

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ELCHE

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

Biblioteca

"VARIACIÓN GEOMÉTRICA DEL TREN
DELANTERO EN MOTOCICLETA DE
COMPETICIÓN"

TRABAJO FIN DE GRADO

Septiembre - 2024

AUTOR: Dennis Galiana García

DIRECTOR: José María Marín López

AGRADECIMIENTOS

Antes de nada tengo que dar las gracias a mis padres y a mi hermano por haberme apoyado para no dejar esta carrera de fondo llamada ingeniería.

A ti hermanito, gracias por ser mi referente en la vida para avanzar y no conformarme con nada. Me has potenciado siempre con hacer más cosas de las que se supone que eran suficientes. Ahora he conseguido trabajar de lo que siempre he querido y además, he conseguido algo que hace años era tan solo una idea que rondaba por mi cabeza...ser ingeniero.

A vosotros mamá y papá, gracias de corazón por todo lo que me habéis enseñado y por apoyarme en los momentos malos que he pasado. Se que estáis muy orgullosos de vuestros hijos, al igual que lo estamos nosotros. Ya apuntaba maneras de pequeño siempre trasteando cosas o con la minibike, pero ni vosotros ni yo pensábamos que esto iba a hacerse realidad, pero aquí estoy, en el último paso antes de terminar el grado.

A mi tutor del proyecto, José María, gracias por aceptar este proyecto y por toda la ayuda desde el primer día.

Gracias de corazón a todos los que habéis estado ahí.



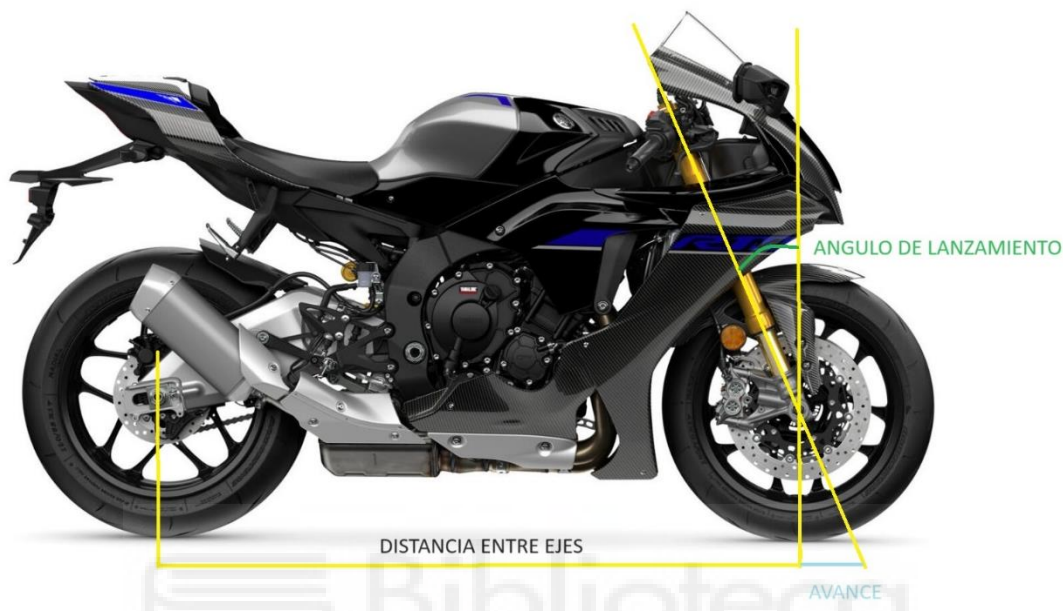
ÍNDICE

	Pág:
1 – INTRODUCCIÓN.....	5
2 – OBJETIVO.....	8
3 – ANTECEDENTES.....	9
3.1 – HISTORIA DE LA MOTOCICLETA.....	9
3.2 – TERMINOLOGÍA BÁSICA SOBRE GEOMETRÍA.....	11
3.2.1 - ¿QUÉ ES LA GEOMETRÍA?.....	11
3.3 – GEOMETRÍA BÁSICA DE UNA MOTOCICLETA.....	13
3.3.1 – DISTANCIA ENTRE EJES.....	13
3.3.2 – ÁNGULO DE LANZAMIENTO.....	17
3.3.3 – AVANCE.....	19
3.4 – INFORMACIÓN ADICIONAL.....	22
3.5 – COMPARATIVA GEOMETRÍA MOTOCICLETAS.....	24
3.6 – TIPOS DE VARIACIÓN DE LA GEOMETRÍA.....	26
3.6.1 – VARIACIONES POSIBLES PARA CALLE.....	27
3.6.2 – VARIACIONES POSIBLES PARA CIRCUITO.....	31
4 - ALTERNATIVAS DE DISEÑO.....	35
4.1 – RUEDA EXCENTRICA.....	35
5 - ESTUDIO DE MERCADO.....	36
6 - SOLUCION ADOPTADA.....	38
6.1 – DETALLE DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA.....	39
6.2 – ESQUEMA SECUENCIA DE MOVIMIENTOS REALIZADOS.....	41

	Pág:
6.3 – VENTAJAS.....	43
6.4 – PROBLEMAS CON EL DISEÑO.....	44
7 - CALCULOS JUSTIFICATIVOS./ CARGAS APLICADAS.....	45
7.1 – ACELERACIÓN MÁXIMA.....	46
7.2 – PASO POR CURVA.....	47
7.3 – FRENADA MÁXIMA.....	49
8 – SIMULACIÓN MEDIANTE ELEMENTOS FINITOS (FEM).....	51
9 – PLIEGO DE CONDICIONES.....	61
10 – PRESUPUESTO.....	74
11 – CONCLUSIONES.....	75
12 – TRABAJOS FUTUROS.....	78
13 – BIBLIOGRAFÍA.....	79
14 – PLANOS.....	80
14.1 – PLANO CONJUNTO	81
14.2 – PLANO DESPIECE.....	82
14.3 – PLANO PIPA.....	83
14.4 – PLANO CARTUCHO.....	84

1 - INTRODUCCIÓN

En el mundo de la competición cada segundo cuenta. Este es el motivo por el que se ha diseñado un nuevo dispositivo capaz de realizar variaciones en la geometría del tren delantero de una manera más rápida y sencilla.



La variación de estos parámetros es realmente importante ya que de ellos depende la geometría de la motocicleta y por lo tanto, como se comportará esta.

Actualmente en competición, la modificación de la distancia entre ejes tan solo se puede variar modificando la posición de la horquilla o la posición de la rueda trasera.

Para el ángulo de lanzamiento, tan solo es posible modificarlo mediante diferentes arandelas calibradas colocadas en la pipa de la dirección, donde para su modificación hay que retirar numerosos componentes de la parte delantera de la motocicleta.

Para esta última modificación se necesita mucho tiempo y un personal muy cualificado. Hasta ahora no hay ningún dispositivo capaz de realizar esa variación geométrica de una manera sencilla y rápida. Esta es la principal razón por la que se ha desarrollado este prototipo. La finalidad de este es la de poder modificar esas cotas geométricas de una manera sencilla con un fácil acceso permitiendo su modificación en pocos segundos.

El ajuste de estos parámetros es crucial a la hora de realizar el "Setup" de la motocicleta. Cuando se trata de un circuito con muchas curvas, habrá que ajustar la distancia entre ejes de manera que quede corta entre ellos para así mejorar el movimiento de esta en las curvas. También se reducirá el ángulo de lanzamiento para así, tener mayor control en los cambios de dirección.

En cambio, cuando se trata de un circuito con muchas rectas o menos sinuoso, el correcto ajuste será el de mantener una distancia entre ejes más larga y aumentar el ángulo de ataque para así, tener más control de la motocicleta al salir de las curvas. Actualmente la modificación de estos parámetros, especialmente el de la variación del ángulo de lanzamiento, como se ha mencionado, requiere de mucho tiempo ya que hay que desmontar ciertos componentes hasta llegar a la pipa, donde se varia este ángulo. Gracias a este proyecto se pretende ahorrar ese tiempo y de esta forma, el piloto tendría mayor tiempo en pista, que es lo más importante en un gran premio.

Gracias a realizar el proyecto *MOTOSTUDENT* en el que desarrollé junto a un compañero el basculante, pude aprender mucho sobre la geometría de la motocicleta. Además, en los campeonatos en los que trabajo me he podido dar cuenta de la necesidad de realizar un proyecto como este en el que se premia la rapidez y la comodidad para el mecánico cuando trabaja en la motocicleta.



El proyecto se ha realizado gracias a la pasión por las motocicletas y a querer aportar un granito de arena en este deporte que tantos corazones mueve alrededor del mundo.

Pertenezco a varios campeonatos de motociclismo (ESBK y FIM JuniorGP) como mecánico de una Yamaha R6, en los que he aprendido mucho respecto a este tipo de ajustes y es de ahí, donde nace esta idea diferente. Realizar un dispositivo capaz de modificar dos parámetros de la geometría.



3º Posición en Misano (Italia)



2 - OBJETIVO

El objetivo de este proyecto de ingeniería es el diseño y análisis de un nuevo prototipo capaz de solucionar la problemática que actualmente existe con el ajuste de la distancia entre ejes y especialmente con el ángulo de lanzamiento.

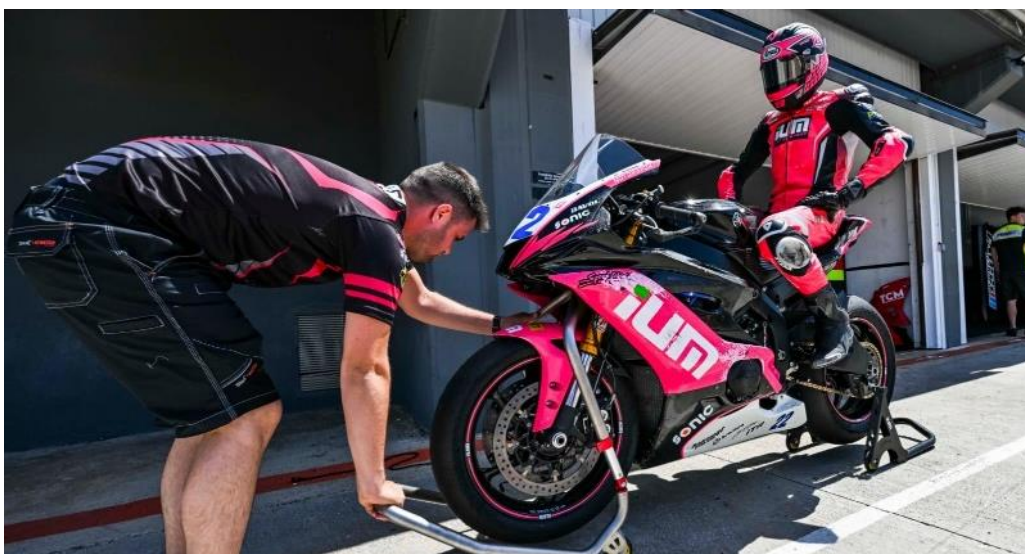
Su función principal es la de ajustar varios parámetros de la geometría del tren delantero de una motocicleta aportando practicidad a la hora de su ajuste . Este aspecto está enfocado principalmente a la competición donde es más necesario su ajuste si lo comparamos con las motocicletas destinadas al uso en calle.

Existen varios tipos de variación de la geometría, pero este proyecto se ha centrado en las que son más complicadas de ajustar, ya que se necesitan unas habilidades muy altas para su ajuste y disponer un tiempo concreto.

Se ha diseñado y analizado el prototipo para la motocicleta con la que actualmente trabajo. Se trata de una Yamaha R6 de 600cc³ del año 2024.

La realización de este prototipo permite una modificación aproximada en la distancia entre ejes de 30 milímetros y de $\pm 5^\circ$ grados en su ángulo de lanzamiento. Los valores exactos son confidenciales puesto que mi equipo está pensando en fabricarlo.

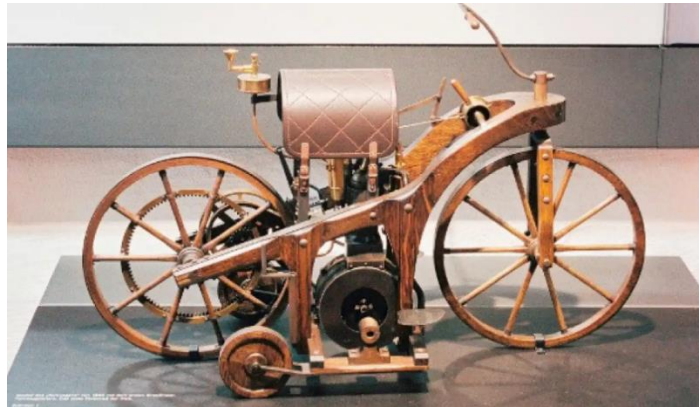
Se ha plasmado la idea en el programa de dibujo ``Autodesk Inventor Profesional`` en el que se realizan planos y análisis mediante elementos finitos para asegurarse de que el prototipo resiste y no tiene ningún problema estructural.



