para encajar con el estriado exterior del lateral del diferencial:



Que encajaría en el diferencial de la siguiente manera:



El diseño que se haga para el mecanizado de dicha pieza tiene que encajar con los 6 puntos de anclaje de la corona ya comprada. Dichos puntos, como se mencionó anteriormente, permitirán comprar otras coronas de 40 y 42 dientes sin necesidad de tener otra estrella de corona. El diseño en Catia que se realiza de dicha pieza es el siguiente:



Dicha pieza se manda a fabricar y queda de la siguiente manera:



Que unido a la corona mediante 6 tornillos:



8 OTROS ELEMENTOS

En este apartado, se va a realizar una descripción de los elementos que no han sido diseñados explícitamente por el alumno que suscribe, sino que han sido buscados en catálogos y comprados a empresas externas en función de las especificaciones y necesidades.

8.1 Piñón – Cadena – Corona

Este conjunto de elementos, son los que transmiten el par que sale de la caja de cambios, la cual está incluida en el bloque motor, al diferencial mediante estos 3 elementos.

La relación de transmisión la marcan los números de dientes tanto del piñón como de la corona. Al cambiar la relación de transmisión, se cambia el par de fuerza aplicado. Al igual que dependiendo de la marcha a la que vayamos, dicha relación de transmisión total varía. Pero la caja de cambios es un elemento que no vamos a realizarle modificación alguna al estar incluida en el bloque de nuestro motor Honda CBR600RR.

Las relaciones de transmisión de la caja de cambios del motor Honda CBR600RR son las siguientes:

1ª Velocidad	2.666
2ª Velocidad	1.937
3ª Velocidad	1.611
4ª Velocidad	1.409
5ª Velocidad	1.261
6ª Velocidad	1.166

Cabe recalcar que el motor es de moto de calle que ha sido montado en un coche de competición. Un monoplaza tipo Formula Student, acorde con la normativa y el formato de la competición, destacan por la relación potencia-peso que tienen. Velocidades altas las alcanzan, pero en competición, los circuitos son muy ratoneros y revirados, los cuales destacan por su gran número de curvas lentas y su ausencia de rectas, las cuales no permiten alcanzar, en carrera, velocidades altas. La velocidad media en carrera es de entre unos 50 y 60 km/h.

Con esto, decir que la 5ª y la 6ª marcha nunca llegan a utilizarse en competición, por lo que resulta ineficiente llevarlas a parte de por el peso, que en competición siempre se intenta ir al límite en este aspecto ya que influye de manera directa en el tiempo por vuelta.

Estos años de experiencia en el equipo y pruebas en pista, uno de los muchos problemas que nos hemos encontrado a lo largo de esos años ha sido el cambio de marcha, sobre todo de 1ª a 2ª, ya que es el cambio que mayor diferencia de relación de transmisión tiene, por lo que es el que mayor dificultad se tiene a la hora de cambiar de marcha, y el que mayores problemas da. Por ejemplo, en la endurance de Formula Student Germany 2016, se quedó el embrague cogido y no permitía cambiar de 1ª a 2ª, por lo que tras toda la primera vuelta de carrera en 1ª junto con lo delicado que estaba el motor que ya venía dando bastantes problemas previamente, acabaron por una rotura de motor y el consecuente abandono en la carrera.



Ante esta problemática, una de las soluciones que se han planteado y que posiblemente se implante en el ART-17, es la de quitar la 1ª marcha para arrancar directamente desde 2ª. Por lo que las 4 primeras marchas pasarían a ser de la 2ª a la 5ª. Y la 6ª seguiría siendo igualmente inútil por lo que también puede ser eliminada.

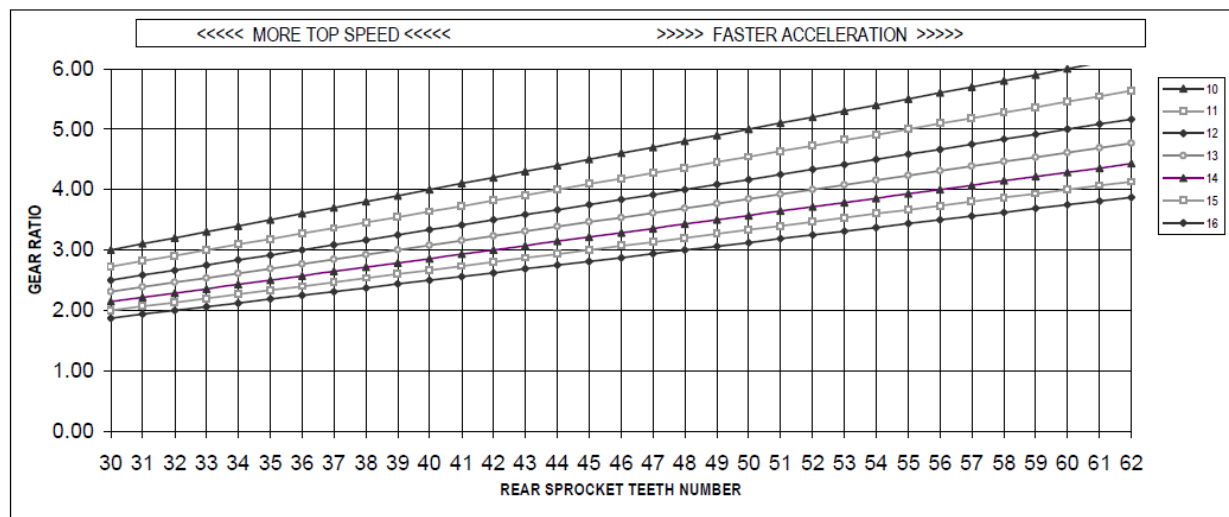
Otro de los parámetros que influye en la relación de velocidades es el diámetro de la rueda. En el ART-14 se llevaron ruedas de 13 pulgadas, pero para el ART-15 una de las modificaciones fue pasar de ruedas de 13 a ruedas de 10 pulgadas. En las siguientes tablas vamos a ver las diferencias entre tener un tipo de rueda u otro.

La relación de transmisión piñón-corona en función del número de dientes la podemos ver en la siguiente tabla:

GEAR RATIOS FOR SPROCKETS											
REAR SPROCKET TEETH	FRONT SPROCKET TEETH										
	<<<< FASTER ACCELERATION <<<<<< >>>>>> MORE TOP END SPEED >>>>>>										
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
30	3.00	2.73	2.50	2.31	2.14	2.00	1.88	1.76	1.67	1.58	
31	3.10	2.82	2.58	2.38	2.21	2.07	1.94	1.82	1.72	1.63	
32	3.20	2.91	2.67	2.46	2.29	2.13	2.00	1.88	1.78	1.68	
33	3.30	3.00	2.75	2.54	2.36	2.20	2.06	1.94	1.83	1.74	
34	3.40	3.09	2.83	2.62	2.43	2.27	2.13	2.00	1.89	1.79	
35	3.50	3.18	2.92	2.69	2.50	2.33	2.19	2.06	1.94	1.84	
36	3.60	3.27	3.00	2.77	2.57	2.40	2.25	2.12	2.00	1.89	
37	3.70	3.36	3.08	2.85	2.64	2.47	2.31	2.18	2.06	1.95	
38	3.80	3.45	3.17	2.92	2.71	2.53	2.38	2.24	2.11	2.00	
39	3.90	3.55	3.25	3.00	2.79	2.60	2.44	2.29	2.17	2.05	
40	4.00	3.64	3.33	3.08	2.86	2.67	2.50	2.35	2.22	2.11	
41	4.10	3.73	3.42	3.15	2.93	2.73	2.56	2.41	2.28	2.16	
42	4.20	3.82	3.50	3.23	3.00	2.80	2.63	2.47	2.33	2.21	
43	4.30	3.91	3.58	3.31	3.07	2.87	2.69	2.53	2.39	2.26	
44	4.40	4.00	3.67	3.38	3.14	2.93	2.75	2.59	2.44	2.32	
45	4.50	4.09	3.75	3.46	3.21	3.00	2.81	2.65	2.50	2.37	
46	4.60	4.18	3.83	3.54	3.29	3.07	2.88	2.71	2.56	2.42	
47	4.70	4.27	3.92	3.62	3.36	3.13	2.94	2.76	2.61	2.47	
48	4.80	4.36	4.00	3.69	3.43	3.20	3.00	2.82	2.67	2.53	
49	4.90	4.45	4.08	3.77	3.50	3.27	3.06	2.88	2.72	2.58	
50	5.00	4.55	4.17	3.85	3.57	3.33	3.13	2.94	2.78	2.63	
51	5.10	4.64	4.25	3.92	3.64	3.40	3.19	3.00	2.83	2.68	
52	5.20	4.73	4.33	4.00	3.71	3.47	3.25	3.06	2.89	2.74	
53	5.30	4.82	4.42	4.08	3.79	3.53	3.31	3.12	2.94	2.79	
54	5.40	4.91	4.50	4.15	3.86	3.60	3.38	3.18	3.00	2.84	
55	5.50	5.00	4.58	4.23	3.93	3.67	3.44	3.24	3.06	2.89	
56	5.60	5.09	4.67	4.31	4.00	3.73	3.50	3.29	3.11	2.95	
57	5.70	5.18	4.75	4.38	4.07	3.80	3.56	3.35	3.17	3.00	
58	5.80	5.27	4.83	4.46	4.14	3.87	3.63	3.41	3.22	3.05	
59	5.90	5.36	4.92	4.54	4.21	3.93	3.69	3.47	3.28	3.11	
60	6.00	5.45	5.00	4.62	4.29	4.00	3.75	3.53	3.33	3.16	
61	6.10	5.55	5.08	4.69	4.36	4.07	3.81	3.59	3.39	3.21	
62	6.20	5.64	5.17	4.77	4.43	4.13	3.88	3.65	3.44	3.26	

Lowering the ratio increases top end speed - Increasing the ratio increases acceleration and bottom end power.

Incrementando esta relación de transmisión, aumentamos la aceleración a bajas vueltas, y disminuyendo esta relación, incrementamos la velocidad punta, por lo que hay que buscar un equilibrio.



La relación de transmisión piñón-corona que se llevaba en el ART-14 era 16-50, la cual daba las siguientes relaciones de velocidades a 8500 rpm:

Gear ratios CBR600 RR	
1ª velocidad	2,666
2ª	1,937
3ª	1,611
4ª	1,409
5ª	1,261
6ª	1,166
Primary drive	2,111

todos los ratios definidos como 1:...

Dientes de nuestro piñón	16
Dientes de la corona	50
Final drive ratio	3,125

RUEDA 13 PULGADAS		
Rpm	Radio de la rueda (m)	Velocidad (km/h)
8500	0,26035	47,44
8500	0,26035	65,29
8500	0,26035	78,50
8500	0,26035	89,75
8500	0,26035	100,29
8500	0,26035	108,46

RUEDA 10 PULGADAS		
Rpm	Radio de la rueda (m)	Velocidad (km/h)
8500	0,2286	41,65
8500	0,2286	57,33
8500	0,2286	68,93
8500	0,2286	78,81
8500	0,2286	88,06
8500	0,2286	95,23

Para la mayoría de motores, los piñones van desde 13 hasta 18 dientes, raramente se encuentran de menos de 12 o inferior número de dientes. A piñón más chico, más chica podrá ser la corona, obteniendo la misma relación de transmisión deseada.

Con respecto a la relación de transmisión que se había elegido, teniendo en cuenta también que ya las ruedas pasaban a ser de 10 pulgadas, primeramente, se optó por 13-38, la cual daba las siguientes relaciones de velocidades a 8500 rpm:

Gear ratios CBR600 RR	
1ª velocidad	2,666
2ª	1,937
3ª	1,611
4ª	1,409
5ª	1,261
6ª	1,166
Primary drive	2,111

todos los ratios definidos como 1:...

Dientes de nuestro piñón	13
Dientes de la corona	38
Final drive ratio	2,92307692

RUEDA 13 PULGADAS		
Rpm	Radio de la rueda (m)	Velocidad (km/h)
8500	0,26035	50,71
8500	0,26035	69,80
8500	0,26035	83,92
8500	0,26035	95,96
8500	0,26035	107,22
8500	0,26035	115,95

RUEDA 10 PULGADAS		
Rpm	Radio de la rueda (m)	Velocidad (km/h)
8500	0,2286	44,53
8500	0,2286	61,29
8500	0,2286	73,69
8500	0,2286	84,25
8500	0,2286	94,14
8500	0,2286	101,81

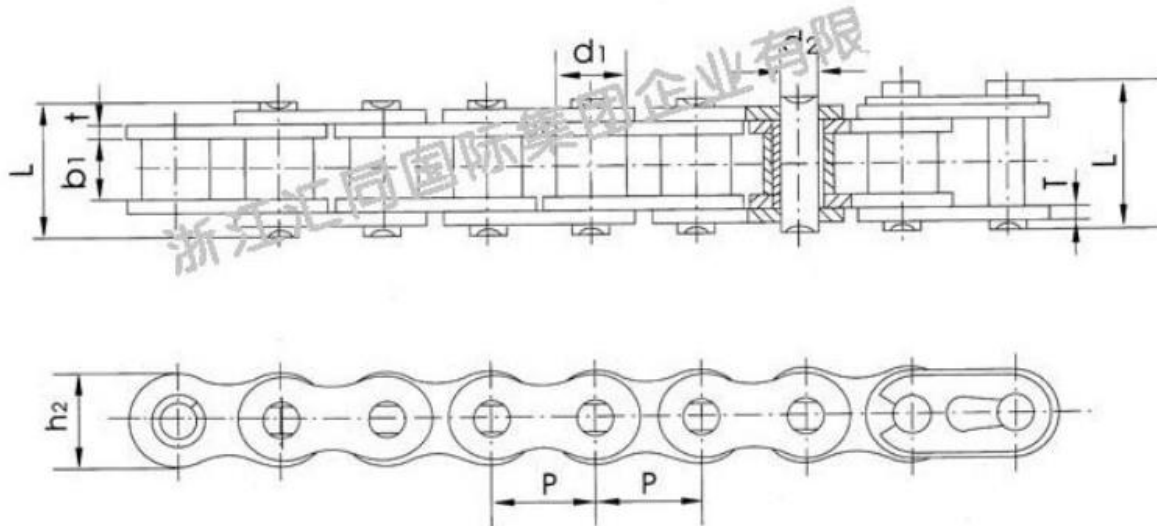
La corona de 38 dientes que se compró de un catálogo es la de la siguiente imagen. Se eligió esta ya que poseía los mismos modelos para coronas de 40 y 42 dientes, es decir, con los mismos orificios para atornillar la estrella de la corona, por si en un futuro se querían adquirir coronas con un mayor número de dientes y hacer pruebas en pista.



Luego, la cadena que enlaza el piñon y la corona, el paso debía de ser 520, igual que piñon y corona. Las especificaciones de las cadenas son las siguientes:

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

Las cadenas más usadas en motorsport son 520 y 530. El primer número indica la distancia entre ejes de los pines en octavos de pulgada ($5/8$ inch = 15,875mm). El segundo número indica el ancho entre las placas interiores en octavos de pulgada ($2/8$ inch = 6.25mm).



La especificación 520H tiene las mismas medidas pero es incluso más resistente, por lo que para competición conviene que sea así.