3 - ANTECEDENTES

3.1 - HISTORIA DE LA MOTOCICLETA

En 1867 el estadounidense *Sylvester Howard Roper* realizó el primer modelo de motocicleta que muy poco se parece a lo que ahora mismo se puede ver en la calle.

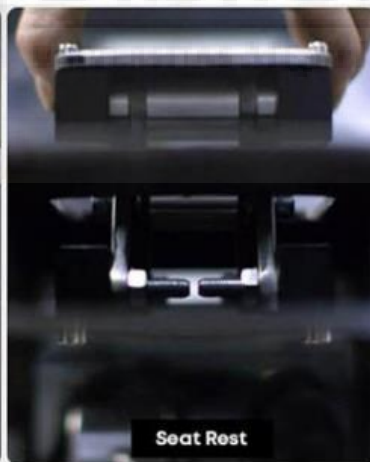


Tras años de desarrollo y evolución en los distintos segmentos de motocicletas, podemos ver como actualmente se están enfocando mucho en el diseño en la aerodinámica y electrónica. Estos avances se desarrollan para la competición pero posteriormente acaban llegando a la calle de manera puntual en las motocicletas más deportivas.



En cuanto al futuro, existen algunas compañías con diferentes conceptos para tener varias motos en una. En estas se varía su geometría para conseguir distintos estilos de conducción, proporcionando una posición más deportiva o cómoda según se prefiera conducir la motocicleta.

La empresa canadiense *Damon* es líder en este tipo de proyectos y en motocicletas eléctricas. Su último diseño, el cual se ha patentado con el nombre de SHIFT permite la modificación de la posición del manillar, estriberas y cúpula de la motocicleta con tan solo pulsar un botón modificando así su geometría.



3.2 - TERMINOLOGÍA BÁSICA SOBRE GEOMETRÍA

Una motocicleta es un vehículo extremadamente complejo ya que se compone de muchos elementos que influyen directamente en el manejo y en su comportamiento.

Para una mejor comprensión del mundo de la geometría se explica a continuación los principales términos y así, poder tener una mejor percepción de la misión del proyecto al entender cómo funciona y varía cada parámetro.

3.2.1 - ¿QUÉ ES LA GEOMETRÍA?

Es el conjunto de longitudes y ángulos que definen la configuración y por lo tanto, el comportamiento de la motocicleta o de un vehículo. Guarda una estrecha relación con cómo se comporta y como se maneja el vehículo.

Se pueden distinguir diferentes segmentos dentro de las motocicletas, como por ejemplo; Trail, Custom, Racing, Naked, Scooter... En las cuales cada una tiene una geometría totalmente diferente.

En cada segmento, las diferentes marcas apuestan por sus propias geometrías, por lo que no hay dos motocicletas del mismo segmento totalmente iguales con las mismas geometrías, siendo así todo un mundo diferente entre motocicleta y motocicleta.



- *Sport*



- *Motocross*



- *Naked*



- *Trail*



- *Trial*



- *Cruiser*

Cada segmento tiene unos valores promedio en los que se encuentran su distancia entre ejes, el angulo de lanzamiento y el avance.

De este modo la moto mas corta entre sus ejes será la motocicleta de trial con una media de 1320mm frente a la mas larga entre ejes que será la Custom, con una media de 1580mm entre sus ejes.

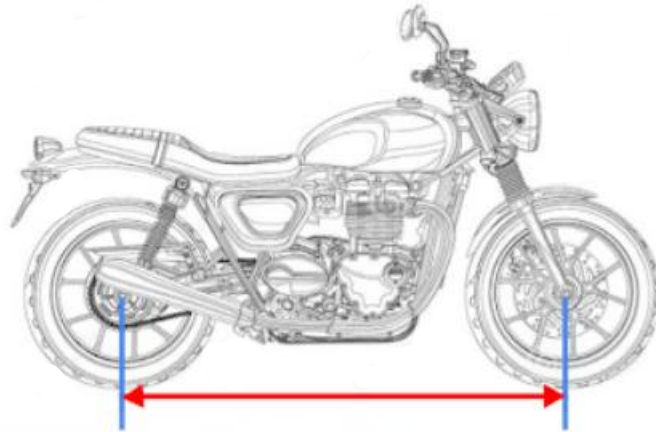
El angulo de lanzamiento mas cerrado será para la motocicleta deportiva con un valor medio de 23° . Por otro lado, el mas abierto sucederá en la custom, con un valor de 31° .

Por último, el avance menos acusado se produce tambien en las motocicletas deportivas con un valor medio de unos 100mm. El más acusado se encuentra tambien en las custom, con valor de 120mm.

3.3 - GEOMETRIA BASICA DE UNA MOTOCICLETA

Se compone principalmente de tres diferentes parámetros los cuales actúan cada uno de manera independiente.

3.3.1 - Distancia entre ejes:



Es el concepto más fácil de entender, pues su propio nombre lo indica. Se trata de la distancia horizontal entre los ejes de las ruedas delantera y trasera. Esta medida se realiza en mm.

Se ha de entender la palabra horizontal, ya que hay motocicletas donde las 2 ruedas no tienen el mismo radio como en las Trails o Scooters y la medida sería distinta a la que obtendríamos si hiciéramos la medida directamente de los ejes de sus ruedas. Por este motivo siempre se mide desde su proyección vertical como se indica en la figura.

La distancia entre ejes depende de la longitud del basculante, del ángulo del eje de la dirección y del desplazamiento de la horquilla.

Tiene una gran influencia en la estabilidad del movimiento longitudinal de la motocicleta.

3.3.1.2 - Comportamiento según su distancia entre ejes:

La distancia entre ejes tiene diversos efectos pero en general, nos indica si la motocicleta será más nerviosa o estable.

A mayor distancia entre ejes, el vehículo presenta mayor estabilidad pero hace que la motocicleta se vuelva más lenta a la hora de cambiar de dirección. Se da en motocicletas turismo.

También podemos encontrar el punto más extremo en las motocicletas de Drag o Drift, las cuales utilizan esta alta distancia entre ejes para tener una muy buena aceleración y que no se levante la rueda delantera.



-Modalidad Drag

A menor distancia entre ejes, aumenta la agilidad en la conducción pero también se incrementa su nerviosismo. Se da en motos deportivas y también se encuentra el extremo en las motocicletas Stunt, las cuales son adecuadas para realizar peripecias.



-Modalidad Stunt

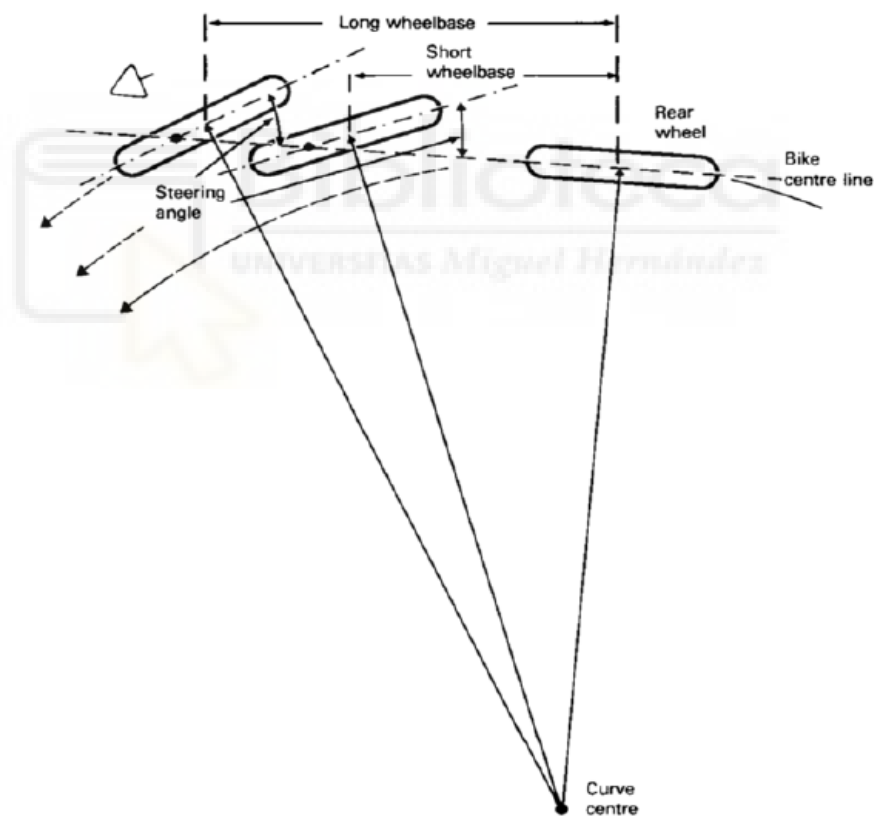
Según sea su distancia entre ejes, mayor o menor será el esfuerzo necesario para negociar las curvas.

Entra en juego 3 razones principales para esto:

1) Ángulo de giro requerido:

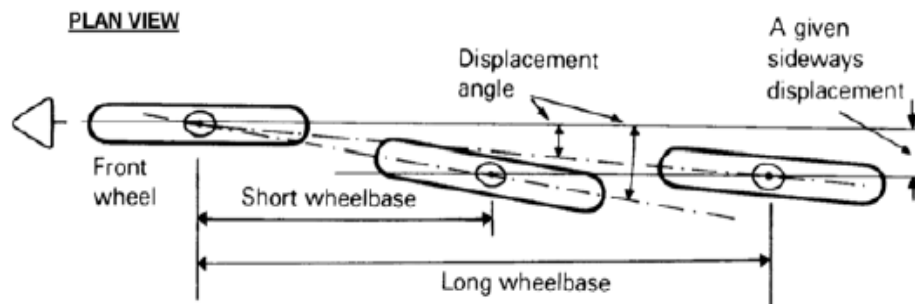
Una motocicleta con gran distancia entre ejes necesita girar más la rueda delantera hacia el interior de la curva.

Para un radio de curva dado, una distancia entre ejes mayor necesita un ángulo de giro mayor. Este diagrama muestra esto para un sistema de giro basado en Ackerman.



2) Ángulo de giro de la rueda trasera

También queda claro que, para una determinada flexión lateral, el ángulo formado entre la rueda trasera y la dirección es menor con una distancia entre ejes grande, lo cual mejora la estabilidad direccional.



3) Efectos de inercia

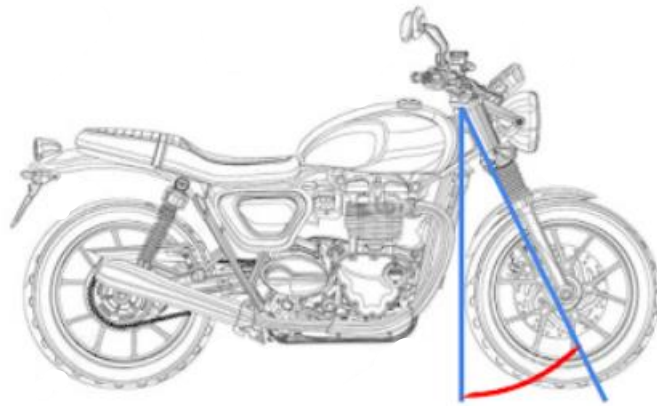
La distancia entre ejes también tiene un efecto importante sobre la transferencia de pesos que tiene lugar durante la frenada y la aceleración. Para una altura dada del centro de gravedad, cuanto mayor sea la distancia entre ejes, menor será la transferencia de peso. También, los momentos de inercia de los planos de cabeceo y guiñada se incrementarán, lo cual hará que la motocicleta sea más estable y perezosa.

3.3.1.3 - RESUMEN DE EFECTOS RELACIONADOS.

Al igual que con otros muchos aspectos del diseño, la distancia entre ejes es un compromiso y varía con el uso que pretendamos darle a la motocicleta.

- Las motocicletas de trial necesitan una buena manejabilidad principalmente a baja velocidad, y por lo tanto tienen una distancia entre ejes pequeña.
- Las grandes motocicletas de turismo necesitan una buena estabilidad direccional para conseguir una conducción relajada, por ello estas motos tienen mayores distancias entre ejes (alrededor de 1470-1520mm) aunque una distancia entre ejes demasiado larga reduce la manejabilidad entre el tráfico.
- Una deportiva debe llegar a un compromiso entre tener una buena estabilidad a alta velocidad y ser ágil a la entrada de las curvas. La tendencia actual está entre tener 1270mm en las motos más pequeñas y 1400mm para motos más grandes y rápidas.