8.2 Puntas del diferencial – Tripods – Palieres – Circlips – Fuelles (Guardapolvos)

Las puntas del diferencial son las piezas que, con su estriado exterior, encajan en el estriado interior de los extremos del diferencial por un lado, y por el otro hacen de alojamiento del tripod que luego será introducido.



Los tripods son juntas homocinéticas que conectan, en este caso, los palieres con las puntas haciendo que la velocidad de giro entre ellos sea igual en todo momento. Igual pasa con los tripods que van en el otro extremo del palier, que van a los bujes o ejes, que serían, en este caso los que harían de alojamiento de dichos tripods y ya transmitirían la velocidad de giro a las ruedas. Los palieres están sometidos a movimientos oscilatorios de la suspensión, por lo que la junta debe ser articulada, y una de ellas, son las juntas homocinéticas trípod. Los palieres provienen de la empresa GKN que se reutilizaron del monoplaza del año anterior.

Recalcar que el tamaño y las medidas de los tripods que van a ambos lados son distintos pero iguales dos a dos, es decir, los que van al diferencial por ambos lados son exactamente igual, y los que van al buje o eje de ambas ruedas son iguales.



Para evitar que el tripod se salga hacia fuera de los palieres se utilizan circlips, que tal y como su nombre indica, son clips circulares que hacen de tope evitando que el tripod se salga. Los propios palieres poseen unas ranuras donde se ubicarían dichos circlips. El ensamblaje será desarrollado con mayor detalle en el apartado 8.



Como quedaría este ensamblaje, lo vemos más claramente en la siguiente imagen:



Finalmente están los fuelles o guardapolvos, cuya función es la de retener la grasa en el alojamiento del tripod en el interior del buje o eje para mantenerlo continuamente lubricado.





Estos últimos 4 elementos que hemos descrito: puntas del diferencial, tripods, circlips y fuelles, buscando en distintos catálogos por internet, encontramos una empresa estadounidense que tenía dichos elementos, RCV PERFORMANCE PRODUCTS por lo que se hizo el pedido a dicha empresa, cuyos enlaces a productos son:

Puntas: <http://www.rcvperformance.com/product-details.aspx?sku=D4824>

Tripod: <http://www.rcvperformance.com/product-details.aspx?sku=D4672-TA>

Fuelles: <http://www.rcvperformance.com/product-details.aspx?sku=615-3>

Circlips: <http://www.rcvperformance.com/product-details.aspx?sku=214-54>

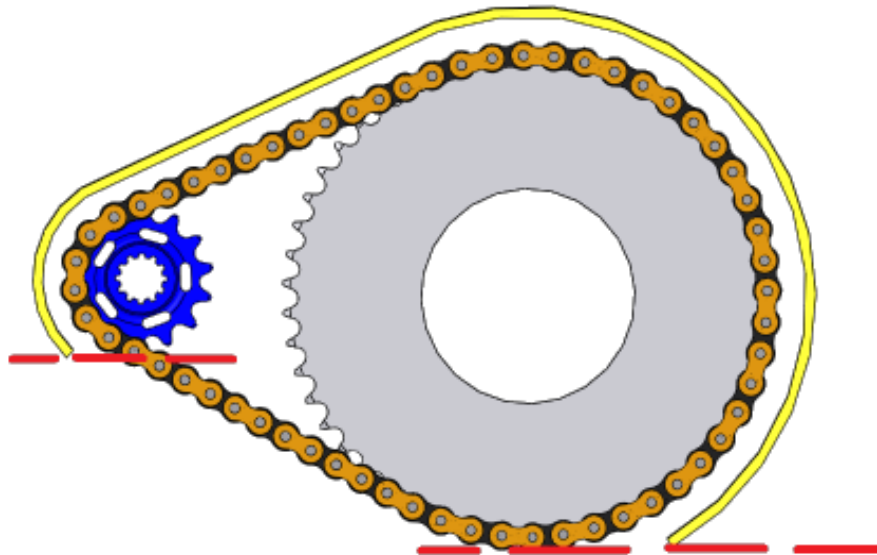
Y la imagen del pedido al completo al llegar:



8.3 Cubrecadena

El sistema Este elemento de seguridad, tiene que cumplir una serie de requisitos de diseño para cumplir la normativa de la Formula Student:

El cubrecadena tiene que cubrir desde el piñón hasta la corona. Debe de empezar y acabar paralelo a los puntos más bajos de piñón y corona, tal y como representa la siguiente imagen:



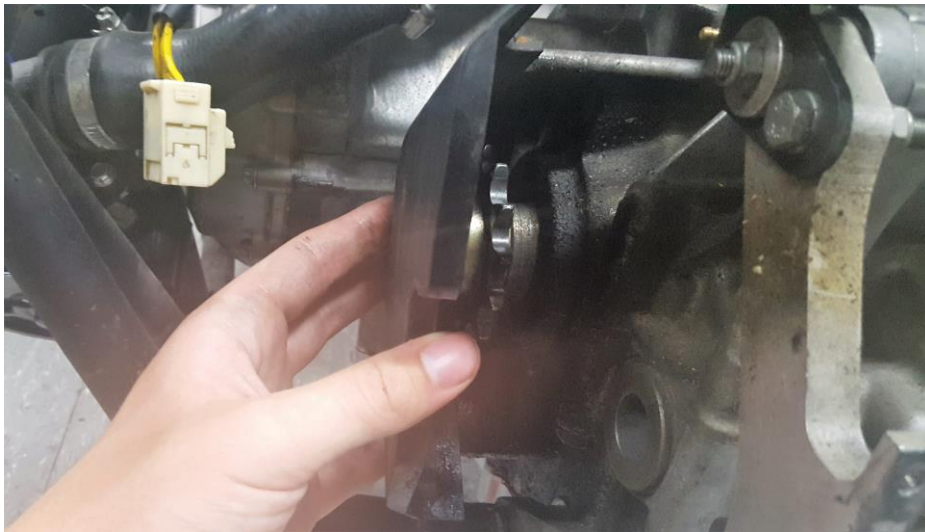
El material utilizado tiene que ser acero y de un espesor mayor a 2.66mm, y tener un ancho mayor al triple de ancho del espesor de la cadena. Nuestra cadena tiene un espesor de 23mm, por lo que el ancho de nuestro cubrecadena será de 70mm.

La métrica de los tornillos que anclen el cubrecadena tienen que ser mínimo de métrica 6 y calidad 8.8 o mayor.

Para el diseño de nuestro cubrecadena, contamos con parte que viene de serie en el motor, el cual nos indica la norma que es válido:



Montado en el motor quedaría de la siguiente manera:



Por lo que el diseño de nuestro cubrecadena debe cubrir la parte restante para que cumpla la normativa, siendo de ancho 70mm.