- 2º) Ángulo de lanzamiento (Ángulo del eje de la dirección)

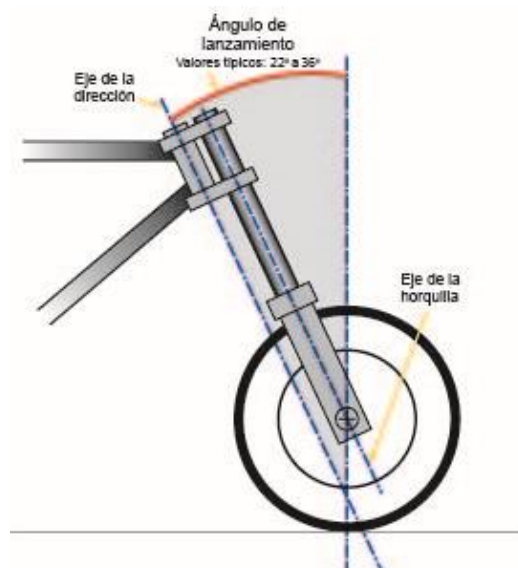


El ángulo de lanzamiento toma como referencia el punto exacto donde se produce la unión entre la horquilla y el chasis junto con la pipa de dirección de la motocicleta.

Haciendo una raya imaginaria, ese ángulo estaría situado entre la línea del eje de dirección y la línea imaginaria que une ese mismo punto con el suelo de manera perpendicular.

Por lo tanto, el ángulo de lanzamiento es el ángulo que forman la línea del eje de la dirección y una línea vertical imaginaria que pase por el eje delantero, obviamente medido en grados.

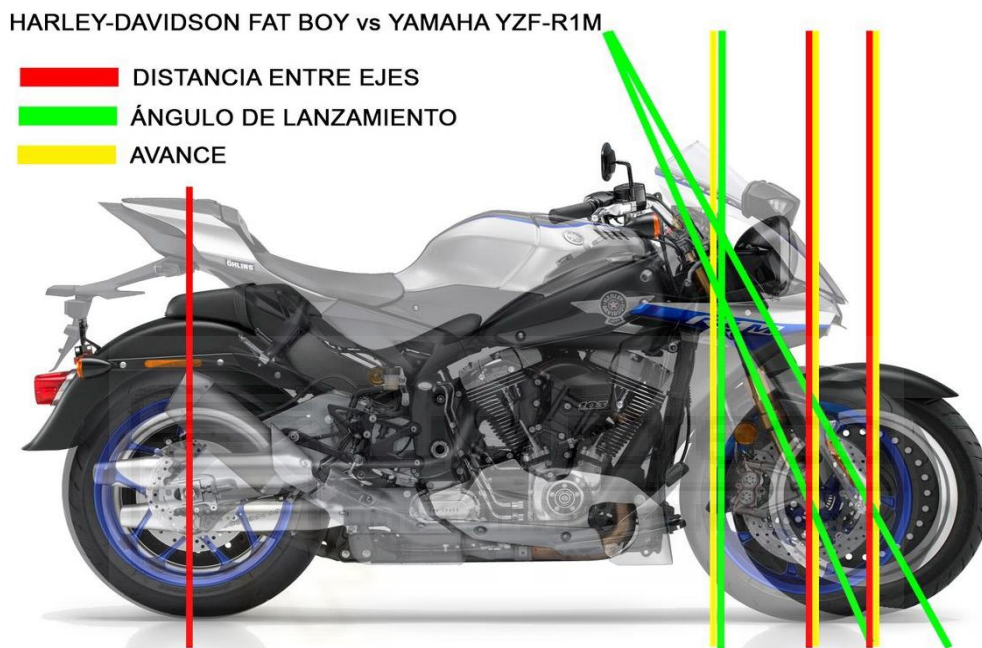
Teniendo esto en mente, la mayor o menor abertura de este ángulo no influye en la estabilidad de la motocicleta. Al menos no de forma directa, pero sí de forma indirecta, ya que este ángulo afecta al avance de la dirección que a su vez, si afecta a la estabilidad del conjunto.



De la misma manera, este concepto está relacionado con el hundimiento de la horquilla, con la transmisión de las irregularidades que pueda presentar el terreno por donde marcha y hasta con el avance en la motocicleta.

Solemos hablar de valores entre 23° y 26° en motocicletas de calle y cerca de los 30° en algunas custom.

Un ángulo mayor provoca una mayor distancia entre ejes e influye en el avance cosa que refuerza el autoalineamiento de la moto. [Fenómeno explicado más adelante].



Se puede apreciar el gran cambio que existe entre la distancia entre ejes el ángulo de lanzamiento y el avance de dos motocicletas completamente diferentes.

Por un lado la Yamaha YZF-R1M la cual es una de las mejores deportivas actuales, necesita todas esas cotas más reducidas para poder abordar mejor las curvas y poder cambiar de dirección con facilidad, por lo que se convierte en una motocicleta más nerviosa e ideal para el circuito.

La Harley Davidson Fat Boy es una custom o chopper en toda regla. Estas tienen todos los parámetros mencionados mayores para permitir que la motocicleta sea más dócil y fácil de llevar, esto es perfecto para hacer rutas y disfrutar del paisaje.

- 3º) Avance:



Probablemente el concepto más difícil de visualizar. También se mide en milímetros.

Anteriormente se ha visto que el eje de dirección es el que realmente importa de cara a la geometría. Si se prolonga el eje de dirección hasta que llega al suelo se encuentra el punto de apoyo direccional. El punto de apoyo direccional siempre está por delante del punto de contacto del neumático con el asfalto.

El avance es la distancia entre el punto de apoyo direccional y la proyección vertical del eje de la rueda delantera, o lo que es lo mismo, el centro de la zona de contacto con el neumático.

La finalidad del avance es conseguir mayor estabilidad direccional, y también es de gran importancia en el inicio de la fase de inclinación al tomar una curva y esto se consigue mediante un avance positivo. El avance es positivo siempre que el punto de contacto del neumático con el suelo está por detrás del punto de intersección de la línea del eje de la dirección con el suelo. Un avance mayor dará a la motocicleta mayor estabilidad, pero una menor agilidad, y viceversa. Este es un parámetro muy sensible ya que una pequeña variación de esta dimensión puede originar grandes cambios en la conducción.

Este se define tanto por el ángulo de lanzamiento como por el radio de la rueda. Con un ángulo igual, montar una rueda de 17 pulgadas (17") o de 21" provoca una gran diferencia en el avance. En términos generales solemos hablar de cotas de unos 100mm en motocicletas de carretera. Este concepto es importante porque nos definirá el avance y el efecto de autoalineamiento de la motocicleta.

Gracias a esta distancia, cualquier fuerza que se genere en el neumático crea un momento alrededor del eje de dirección.

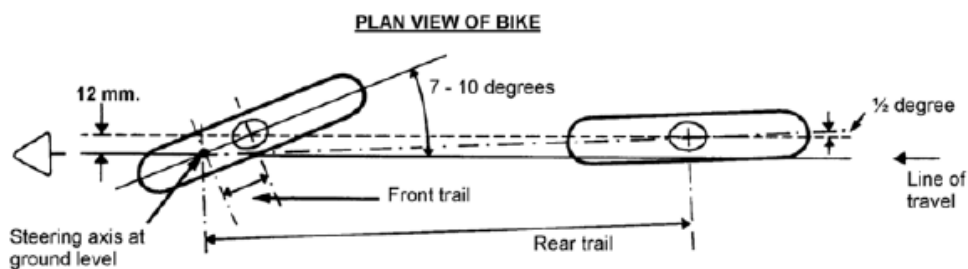
Existe un ángulo entre la rueda y la dirección donde se genera una fuerza en forma de ángulo recto con respecto al neumático. Esta huella de contacto se queda por detrás del eje de dirección, siendo esto un avance positivo. Se genera un momento que corrige la posición sobre la rueda a través de un brazo de palanca con esa fuerza.

Cuando el asfalto está en mal estado, la dirección se puede llegar a girar, pero el avance positivo corrige automáticamente ese giro, dando una estabilidad direccional.

Se puede producir un avance negativo, el cual se genera cuando la huella del neumático está por delante del eje de dirección. Aquí, si se produjera el giro por el asfalto en mal estado se incrementaría el movimiento y el momento generado reforzaría la perturbación original y la motocicleta se volvería direccionalmente inestable.

Se tiene ahora una huella de contacto de cada rueda desplazada 12mm lateralmente. La rueda delantera estaría girada entre 7 y 10 grados del eje de dirección, esto aumenta el ángulo de deriva generando una fuerza lateral pequeña en contra de la inercia para girar de nuevo la rueda a su posición original de línea recta.

A pesar de que la rueda trasera tiene un avance mucho mayor, el ángulo de deriva en la rueda trasera es mucho menor, entre 0 y 1. Esto genera una fuerza lateral muchísimo menor, que provoca un deslizamiento y efecto autoalineante de menor valor.



Si se utiliza el avance como medio para incrementar la tendencia al autoalineamiento de las ruedas, se puede encontrar que el beneficio será cada vez menor para un mismo aumento.

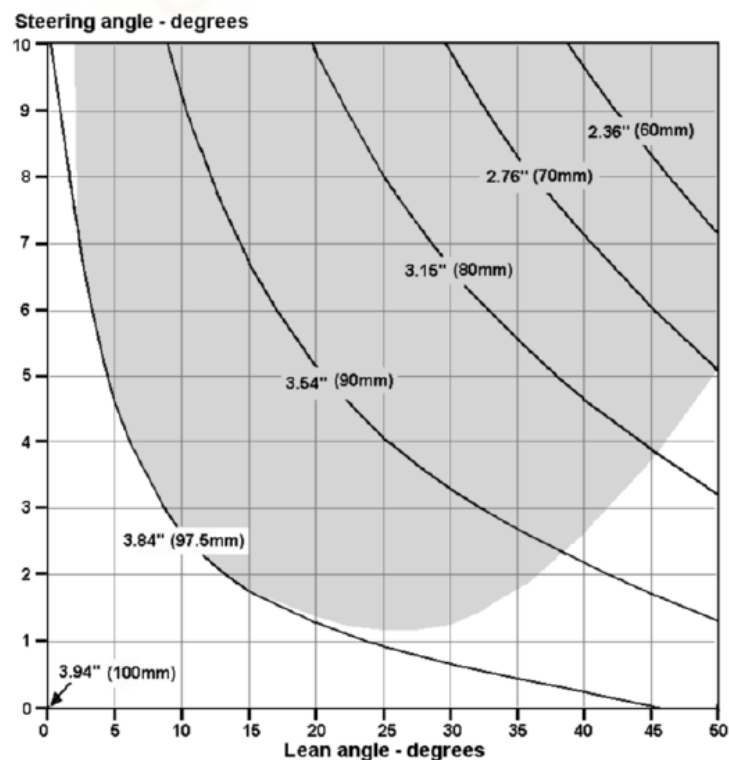
Es importante remarcar que cualquier perturbación producida en la dirección de una motocicleta debida a un desplazamiento lateral en la huella de contacto con el neumático, está generada en mayor medida por la rueda delantera que por la trasera.

Se puede afirmar que aunque la rueda trasera tiene un gran lanzamiento, el efecto que tiene de autoalineamiento es relativamente pequeño. Queda compensado ya que el efecto del desplazamiento de la rueda trasera es pequeño también en la estabilidad direccional.

La cantidad de avance puede tener un gran efecto en las reacciones giroscópicas y así, en la estabilidad direccional.

El avance no tiene un valor fijo para una motocicleta dada, hay factores que hacen que este avance varíe durante la conducción. Entre ellos se puede encontrar el ángulo de inclinación, el ángulo de giro de la dirección o el radio del perfil del neumático.

La siguiente foto muestra para una motocicleta dada, la variación del avance frente a los ángulos de inclinación y de giro del manillar.



3.4 - INFORMACION ADICIONAL

- Efecto direccional:

Si se inclina una motocicleta parada hacia un lado y entonces se gira el manillar, la pipa sube o baja, dependiendo de la posición de la dirección. El peso de la motocicleta que actúa en la huella de contacto del neumático produce un par alrededor del eje de dirección que tiende a girar la dirección a la posición en la que la pipa esté más baja (la posición de mínima energía potencial).

Para un avance dado, este ángulo de la dirección se ve afectado por el lanzamiento y por el diámetro de la rueda. Si existe un avance positivo, como es normal, entonces el efecto de inclinación es hacia el interior de la curva (sería en el otro sentido para un avance negativo). En movimiento, el peso efectivo de la motocicleta y el piloto que soporta la pipa se transmite al suelo a través de la huella de contacto del neumático. El peso y las fuerzas que se generan en las curvas se compensan en gran parte las unas con las otras y el par resultante en el manillar debido a este aspecto, es bastante pequeño. Los neumáticos anchos y el hecho de que el piloto se descuelgue al tumbar muestran que existe un momento residual y de aquí que la cantidad de avance de la rueda delantera (aparte de otros parámetros) afecte al valor del momento que el piloto debe aplicar en el manillar (por lo tanto al tacto de la dirección) para mantener un ángulo de la dirección correcto de acuerdo al radio de la curva y la velocidad de la moto.

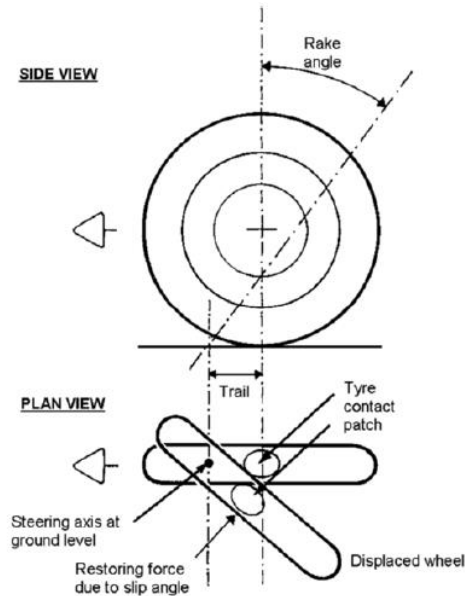
- Autoalineamiento

El efecto de autoalineamiento de una motocicleta es la tendencia que tiene la rueda delantera (y por lo tanto la moto) a alinearse con el punto de apoyo direccional. Esto hace que la motocicleta tenga tendencia a seguir recta y que tengamos que romper esta auto alineación para que entre en una curva.

Se puede ver que tanto el neumático delantero como el trasero tocan el suelo por detrás del punto donde el eje de dirección lo hace, y esto provoca un efecto de autocentrado en ambas ruedas.

El avance positivo y la fuerza lateral debida al ángulo de deriva se combinan para producir un momento alrededor del eje de dirección que tiende a poner la rueda recta otra vez. Esto proporciona un cierto grado de estabilidad en línea recta.

En la fotografía se puede comprender como el avance causa un efecto de autocentrado. Se muestra la vista superior de una rueda desplazada de su posición de línea recta.



- Contra manillar

Se trata de un proceso en el cual se desplaza mínimamente el manillar hacia el lado contrario de la curva a abordar. De esta forma se facilita que la motocicleta se incline y gire mejor. Al realizar contra manillar se desplaza la rueda delantera lateralmente y se saca de detrás del punto de apoyo direccional. De este modo se provoca el desequilibrio que hará que la motocicleta se incline y entre en la curva. Cuanto mayor sea el avance de la motocicleta mayor será la resistencia que ofrecerá esta y parecerá más pesada a la hora de cambiar de trayectoria.



3.5 - COMPARATIVA DE LA GEOMETRÍA DE VARIAS MOTOCICLETAS:

Modelo	Suzuki GSX R1000	Suzuki DL 1050 XT	Kawasaki Vulcan S
Distancia entre ejes	1.405 mm	1.555 mm	1575 mm
Ángulo de Lanzamiento	23°5'	25°	31°
Avance	98 mm	109 mm	120 mm

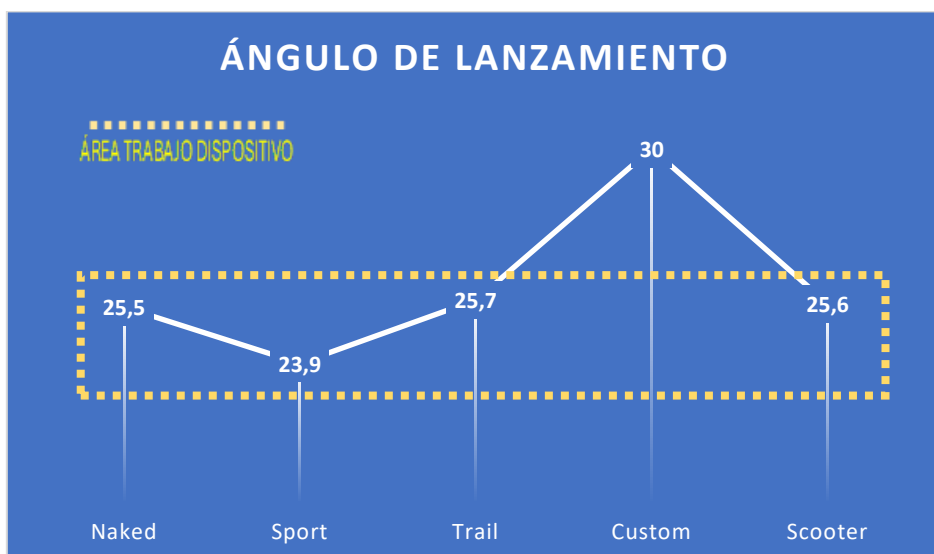
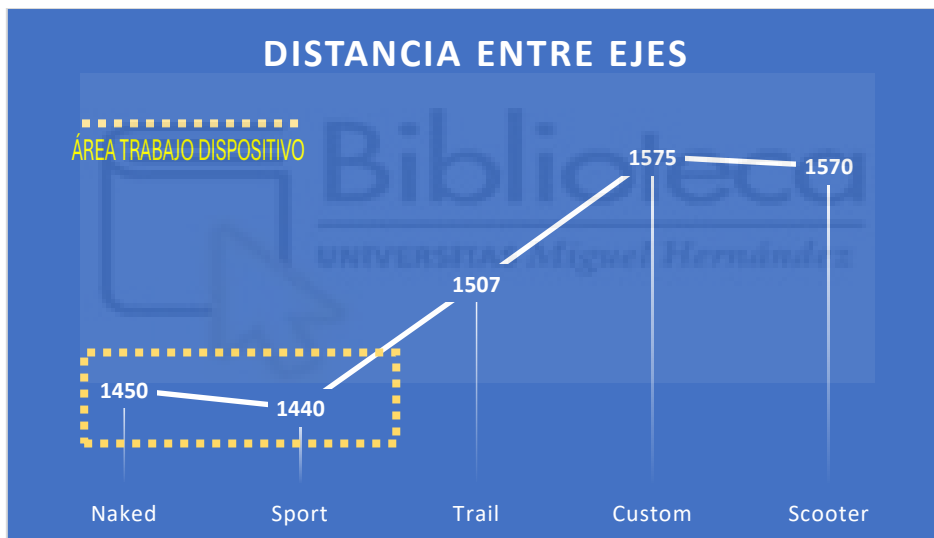
En primer lugar la Suzuki GSX R 1000, es una motocicleta deportiva muy corta y con un ángulo de lanzamiento muy cerrado, lo cual hace que sea más ágil. De esta forma estaría más enfocada para rasgar al máximo el tiempo gracias a su facilidad de los cambios de dirección.



Seguidamente la Suzuki DL 1050 XT llamada “V-Strom” se trata de una Trail de gran tamaño gracias a una rueda delantera de 19 pulgadas. Esta motocicleta tiene una distancia entre ejes mayor buscando una respuesta más estable que aporte confort a la hora de grandes trayectos. Su ángulo de lanzamiento es muy similar al de la deportiva pero mayor, obteniendo así una motocicleta más versátil con la que poder recorrer muchos kilómetros y disfrutar de la conducción.



Por último, la Kawasaki Vulcan S se trata de una motocicleta custom que aún es más larga entre ejes que la Trail, pero con un ángulo de lanzamiento totalmente abierto, el cual sumado a su rueda de 18 pulgadas hace que sea una moto muy complicada para hacer curvas. Este segmento busca más una motocicleta de paseo en la que ir muy cómodo e incluso con radio.



3.6 - TIPOS DE VARIACIÓN DE LA GEOMETRÍA.

Es muy importante entender que cualquier modificación en las geometrías de la moto provocará un cambio en su comportamiento. Por lo tanto, es necesario saber muy bien lo que se está variando y en que va a afectar ese cambio.

Normalmente este tipo de variaciones se suelen hacer únicamente en competición y suelen ser modificaciones de 1 o 2 milímetros, los cuales cambian radicalmente el comportamiento de la motocicleta.

Se puede decir que la geometría de una motocicleta se puede modificar de 2 maneras:

- En positivo

Cuando se realiza una variación positiva aumentan las 3 geometrías simultáneamente. Distancia entre ejes, ángulo de lanzamiento y avance.

Se puede conseguir una variación positiva bajando las barras de la horquilla (no todas las motocicletas tienen margen para hacerlo) o aumentando la longitud de la suspensión posterior.

De este modo la motocicleta gana capacidad de frenada (mejorando la transferencia dinámica de masas), adherencia y estabilidad en rectas y curvas rápidas. Como se ha comentado previamente, al variar la geometría conseguimos cosas buenas pero otras malas a cambio como en este caso al perder agilidad, paso por curva y giro.

- En negativo

Para conseguir una variación negativa disminuyen las 3 geometrías simultáneamente. Se reduce la distancia entre ejes, el ángulo de lanzamiento y avance.

Esto se hace subiendo las barras de la horquilla o reduciendo la longitud de la suspensión posterior.

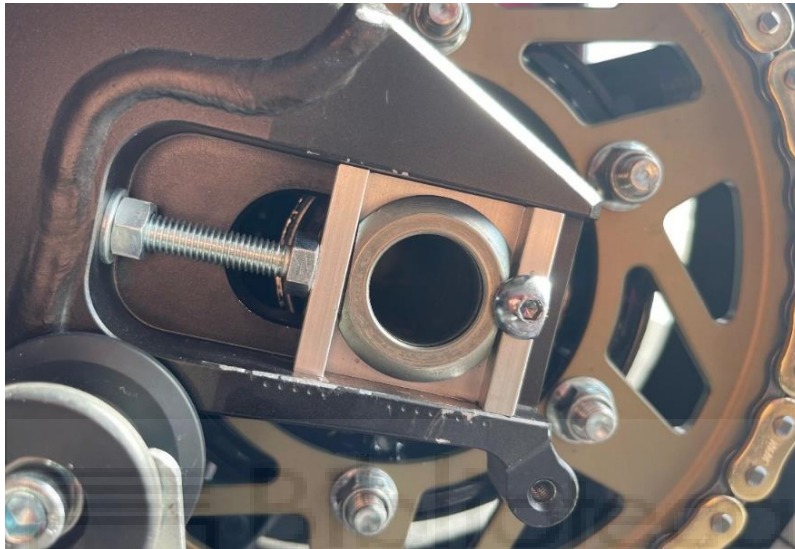
De esta manera la motocicleta mejora su agilidad, paso por curva y giro.

A cambio se sacrifica adherencia en aceleración y se reduce la estabilidad en recta y curvas rápidas.

- Variaciones posibles para motocicletas de calle:

Las modificaciones que se pueden realizar son muy escasas cuando se habla de variar la geometría en una motocicleta de calle. Podemos realizar muy pocos cambios:

1º Variación de la distancia entre ejes.



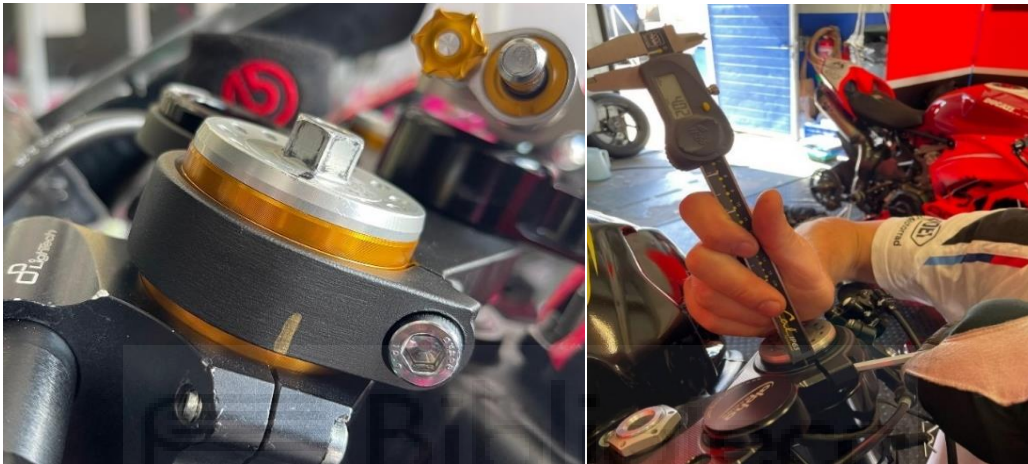
Esta variación se centra en el carril que dispone el basculante para ajustar la cadena. Se puede variar esta longitud por medio de un tornillo que ajusta dicha distancia, acortando o alargando la distancia entre ejes.