Que montado en el chasis quedaría de la siguiente manera:



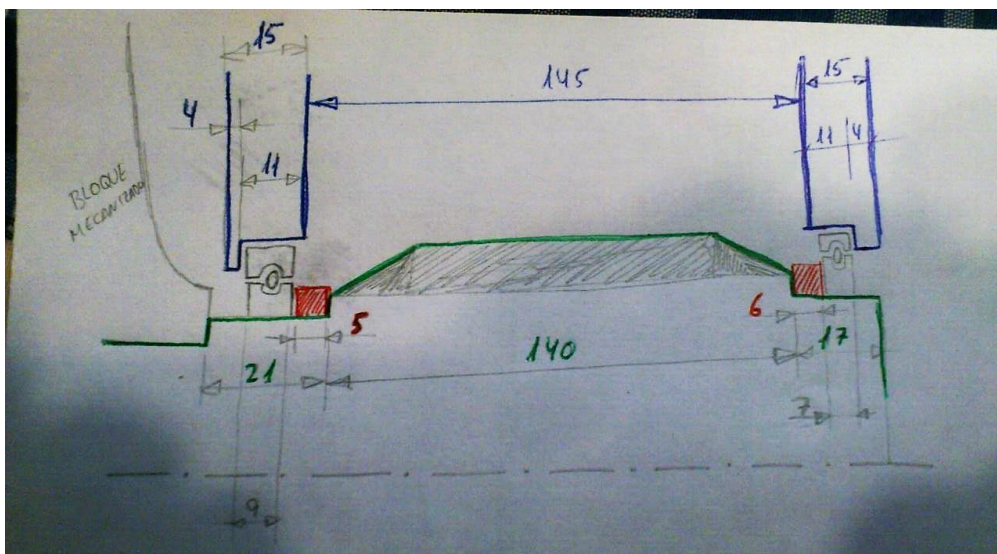
9 ENSAMBLAJE

En este apartado, se va a realizar una explicación detallada del montaje del sistema de transmisión al completo en el monoplaza, partiendo de la base de que el resto de piezas y partes del coche que inciden directa o indirectamente en el montaje del sistema de transmisión están listas y colocadas en el monoplaza.

En primer lugar, lo primero que hay que posicionar es el diferencial. Para ello, comenzamos introduciendo los rodamientos en sus respectivos alojamientos de las excéntricas mediante un kit de montaje de rodamientos proporcionado por Schaeffler, y dichas excéntricas con los rodamientos las introducimos cada una por su lado correspondiente a una distancia entre ellas de 145mm dándole poco a poco golpes con un mazo por igual, tal y como se muestra en la siguiente imagen:



La distancia de 145mm se debe a la distancia que hay en las 2 cogidas que iban a tener los soportes del diferencial por la parte interior que luego explicaremos donde irán sujetos ambos soportes.

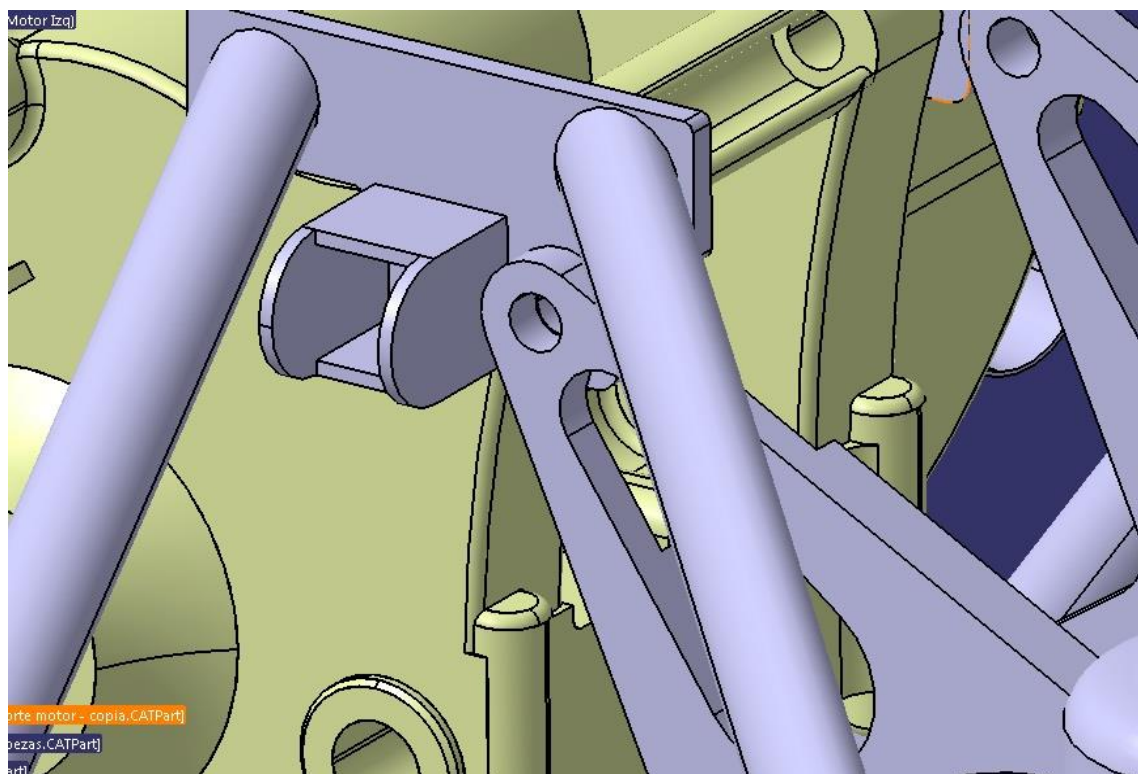
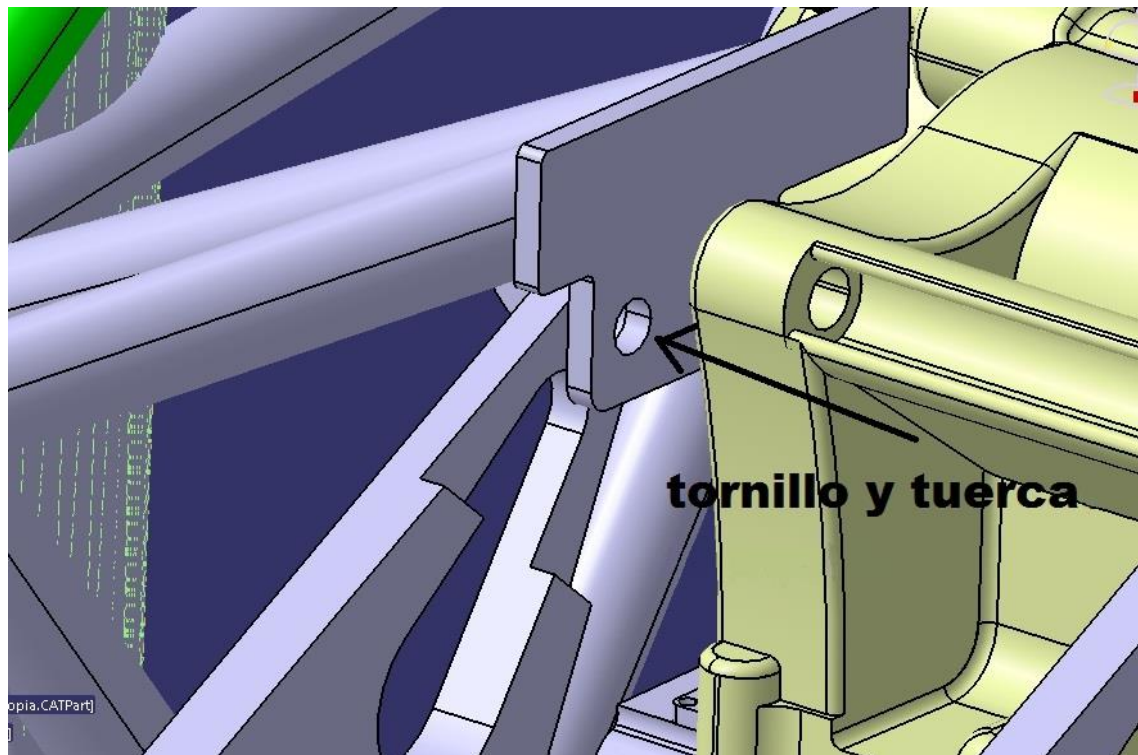


Lo siguiente es introducir las excéntricas en los soportes y apretarlos. Para apretarlos se utilizan 2 tornillos de métrica 8 y tuercas autoblocantes.