Las motocicletas suelen disponer de un carril de ajuste de unos 40 milímetros. Es de destacar que si se varía radicalmente esta longitud, la cadena original se quedaría muy tensada o en el otro caso muy destensada, por lo que se puede cambiar el número de dientes del plato/corona o sencillamente acortar o alargar la cadena.

Cuando la motocicleta acelera, la distancia entre ejes aumentará al estirarse tanto la horquilla como la posición del basculante y al frenar ocurre todo lo contrario, la horquilla se comprime y el eje trasero también se acerca al eje central de la motocicleta, por lo que la distancia entre las ruedas se reduce.

2º Altura de la horquilla.

Su ajuste es muy sencillo ya que solo es necesario aflojar los tornillos de las tijas que fijan las barras de la horquilla al chasis. Se trata de una variación de milímetros por lo que se debe de realizar con mucha precisión. Para hacer una medida correcta se utilizará un pie de rey o calibre. Algunas horquillas como la de la fotografía izquierda disponen de una serie de anillos los cuales nos facilitan el correcto ajuste.



Al realizarse la modificación de estas, nos proporcionaran diferentes resultados:

-Subiéndola con referencia de la tija superior (fotografía izquierda):

Se reduce la distancia entre ejes, lo que proporciona una moto más ágil en los cambios de dirección. En cambio se comportará con más nerviosismo.

En este caso el ángulo de dirección se abre, transmitiendo ahora el peso a la rueda trasera.

-Bajándola con referencia de la tija superior (fotografía derecha):

Se produce un aumento de la distancia entre ejes, haciendo que la motocicleta crezca en altura en la parte frontal lo que permite tener una motocicleta más estable, pero menos ágil en las curvas.

El ángulo de dirección es mas cerrado con lo que se transmite mayor peso a la rueda delantera.

3º Altura del amortiguador.

Se trata de un cambio muy normal en un Gran Premio puesto que se busca el correcto ajuste. Dependiendo del tipo de circuito en el que se corra habrá que cambiar la altura o la dureza del muelle.

Su manipulación es mucho más sencilla cuando se extrae de la motocicleta.



Cuando se varía la altura del amortiguador se puede conseguir:

-Alargándolo: La moto al realizar este cambio será geoméricamente más alta de atrás proporcionando una moto más fácil de mover entre las curvas pero menos estable en las rectas.

-Acortándolo: En este caso, geoméricamente estaría más alta de delante proporcionando estabilidad en las rectas pero condicionando las curvas.

Siempre que se modifica este parámetro hay que verificar la altura una vez instalado en la motocicleta, para asegurarse de que se sigue en la correcta dirección.



4º Bieletas.

Las bieletas se tratan de un sistema de dos levas y un trapecio que permite la unión entre el amortiguador y el basculante ya que este no va unido directamente al basculante. Su misión principal es dar cierta progresividad cuando el amortiguador hunde. Esto se consigue por la diferencia de recorrido entre el eje trasero de la rueda y el vástago del amortiguador.

La función de las bieletas es de amortiguar el movimiento realizado por el basculante, ayudando así a que el amortiguador trabaje de forma más lineal. Gracias a estas, las imperfecciones del terreno son mucho mejor filtradas y el amortiguador puede trabajar mejor.



También se puede reducir la altura de la motocicleta instalando unas bieletas de mayor longitud. Se pueden modificar estas bieletas para conseguir diferentes sensaciones en la motocicleta pero no es un cambio que se suele hacer normalmente.

Si se instala una bieleta más larga, se baja la altura del tren posterior por lo que la motocicleta se comportará de manera imprecisa al entrar en curva y tenderá a levantarse la rueda delantera. Si se instala una bieleta más corta, se elevará el tren trasero añadiendo peso en la parte delantera pero perdiendo tracción en la rueda trasera.

Como se ha mencionado antes, la modificación de la geometría de una parte de la moto afecta directamente a la otra parte, por lo que habrá que realizar un ajuste en ambas partes de la motocicleta, para tener en cuenta todo el conjunto.

- -Variaciones posibles para motocicletas de circuito:

Todas las anteriormente mencionadas más ciertas modificaciones que solo pueden realizarse en motocicletas de competición, como son:

1º Pívor del basculante

Aquí existe una gran diferencia entre las motocicletas para calle y las que son para circuito con posibilidad de modificación según reglamento.



A la izquierda, se puede ver el eje de una Yamaha R6 de serie en el cual no se puede hacer ningún tipo de modificación. Sin embargo, a la derecha se puede observar cómo aquí si hay posibilidad de ajuste ya que dispone de una excéntrica, la cual da diferentes puntos de ajuste al basculante. Esto cambia el ángulo de ataque del basculante.

Para su modificación será suficiente con aflojar el eje, retirar el tornillo que se encuentra en la parte baja de la fotografía y rotar el eje. Posteriormente atornillar de nuevo el tornillo que fija la posición de la excéntrica y apretar a su par recomendado el eje.

2º Excentricidad de la horquilla. Offset



Se trata de uno de los ajustes más complicados que se pueden realizar a una motocicleta de competición debido a que se deben retirar tanto la horquilla, tijas y más componentes que dificultan el acceso de estas ``arandelas calibradas`` que se intercambian en función de lo que se esté buscando geoméricamente.

Cuando realicé este cambio en mi equipo, pude darme cuenta de que se debería fabricar un nuevo dispositivo que pudiera reducir la dificultad y el tiempo invertido. De ahí surge el diseño de un nuevo dispositivo que permite realizar las mismas modificaciones pero de una manera más rápida y sencilla.

Un cambio así no se hace normalmente pero cuando se decide cambiar, como se ha mencionado antes, se debe retirar muchas partes de la parte delantera para poder acceder a su ajuste. Esto conlleva muchas horas de trabajo para un solo cambio.

Con el nuevo dispositivo, esa pérdida de tiempo tan valiosa en un fin de semana de carreras pasa a segundo plano ya que su ajuste no precisa de tener que retirar ninguna pieza.

3º Link ajustable / Ajuste link BMW

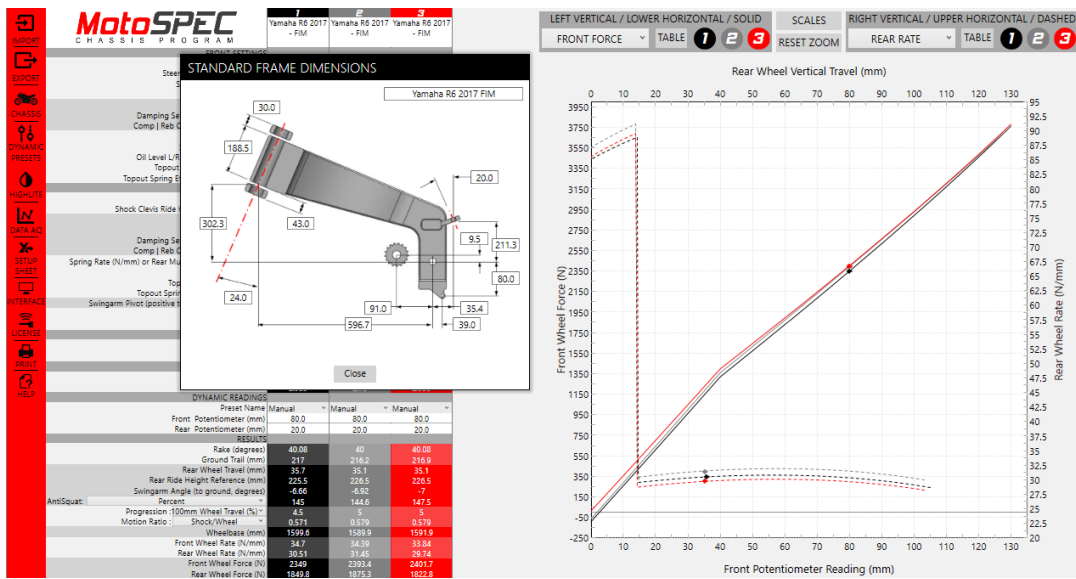


Como se puede observar, se trata de una idea similar a las bieletas pero en este caso no es necesario el cambio de estas ya que dispone de un actuador que permite su ajuste. Gracias a este, se tiene un amplio rango de posibilidades ya que en comparación con las bieletas solidas en las que habría que cambiarlas para poder modificar sus valores, en este link ajustable se trabaja directamente en él, lo cual lo hace más interesante a la hora de la competición, ya que proporciona un ajuste más rápido.

Normalmente este tipo de links o las propias bieletas se sitúan en la parte inferior del amortiguador, pero en BMW han equipado a su deportiva con algo totalmente diferente. En este caso el sistema de bieletas se ubica en la parte superior.



4º Programa variación geometría (MotoSpec)

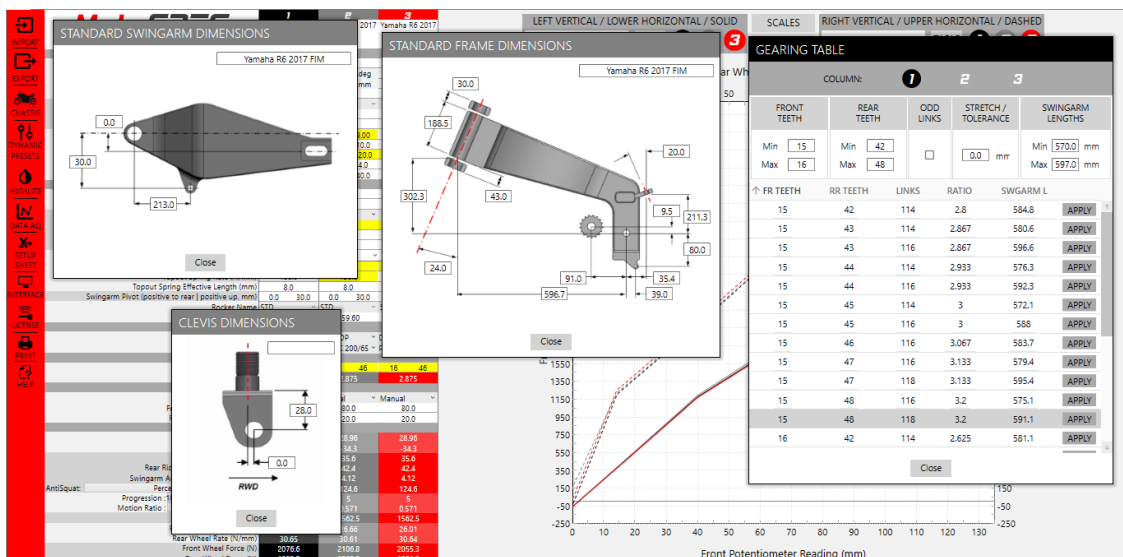


Se trata de uno de los mejores programas para competición. El coste de la licencia anual es de 1000€.

MotoSpec trabaja con los datos tomados en la motocicleta que se le introducen y este proporciona hasta 3 diferentes variantes que podrían funcionar en el camino en el que se está llevando ese ajuste.

Gracias a numerosos datos y graficas se puede prever el comportamiento de la motocicleta.

Este software es una gran herramienta para reducir los tiempos ya que nos "guía" en el ajuste más adecuado para los parámetros que se le introducen previamente.



4 - ALTERNATIVAS DE DISEÑO

Este sistema no fue el único que se propuso al inicio de este proyecto, hubo otra idea más, pero se eligió esta por su atractivo ingenieril y radical.

Se está trabajando actualmente de forma paralela a este proyecto en el diseño de otro dispositivo, la rueda excéntrica, con el dueño del equipo de carreras con el que trabajo. La idea es tener un setting básico con el que la motocicleta se comporte perfectamente para la prueba y entonces poder modificar con esta pieza nueva ligeramente este ángulo y comprobar que diferencias aparecen tanto en telemetría, como en los comentarios del piloto.

- Rueda excéntrica

Se trata de un eje excéntrico ubicado en el buje de la rueda delantera. Según su posición proporciona diferentes ajustes con las que se puede modificar el avance de la motocicleta.

Este dispositivo es interesante ya que podría ser utilizado en gran variedad de motocicletas sin la necesidad de grandes cambios puesto que solo habría que adaptar el buje de la rueda.