Recalcar que para que entre el diferencial recto las excéntricas tienen que quedar perfectamente alineadas. Ante la dificultad en varias ocasiones de que quedase bien alineado, gracias al Departamento de Fabricación de la escuela se realizaron posteriormente unas muescas graduales a ambas excéntricas, con las que así permitía saber cuántos grados de inclinación se les estaba dando a ambas, siendo esta inclinación igual en las 2, evitando así el problema comentado anteriormente.



Una vez montado este conjunto, lo montamos en el chasis en las distintas cogidas que se habían pensado para ello.



Una vez ya colocado los soportes y el diferencial en su sitio, el siguiente paso era atornillar la estrella de la corona a la corona con tornillos avellanados M12 y sus tuercas autoblocantes correspondientes. Y colocar este conjunto en el diferencial ya montado en el chasis, quedando sujeto mediante un circlip.

Una vez colocados: diferencial, soportes, piñón y corona, lo siguiente es colocar la cadena. La cadena al comprarla viene con eslabones de sobra, los cuales se pueden quitar con un tronchacadenas o, en su defecto, como en alguna ocasión hemos tenido que hacer por no estar en Sevilla para ir a una empresa poseedora de esta maquinaria que nos permitiera realizar esto, con la radial y el disco de desbaste por el eslabón deseado hasta que eliminábamos la parte exterior y luego con un punzón y la maza, hasta que se conseguía eliminar.

Recalcar que el número de eslabones se estima con la posición del diferencial lo más hacia delante posible (mínima distancia de cadena posible), para luego, una vez cerrada la cadena, poder tensarla. Hay una distancia de un eslabón por lo que hay margen suficiente de tensado. Lo siguiente sería quitarle un eslabón más. La posición ideal sería la central hacia arriba, ya que es la que ha sido diseñada para que el diferencial se encuentre alineado con el eje trasero, es decir, con el centro de las ruedas del eje trasero.

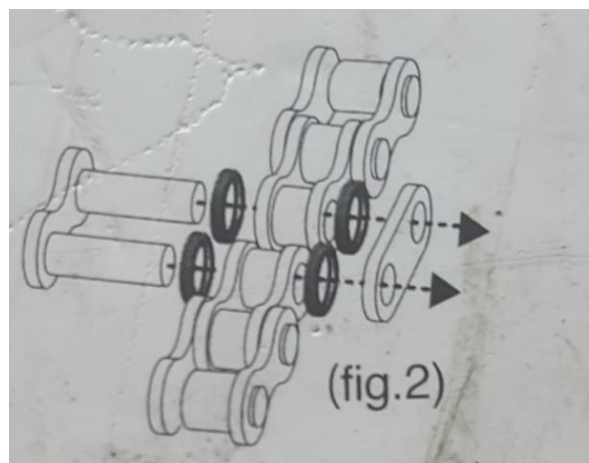
Una vez tenemos la cadena con el número de eslabones deseados la cerramos con un eslabón retráctil:



Que habría que cerrarlo tal que así:



En el siguiente dibujo queda más claro:



En nuestro caso, es un eslabón de unión tipo clip, por lo que hay que tener cuidado con cerciorarse de que el lado trasero redondo del clip de cierre esté orientado en la misma dirección que la de rotación, como explica la siguiente imagen:

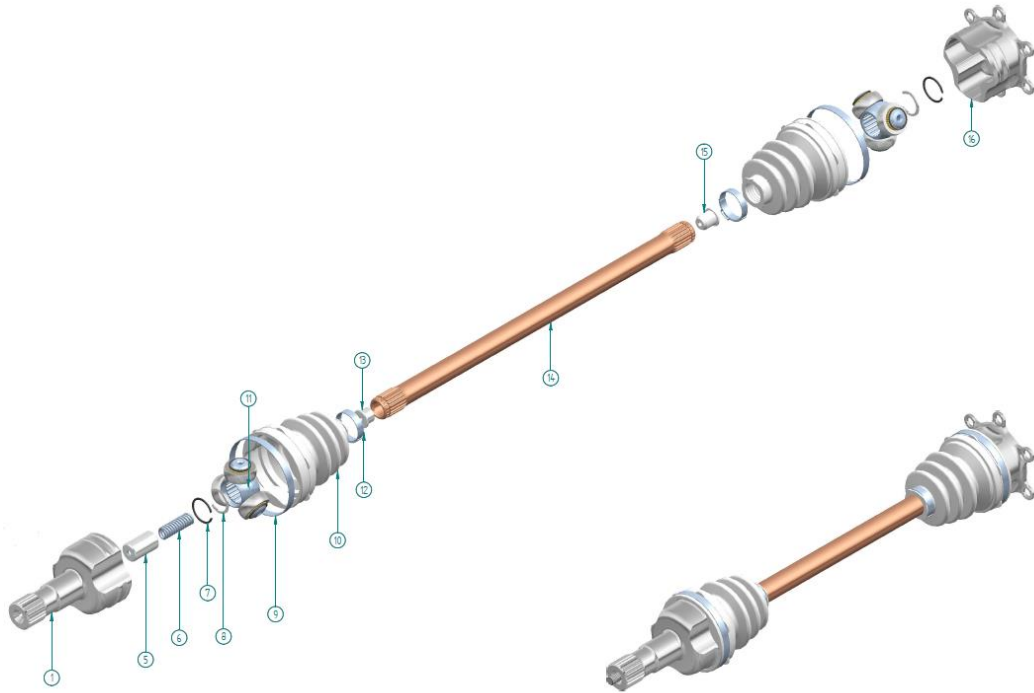


Quedando (sin montar realmente) de la siguiente manera:



Ya una vez se cierra la cadena, se tensa la cadena girando hacia detrás ambas excéntricas en paralelo hasta que la misma quede tensa.

Cuando ya están todos estos elementos anteriormente mencionados, lo siguiente serían las puntas (encajadas dentro del diferencial), los tripods (encajados dentro de las puntas), los palieres (encajados dentro de los tripods) y los tripods que van alojados dentro de los bujes o ejes de sus respectivas ruedas y a su vez con el estriado interior al palier. Un explosionado de esta parte refleja perfectamente el montaje de esta parte:



Realizando esta operación por partes, se introducen primeramente las puntas en el diferencial:



Lo siguiente es colocar el tripod en el palier quedando sujeto por el circlip que abría que colocarlo en su alojamiento del palier:



Y este conjunto dentro de la punta:



Y por el otro lado del palier exactamente igual con el tripod, pero introduciéndolo en el alojamiento del buje o eje.