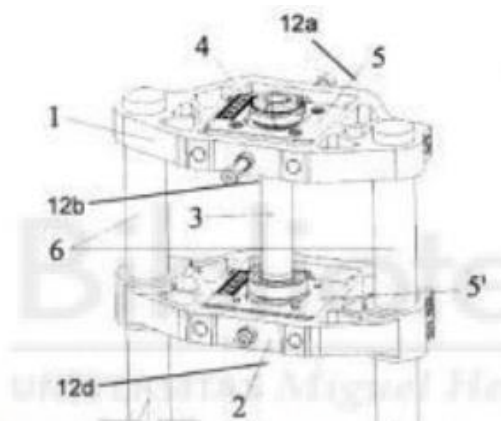
Esta excéntrica podría ser diseñada para diferentes diámetros y de esta forma poder tener un campo más amplio a la hora de su comercialización.



5 - ESTUDIO DE MERCADO

Se ha realizado una búsqueda de posibles sistemas similares al diseñado y se ha encontrado:

- En la universidad de Málaga se propuso una patente de un sistema que permite la variación del offset cambiando así la geometría de la motocicleta. Se trata de un mecanismo en las propias tijas proporcionando un ajuste rápido.



Actualmente en MotoGP se utilizan dos dispositivos que les permiten modificar la geometría de la motocicleta cuando ellos lo deciden.

La primera de ellas se trata del "HoleShot" el cual permite que la suspensión delantera se fije en cierta medida de las horquillas, permitiendo así, bajar el centro de gravedad de la motocicleta y facilitando el contacto del neumático con el asfalto evitando que esta se levante haciendo un caballito. No es algo nuevo ya que se utiliza en motocross desde hace muchos años.

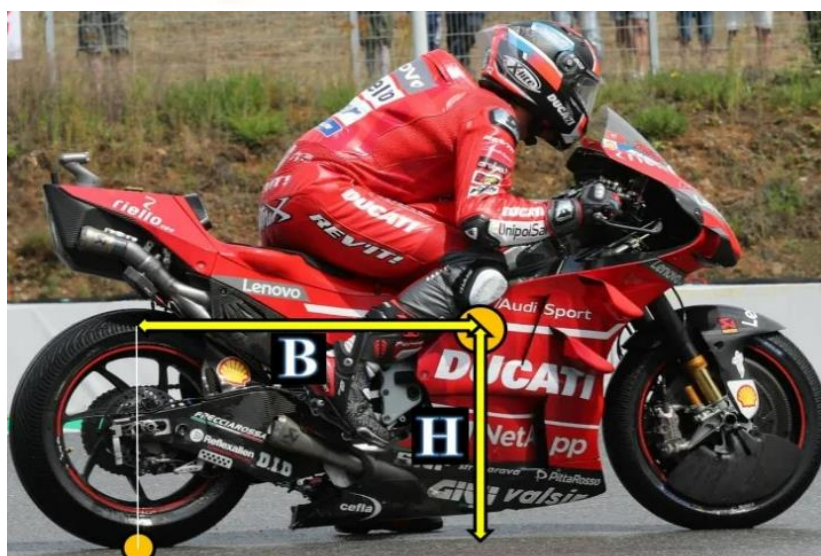


En la parte trasera se ha diseñado un dispositivo “Ride Height Device” que reduce la altura de la parte trasera de la motocicleta mejorando la aceleración y reduciendo el tiempo por vuelta.



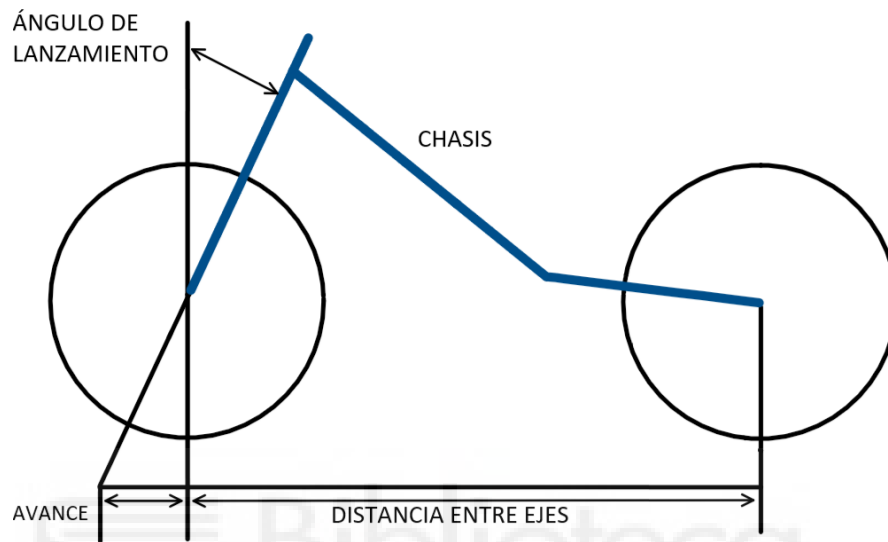
En un principio se pensó solo para las salidas pero actualmente se utiliza cuando hay una recta para mejorar el agarre y conseguir recorrer más metros en menos tiempo.

El reglamento indica que para ambos dispositivos no se permite su activación automática, por lo que los pilotos tienen que accionarlo manualmente. Para su accionamiento se disponen diferentes soluciones, en función de la marca.

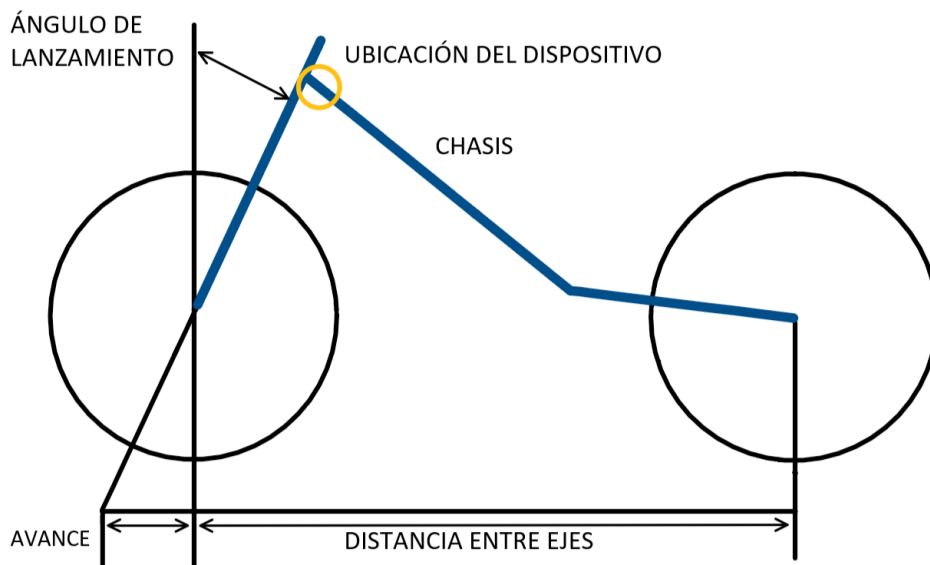


5 - SOLUCIÓN ADOPTADA

Se ha realizado un prototipo que permitirá el ajuste de dos cotas independientes en la geometría de la motocicleta. Se trata de la distancia entre ejes y el ángulo de lanzamiento. La modificación de estas resultará más sencilla y con más progresividad que las que se usan en la actualidad como antes se ha explicado.



En la siguiente fotografía se puede observar donde se ubicaría el mecanismo propuesto en la motocicleta. Se trata de una idea totalmente radical ya que la actual es usada por muchos años con lo que conlleva una evolución avanzada.

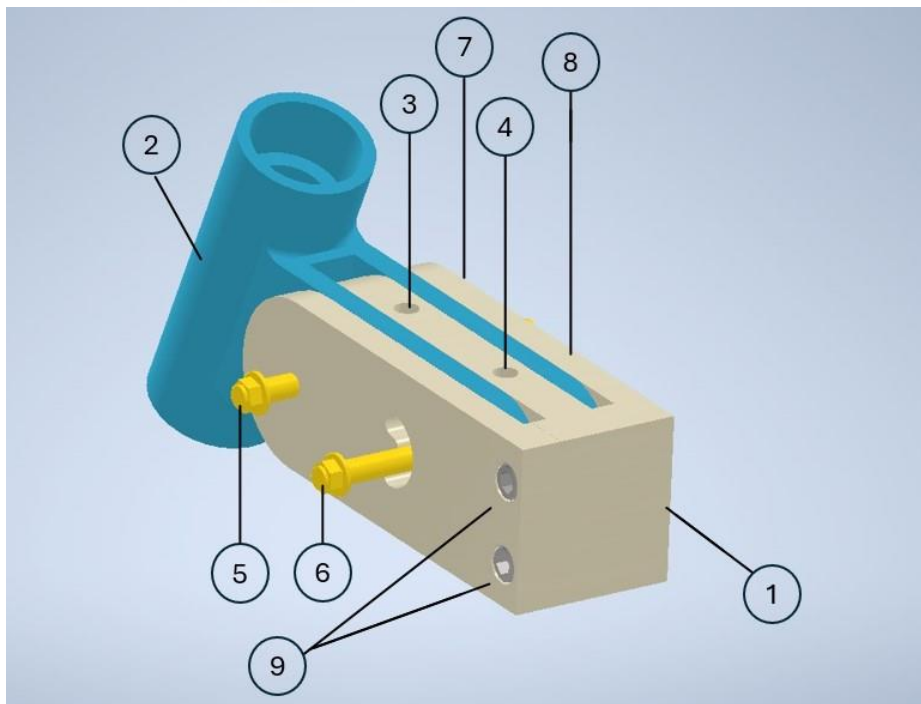


6.1 – DETALLE DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

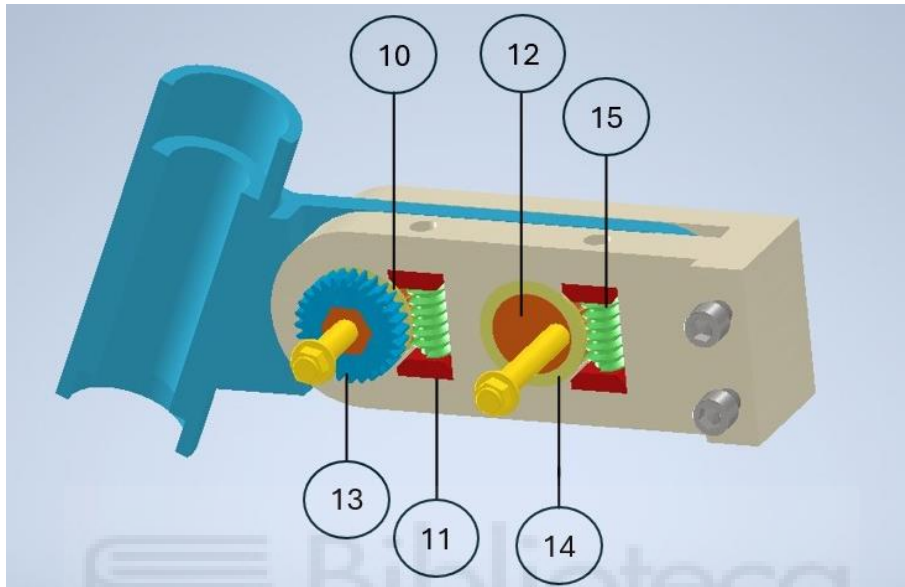
En la fotografía se puede ver el ensamblaje final del modelo 3D del proyecto, realizado con el programa Inventor.