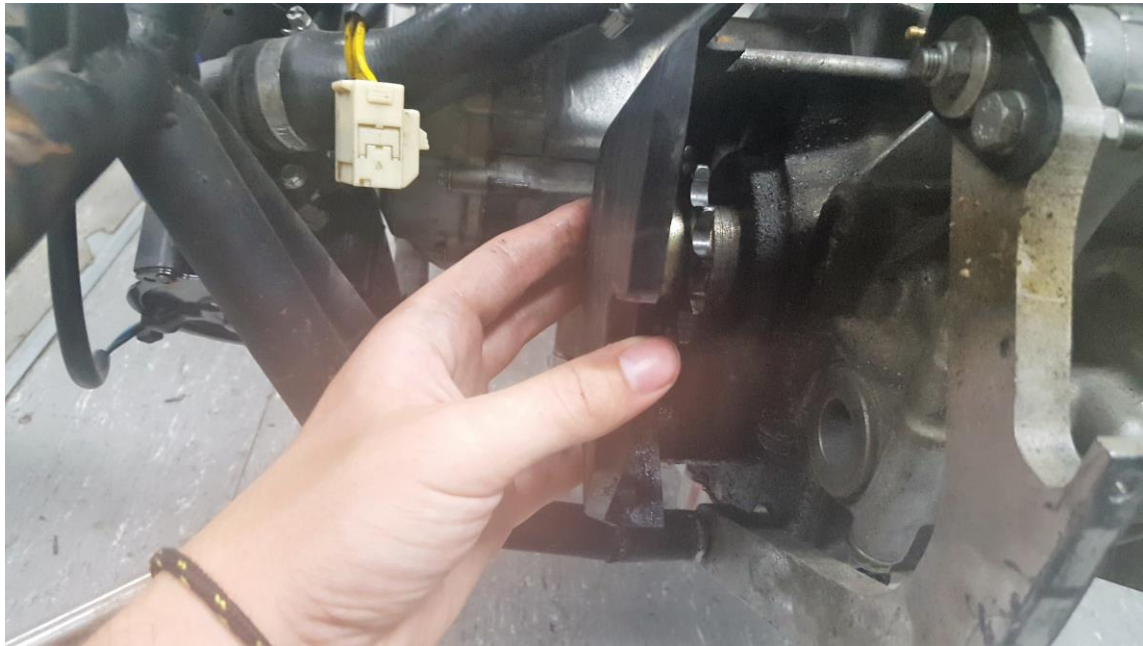


Hay que tener cuidado de no olvidar introducir los fuelles o guardapolvos antes de colocar el circlip del segundo tripod que se coloque, sino ya una vez ambos puestos, los fuelles no entran, por lo que habría que desmontar uno de los dos tripod para introducir los fuelles.

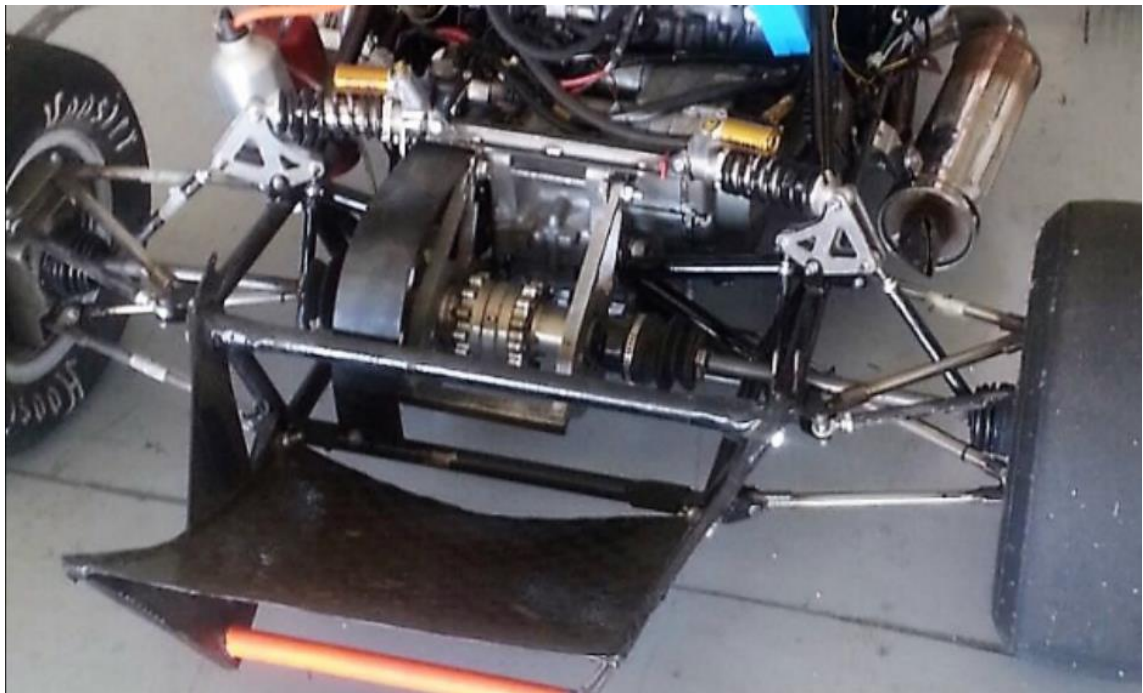
Cuando están ya cada uno de los tripod en sus respectivos alojamientos, lo último que hay que hacer es introducir grasa de transmisión tanto en los alojamientos de tripod de las puntas como en el de los ejes y cerrarlo con bridas metálicas o, en su defecto bridas tanto en la parte de los bujes o puntas como en los palieres, es decir, en ambos extremos de los fuelles.

Y ya por último, lo que faltaría por ensamblar sería el cubrecadena. Que con posicionarlo en su sitio y atornillarlo en sus respectivas cogidas explicadas anteriormente sería suficiente. Igualmente, no olvidar la parte de 'cubrecadena' que cubre también el piñón, que viene de serie con la moto, revisar que esté colocado. Si no lo está, posicionarlo y atornillarlo.





Y finalmente, todo montado en el coche quedaba de la siguiente forma:





10 IMPREVISTOS DURANTE EL ENSAMBLAJE

En este apartado, se van a tratar los problemas o imprevistos que han surgido a la hora de ensamblar todas las piezas, así como la solución que se les ha dado a los mismos.

Aparte de los problemas que se han mencionado anteriormente, como el alineamiento de las excéntricas cuya solución fue realizarle las marcas graduales para saber exactamente en la posición en la que se encontraba cada una de ellas para poder así colocar ambas en la misma posición con mayor precisión y el sobrante de eslabones de la cadena, aparecieron otro tipo de imprevistos.

Uno de ellos fue el hecho de que los estriados en los extremos de los palieres, no sólo eran diferentes, sino que los extremos del palier que daban al diferencial, el tripod entraba hasta dentro del todo, es decir, no tenía tope interno, lo que se hacía con el propio estriado como se puede ver en las imágenes:

NO PASA



PASA



En los casos en los que no pasa (los extremos externos, los que van a las ruedas), el tripod no se deslizaba hacia el centro del palier por la forma del estriado y tampoco hacia fuera por el circlip.

Pero en los casos en los que sí pasa, el tripod hacia fuera no salía por el circlip pero hacia dentro había que ponerle una solución.

Se pensaron varias, una de ellas era la lógica, o la que debería traer de fábrica que sería la de un alojamiento interno para el circlip. Ya que no venía, se lo podíamos realizar nosotros por nuestra cuenta en el torno. El problema era que los palieres traen un tratamiento térmico para aumentar su dureza, el cual creíamos que fastidiaríamos en caso de mecanizar el alojamiento para el circlip.

La solución que se le dio fue de lo más casero, fue colocar un circlip internamente a pesar de que no tuviera alojamiento ni nada y estuviera algo deformado y pegarlo con pegamento bicomponente creando una especie de pared que hacía de tope, a la distancia que a nosotros nos interesaba para que el tripod entrase en su totalidad. Podemos apreciarlo en la siguiente imagen:



De esta manera, el tripod ya no deslizaba hacia dentro, y hacia fuera tampoco ya que tenía el circlip.

Parece una solución que no funcionaría o que en algún momento fallaría. En algún momento tendrá que fallar, pero hasta la fecha, después de 2 años, sienta utilizado tanto en el ART-15, como en el ART-16, sigue intacta.

En el otro palier se optó por una solución algo más consistente, y fue soldarle unos trozos de metal que hacían igualmente de tope, como anteriormente:



Una vez ya encajados los tripods en los palieres, y colocados en el eje trasero, con toda la transmisión ya montada, aparece el problema de que los palieres eran más largos de la cuenta ya que no permitían recorrer toda la distancia del amortiguador, es decir, en el momento en el que el amortiguador se comprimía, llegaba un punto en el que el palier chocaba con las paredes de los bujes y las puntas y no permitía al amortiguador seguir amortiguando.

Esto causaba un problema, y la solución era clara, había que acortar los palieres, y el problema venía en ver dónde podías cortar para que siguiera funcionando como si no se hubieran acortado, teniendo incluso que cortar parte de los estriados de las puntas.

POSICIÓN INFERIOR



POSICIÓN SUPERIOR



Poco a poco se fue acortando el palier conforme íbamos teniendo claro la zona por donde quitar material, y lo primero que se eliminó fue unas puntas que tenía el palier:



Se fue eliminando poco a poco y comprobando numerosas veces hasta que vimos que no era necesario eliminar más material.

Pero resulta que, al modificar las posiciones de las excéntricas, éste problema volvía a suceder, por lo que se comprobó en numerosas posiciones distintas de las excéntricas y había un rango de unos 30° que en esas posiciones el palier izquierdo seguía sin permitir el recorrido entero del amortiguador, por lo que había que seguir acortando.

Del palier izquierdo se recortó algo más, pero no nos atrevíamos a hacerlo mucho más, por lo que vimos otra solución, que era recortar parte de la punta, aunque recortásemos parte del estriado exterior.

Aquí sí que fuimos rebajando muy poco a poco y comprobando en numerosas ocasiones para rebajar lo justo y necesario del estriado de la punta izquierda, hasta que finalmente conseguimos que, para absolutamente todas las posiciones de las excéntricas, es decir, todas las posiciones a las que se podía encontrar el diferencial, ambos amortiguadores pudieran comprimirse en su totalidad.



11 PROBLEMAS EN FASE DE TEST

En este punto, el sistema de transmisión de potencia está listo para ser probado en pista, en prueba real. Durante dichas pruebas, como cualquier prototipo cuando es probado, suelen salir problemas y errores que no se hayan tenido en cuenta o diferencias con los estudios que se hayan hecho previamente.

El ART-15 fue un coche que quiso llevar a cabo muchas mejoras con respecto al monoplaça del año anterior, el ART-14. El ART-14 era el primer coche que realizaba el equipo ARUS, por lo que era un coche que sobre todo lo importante era que compitiera, fuese fiable y cumpliera la norma como fuese para ganar así experiencia y aprender para futuros años y futuros monoplaças, lo que viene siendo nuestro primer prototipo.

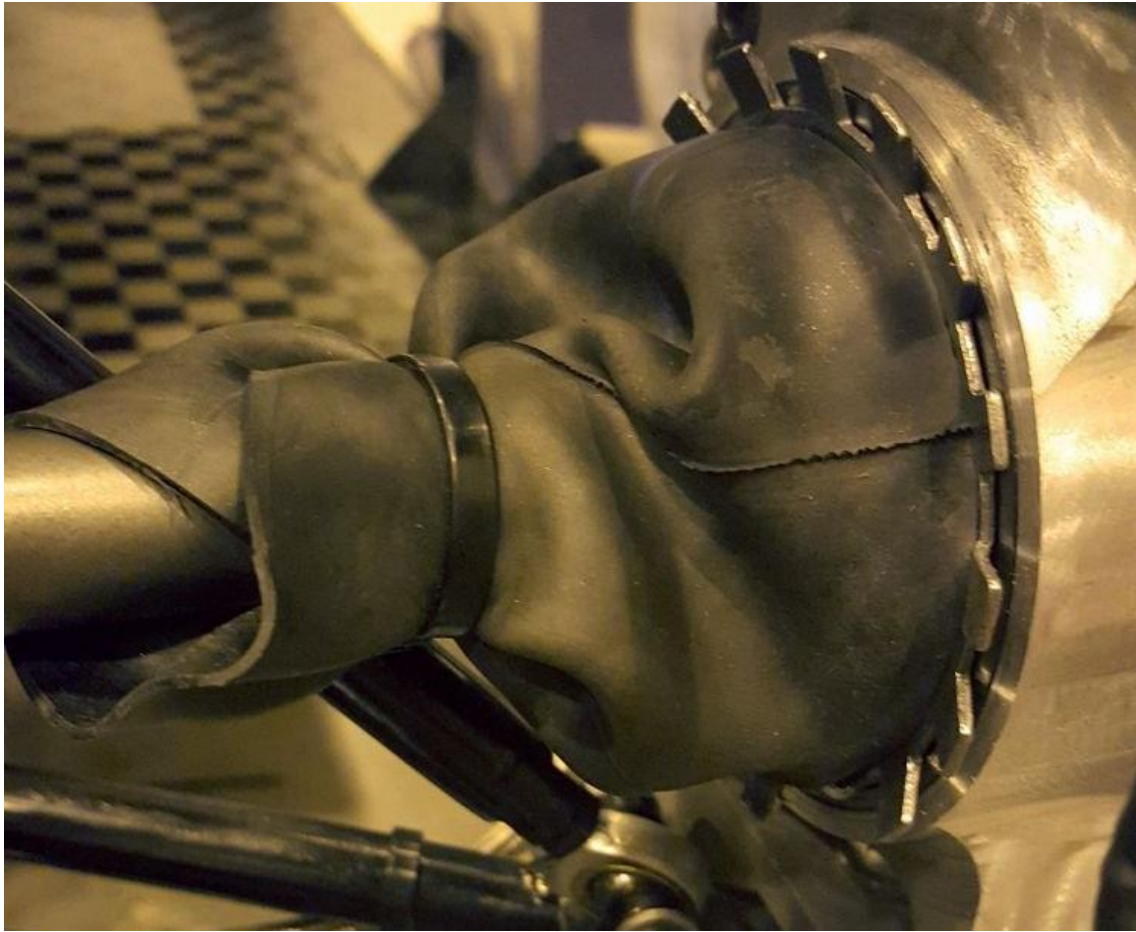
Al año siguiente, habiendo ya participado y cogido muchas ideas de lo que habíamos hecho bien y lo que habíamos hecho mal, se pusieron numerosas ideas sobre la mesa, queriendo avanzar en la gran mayoría de zonas del coche, lo cual no era lo idóneo, ya que, a posteriori, vimos como toda esa cantidad de diseños nuevos retrasó la fase de diseño, todas las piezas nuevas que había que fabricar y ensamblar también con su correspondiente retraso. Al final, apenas dio tiempo a rodar y probar el coche a las competiciones, sólo pudimos rodar algo más de una semana antes de la competición de Alemania en el Circuito de Jerez que amablemente nos cedió sus instalaciones para poder probar allí el coche.



Estando rodando en Jerez, el sistema de transmisión de potencia tuvo algunos problemas, de mayor y menor importancia.

Resulta que la barra del pull de la suspensión estaba muy cerca del fuelle o guardapolvos, más de lo que parecía en catia, lo que hacía rozar continuamente el fuelle con dicha barra. A la hora del montaje nos dimos cuenta, por lo que, para rodar, pusimos grasa en la zona de contacto para que deslizara sin problema. El caso es que, al tiempo, no durante los test, se rajaba el fuelle y por tanto, salía la grasa que estaba en el interior, en los alojamientos de los ejes para los tripods.

Una de las soluciones que se tomaron, ya casi al final de la temporada, fue cambiar el fuelle por un trozo de cámara de bicicleta, cogido igualmente con bridas para evitar la salida de la grasa. Y así no dio más problemas.



Por otra parte, una de las veces que estaba rodando se le salió la cadena, por lo que el coche volvió a box y se desmontó la transmisión entera. Con ello se pudo ver cómo, el diferencial se había desplazado lateralmente, es decir, los rodamientos habían deslizado en su interior, se habían movido, así como los soportes.

Para ello se decidieron 2 cosas:

- Fabricar unos casquillos que impidieran el deslizamiento de los rodamientos por la superficie del diferencial
- Realizar un perno que uniera ambos soportes y los mantuviera a una distancia constante de las caras interiores de 145mm.

Para determinar el ancho de los casquillos se tomarían con mucho cuidado numerosas medidas que hicieran que la corona estuviera en línea completamente con el piñón y los soportes anclados en su sitio.