En ella puede apreciarse:

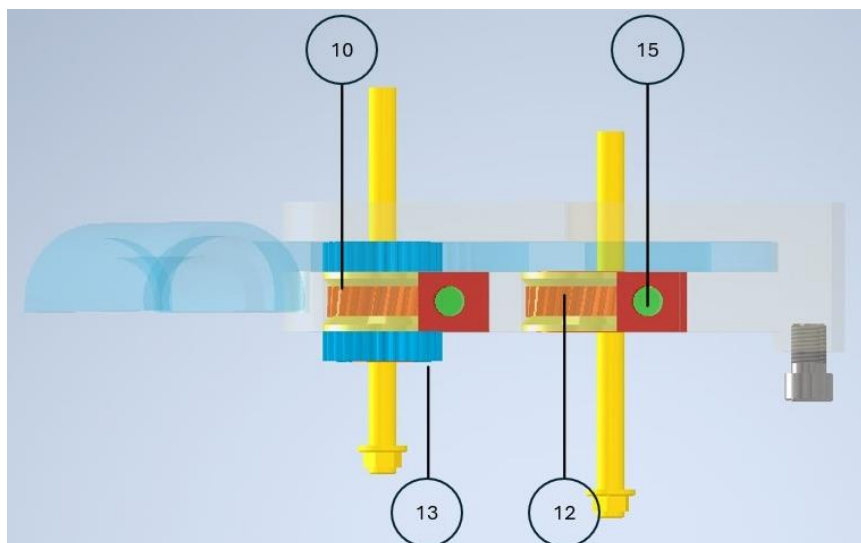
- (1) Elemento que representa la parte delantera del chasis de la motocicleta, donde se acopla a través de unas ranuras la pipa de dirección. (El chasis no ha sido diseñado, solo su terminación)
- (2) Pipa de dirección, donde van alojados los rodamientos que permiten el giro de todos los componentes de la horquilla delantera como son las tijas de dirección y rueda (no representados).
- Los orificios (3) y (4) son las entradas por donde se introduce la llave Allen para el ajuste de la distancia entre centros y el ángulo de lanzamiento respectivamente.
- Los tornillos (5) y (6) que, cuando están apretados, garantizan la unión solidaria del ensamblaje de ambos elementos (1) y (2).
- Las tuercas (7) y (8) que darán el apriete del dispositivo con el chasis.
- Dos tornillos Allen (9) se encargan de la unión de las dos piezas. Gracias a estos se instalan los componentes en el interior y luego se une.



En esta vista seccionada se pueden observar los elementos que componen el dispositivo. Los tornillos sin fin (15) están sujetos para asegurar su posición con 4 soportes (11), estos tornillos dan movimiento a los engranajes (10) y (12) solidarios a los ejes. Se utilizan 4 soportes para las coronas (14). Para el ajuste de la distancia entre ejes el engranaje (13) y otro idéntico pero al otro lado, dan el movimiento de (2) sobre (1).



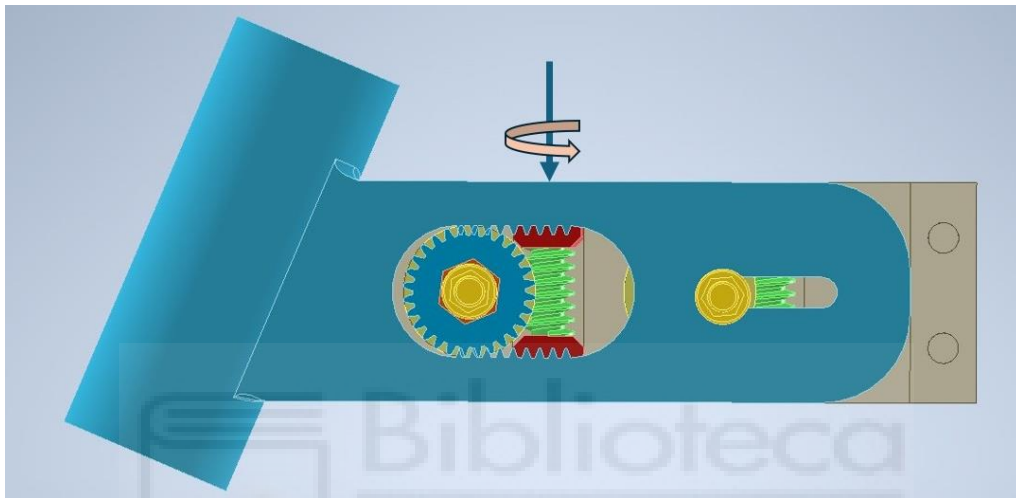
En la vista en planta se permite ver cómo funciona el sistema. Se visualiza el movimiento que se transmite con la herramienta accionando el tornillo sin fin (15) transmite el movimiento al engranaje (10) que gira solidario a otro engranaje que es el que se desliza (13). Por otro lado con el movimiento de (15) hace girar directamente (12).



6.2 - ESQUEMA SECUENCIA DE MOVIMIENTOS REALIZADOS

El ajuste de la distancia entre ejes se realiza aflojando el tornillo (5) y el tornillo (6) los cuales bloquean el movimiento proporcionando seguridad al dispositivo.

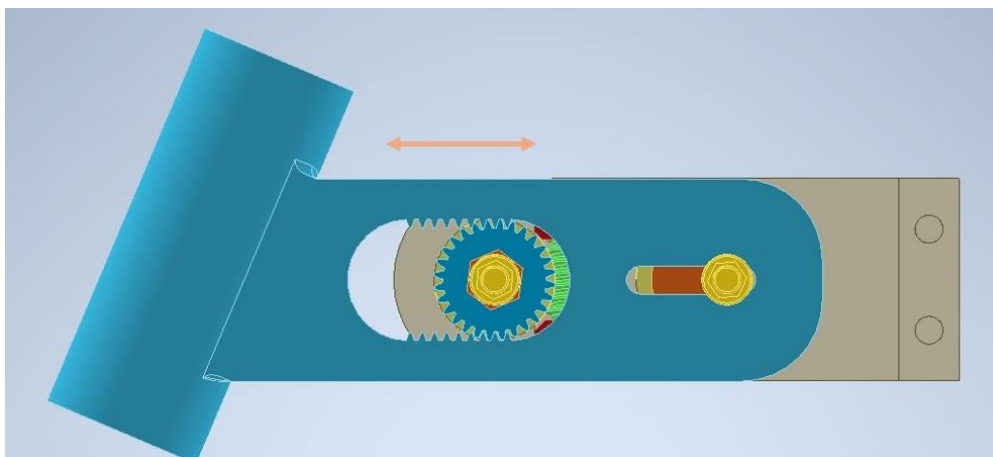
A continuación, se acciona el tornillo sinfín (15) con una llave Allen a través del orificio (3). El sinfín hace girar la corona (10) que mueve las dos ruedas dentadas (13) solidarias a cada lado de la corona.



Las ruedas dentadas engranan con unas cremalleras talladas por el interior de la corredera delantera de la pipa de dirección (2) (una a cada lado).

El giro de las ruedas dentadas (13) provoca, mediante las cremalleras, el desplazamiento lineal de la pipa (2).

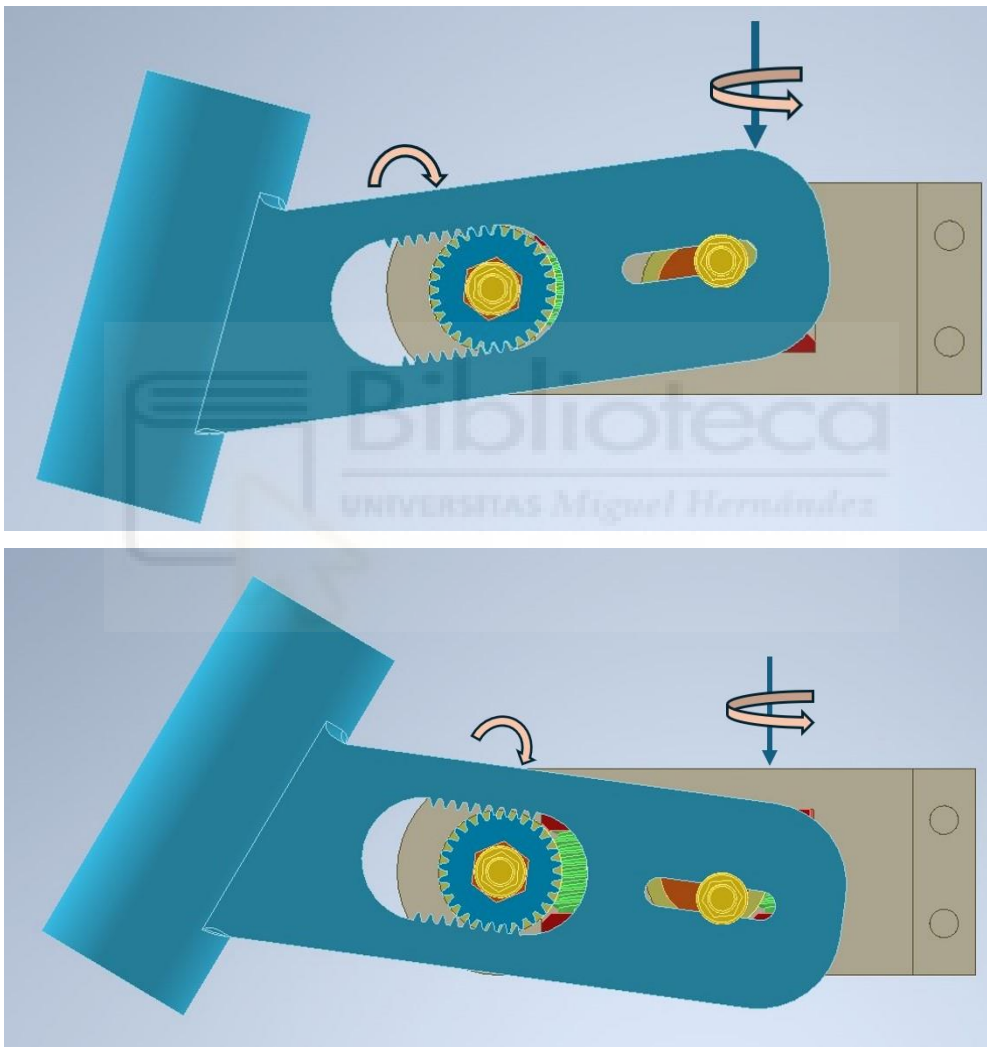
Acabado el ajuste se vuelven a apretar los tornillos (5) y (6) para bloquear el dispositivo.



El ajuste del ángulo de lanzamiento se realiza aflojando los tornillos (5) y (6) y accionando el sinfín (15) con una llave Allen a través del orificio (4).

El movimiento del sinfín hace girar la corona (12) que lleva practicado en la misma un agujero excéntrico por donde pasa el tornillo (6). El movimiento del tornillo (6) por la ranura trasera de la pipa de dirección (2) provoca el giro de esta sobre las ruedas dentadas (13) que, al tener el giro impedido por la corona (10) y el sinfín (15), impiden el desplazamiento lineal de la pipa (2).

Acabado el ajuste se vuelven a apretar los tornillos (5) y (6).



Según la posición relativa de la pipa de dirección (2) respecto al chasis (1), los ajustes pueden estar acoplados de forma que la variación de uno de ellos puede inducir pequeñas variaciones en el otro. Esto no es un problema porque pueden accionarse simultáneamente los elementos (10) y (12) de forma que se consigan las cotas de distancia entre centros y ángulo de lanzamiento que sean necesarias.

6.3 - VENTAJAS:

Entre las ventajas del sistema propuesto respecto a otro existente, podemos citar las siguientes:

- No es necesario desmontar el sistema de dirección del vehículo para realizar los ajustes.
- No es necesario acceder al interior del sistema para intercambiar piezas o variar la posición de pieza alguna como levas o excéntricas.
- Para el ajuste se utilizan herramientas comunes de uso general (llave Allen) y, por tanto, no es necesario fabricar ningún tipo de útil o herramienta de ajuste.
- A diferencia de otros sistemas que presentan valores discretos al utilizar piezas intercambiables o elementos interpuestos entre otros como arandelas calibradas, el ajuste del dispositivo es progresivo y continuo, y puede adoptar cualquier valor dentro del rango de los valores mínimo y máximo.
- Su rapidez es el punto más ventajoso del sistema permitiendo así al piloto tener más tiempo para poder rodar y mejorar tiempos con un simple cambio sencillo y muy eficaz que le permite una gran variedad de posibles posiciones.
- Tiene un diseño específico para un chasis especial que permite la instalación del dispositivo.
- Posibilidad de realizar modificaciones e incluso mejoras en el dispositivo una vez extraído de la motocicleta y conservar el mismo chasis. Se trata de algo muy importante en este apartado ya que es un diseño que puede desarrollarse a lo largo del tiempo y así permanecer más tiempo como una buena solución a los problemas que conllevan el cambio de estos en la actualidad.

6.4 - PROBLEMAS CON EL DISEÑO:

Toma de aire: La forma que tiene el diseño dificulta la posición de la pieza por donde se conduce el aire hacia el motor (RamAir).



Como solución a este problema se optará por redirigir el aire rodeando el dispositivo. Antigüamente se utilizaba este diseño y hoy en día lo podemos ver en algunas motos.



Si se realiza el prototipo de manera hueca en el centro se podría utilizar el paso del aire (RAMAIR) y evitar la necesidad de utilizar un sistema diferente para la toma de aire pudiendo así, ser mas sencilla su futura comercialización.

7 - CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Para la adquisición de datos se ha utilizado [3] ajustando dichos valores y realizado los cálculos con valores propios.