De aquí se sacó que las distancias de los casquillos debían de ser de 5.9 el izquierdo y de 4.3 el derecho. Siendo el diámetro interior del casquillo izquierdo de 55mm y de 50 el derecho. Montados quedaban de la siguiente manera:



El perno por otro lado se sacó de la varilla de la imagen inferior con una longitud total de 173mm achaflanando los extremos para que entrara en los huecos de las pletinas que aprietan los soportes a las excéntricas. Y realizando los agujeros requeridos para que los tornillos de dichas pletinas lo atravesaran y mantuvieran así constante la distancia entre soportes, que con las vibraciones y el coche en pista no se pudiera desplazar.



Una vez solucionados estos problemas, el sistema de transmisión de potencia no volvió a fallar, permitiendo así al ART-15 participar en las competiciones de Formula Student Germany 2015 y Formula Student Spain 2015.

12 MANTENIMIENTO

Una vez montado, probado en pista y solucionados los correspondientes problemas en las distintas fases. El sistema requiere de un mantenimiento.

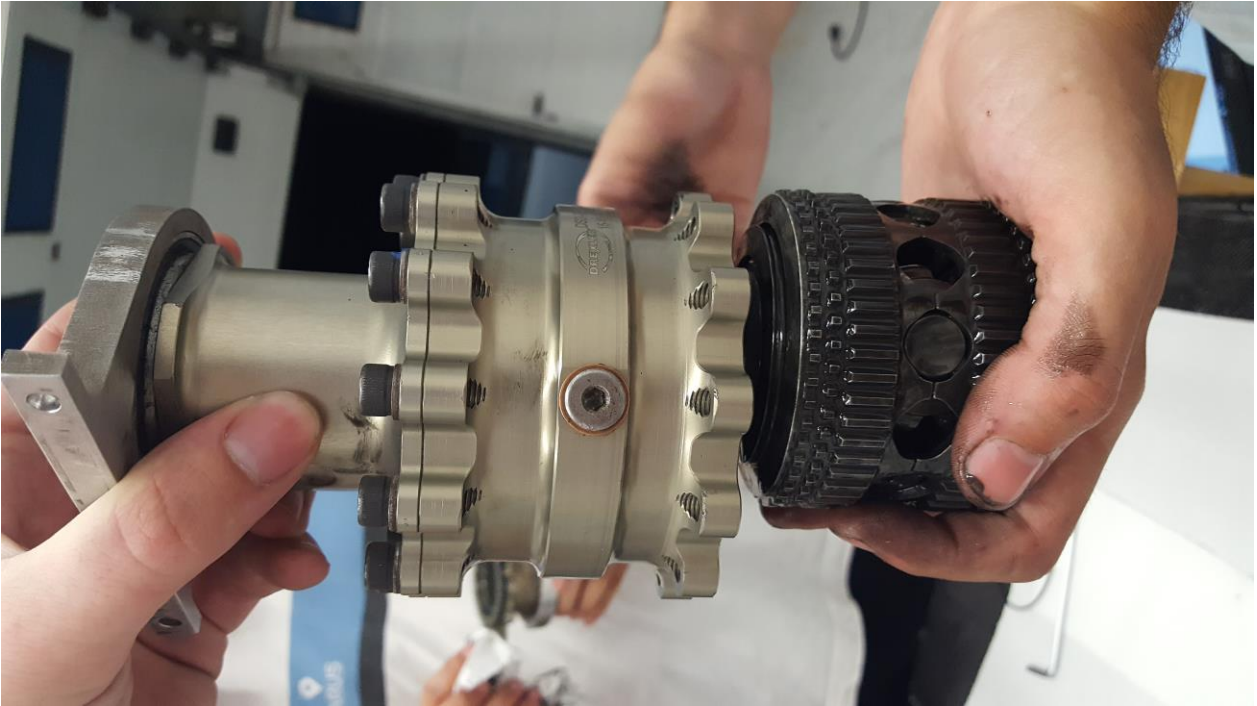
Cada vez que se desmonte y monte el sistema de transmisión, se le debe de suministrar grasa suficiente a los alojamientos de los tripods, tanto en las puntas que van al diferencial como en los ejes.

Pero hay un elemento que requiere de un cuidado más específico, el diferencial. El manual nos dice que dicho mantenimiento debe de ser realizado tras cada carrera o día largo de test. El aceite recomendado por el fabricante es el de la siguiente imagen:

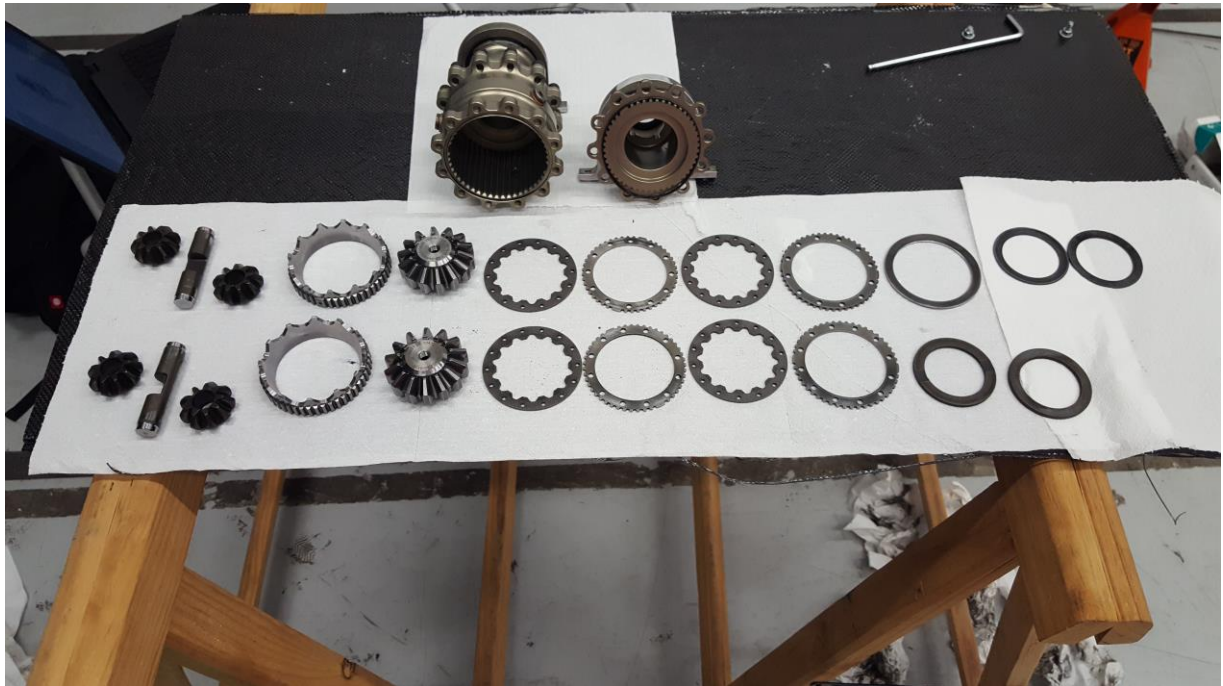


La cantidad recomendada a usar cada vez que se realice dicho mantenimiento es de 5cl.

Para ello lo primero que hay que hacer es desmontarlo por completo y limpiar todas y cada una de las partes.



Y dejarlo todo ordenado y limpio antes de comenzar el montaje:



Para montarlo, se sigue un manual de instrucciones que proporciona Drexler. El montaje comienza con el extremo del estriado, seguido de los discos en el mismo orden en el que iban anteriormente, empapando todos y cada uno de ellos en aceite.



Posteriormente se continúa con el montaje de planetarios y satélite, con la carcasa que permite ajustar las rampas que bloquean al diferencial en aceleración/frenada en función de la configuración deseada. La rampa que viene por defecto es la 40/50.