Hay que tener en cuenta que el peso total de la motocicleta se compone del propio peso de la motocicleta, dispositivo y líquidos. Todo el conjunto tiene un peso mínimo de 165 Kg por reglamento.

Para que el diseño cumpla debe resistir adecuadamente los esfuerzos de torsión, flexión y los golpes transmitidos por el tren delantero a la pipa de dirección y chasis como por ejemplo un bache. De esta forma el diseño asegura que el eje delantero está en el mismo plano que la rueda trasera, sin afectar a la geometría de la motocicleta.

El objetivo principal es asegurar la rigidez del prototipo para cerciorarse de su robustez.

También hay que tener en cuenta que materiales se van a utilizar ya que influyen directamente en el coste de fabricación, peso y viabilidad.

- Cargas aplicadas

Para realizar un estudio y diseño del tren delantero de una moto hay que conocer las diferentes fuerzas que van a actuar sobre esta.

- Cargas estáticas:

Se trata de las cargas que no varían su magnitud durante el transcurso del tiempo, es decir, tienen el mismo valor antes y después.

Entre ellas se puede encontrar las cargas permanentes, las cuales son generadas por el propio peso de la motocicleta y además el peso del piloto.

También encontramos las accidentales, las cuales van relacionadas con el clima donde se utilizaría el prototipo.

- Cargas dinámicas:

Se trata de las cargas que de manera repentina actúan sobre la estructura de la motocicleta. Estas varían durante el paso del tiempo.

En estas se clasifican 3 diferentes casos desfavorables en los que aparecen estas cargas:

7.1 - Aceleración máxima:

Cuando la motocicleta acelera en línea recta, se produce una propulsión que realiza un desplazamiento de los pesos hacia la parte posterior de esta. Este fenómeno modifica sustancialmente la posición del centro de gravedad.



- F_1 = El asfalto proporciona a la motocicleta una fuerza normal igual al peso en ese eje. En este caso de aceleración máxima esta fuerza es prácticamente despreciable ya que todo el peso va hacia el eje trasero, por lo tanto esta fuerza en este caso es de 0N.

$$F_1 = 0 \text{ N}$$

- F_2 = La fuerza 2 es igual que la F_1 pero, en este caso de aceleración máxima, todo el peso estará en este eje.

$$F_2 = P - F_1 = 2305,35 \text{ N} - 0 = 2305,35 \text{ N}$$

$$P = (P_p + P_m) * g = (70 + 165)Kg * \frac{9,81 \text{ m}}{\text{s}^2} = 2305,35 \text{ N}$$

- F_a = La fuerza de aceleración que es capaz de soportar el neumático trasero. Se tiene que considerar el coeficiente de fricción que el asfalto genera con el neumático.

$$F_a = F_2 * Fr = 2305,35 N * 1,2 = 2766,42 N$$

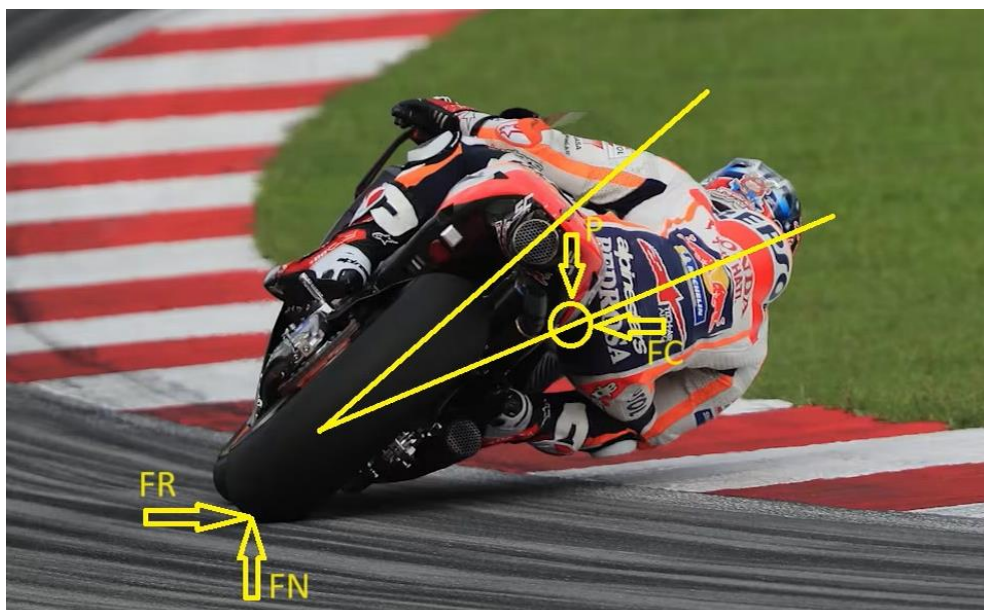
- P = Se trata de una fuerza causada por el propio peso de la motocicleta, del piloto y del prototipo. Actualmente el límite mínimo de peso establecido por el campeonato JuniorGp para una Yamaha R6 es de 165Kg repartidos entre el eje delantero y trasero. Para el peso del piloto se establece un peso medio de 70 Kg. El peso exacto del prototipo completo es de 9,715 kg.

$$P = (P_p + P_m) * g = (70 + 165)Kg * \frac{9,81 m}{s^2} = 2305,35 N$$

7.2 - Paso por curva:

Cuando la motocicleta circula en mitad de una curva de radio X , la posición del piloto ya no está recta como en aceleración, si no que en este caso se inclina a la línea imaginaria de la motocicleta provocando un par que hace que esta gire. Esto se produce ya que la rueda trasera tiende a irse hacia el exterior de la curva. Aparece aquí la fuerza de rozamiento normal en dirección del avance.

Al circular en recto, actúa la fuerza del propio peso de la motocicleta y del piloto unido al de la gravedad sobre el asfalto (P) y a su vez una fuerza de igual magnitud se genera en el suelo (N) evitando la generación de par.



Una fuerza característica a tener en cuenta que aparece cuando se describe cualquier movimiento de rotación es la de la Fuerza centrífuga.

Cuando se circula en una curva, el cuerpo estará siempre desalineado con la motocicleta, poniendo este lo más cerca del interior de la curva. Estos dos ejes imaginarios se separan al estar en una curva. Esto genera un par que ayuda a girar la moto hacia el exterior de la curva. Sin embargo aparece la fuerza de rozamiento (F_r) del neumático con el asfalto en sentido opuesto, hacia el interior de la curva, lo que no permite que la motocicleta se vaya hacia fuera.

Es esta fuerza de rozamiento la que finalmente permite el giro de la motocicleta en las curvas.

El coeficiente de rozamiento estático dicta el límite de inclinación. Si se supera este valor, el neumático perderá su agarre y se producirá una caída del piloto.

$$\tan(\theta) = \frac{F_r}{F_n} \leq \mu$$

θ = Ángulo de inclinación máximo $F_r = v^2$ y $F_n = Rg$ Se trata del radio de la curva

Se realizará el ensayo a 100 Km/h. Y un radio de curva de 150m y el piloto inclinará la motocicleta 52°.

El calculo de esfuerzos mas desfavorable se producirá a un gran ángulo de inclinación y un radio de curva corto.

$$FC = m * w^2 * r = m * \left(\frac{v}{r}\right)^2 * r = 235 * \left(\frac{100}{3,6 * 172}\right)^2 * 150 = 919,38 N$$

$$FR = P * \cos \alpha - FC * \cos \alpha = \cos \alpha * (P - FC) = \cos 52^\circ * (2305,35 N - 919,38 N) = 853,28 N$$

Aplicando un factor de seguridad de 3 para evitar cualquier problema como podría ser un bache o una piedra o cualquier otro motivo.

$$FR \text{ (Factor de seguridad 3)} = 3 * FR = 2559,84 N$$

7.3 - Frenada máxima:

Cuando la motocicleta realiza una frenada de emergencia utilizará toda la presión posible en la maneta de freno, llevado al máximo el sistema de frenos. Las horquillas bajan transfiriendo el peso de la moto hacia el eje delantero. En proporción del neumático a utilizar y condiciones atmosféricas y del asfalto, el agarre de este neumático puede ser muy diferente.



F1 = Se observa como todo el peso reside ahora en este eje, por lo tanto F1 se obtiene haciendo el sumatorio de fuerzas y considerando F2=0N.

$$F1 = P - F2 = 2305,35N - 0N = 2305,35N$$

$$P = (Pp + Pm) * g = (70 + 165)Kg * \frac{9,81 m}{s^2} = 2305,35 N$$

F2= En este caso todo el peso se transmite al eje delantero practicando casi por completo el peso en el eje trasero, lo que consigue hacer que la fuerza normal sea igual a 0N.

$$F2 = 0 N$$

FR= Fuerza de frenada que es en función de la fuerza F1 y del coeficiente de fricción del asfalto Fr.

$$FR = F1 * Fr = 2305,35 N * 1,2 = 2766,42$$

- Conclusiones a los cálculos efectuados

Una vez recogidos los datos de los esfuerzos que soporta una motocicleta podemos observar cual es el caso más desfavorable, siendo ese el valor que determinará el esfuerzo en la simulación.

Para el análisis de elementos finitos se eleva este valor para someter a la pieza a cualquier posible ocasión que pueda experimentar la motocicleta.

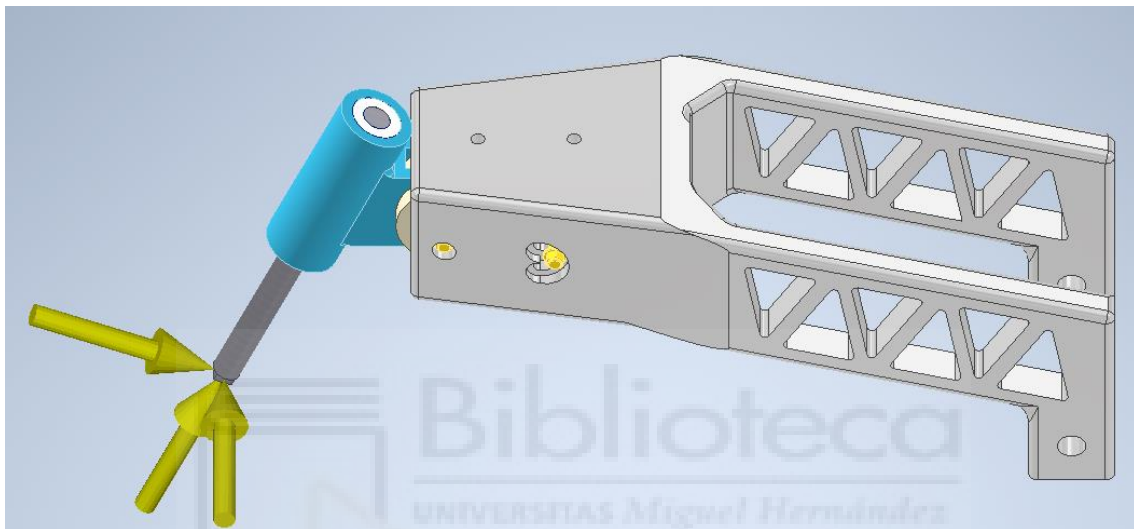


8 - SIMULACIONES MEDIANTE ELEMENTOS FINITOS (FEM)

Se comprueba que los esfuerzos y las deformaciones están dentro de los límites aplicables al material seleccionado.

Se realizan distintas simulaciones del dispositivo variando su distancia entre ejes y/o ángulo de lanzamiento para certificar su comportamiento y su rigidez en cualquier posición elegida del prototipo.

Para las simulaciones se ha utilizado el siguiente modelo:



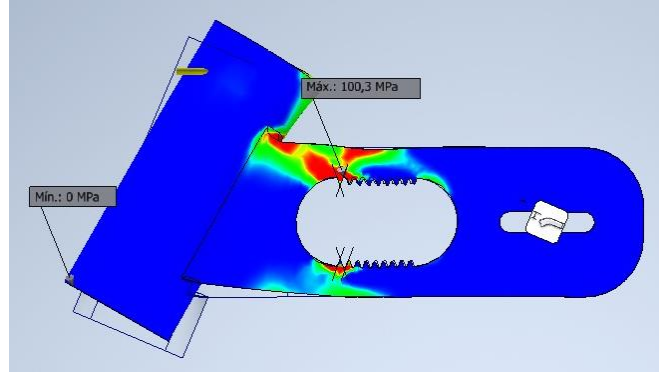
Aquí se puede ver un resumen de los 9 casos posibles para el dispositivo con una fuerza de 6000 N en cada uno de sus ejes, siendo esta fuerza mayorada procedente de un cálculo previo en su caso mas desfavorable.

Ángulo/Distancia	Valor medido	-5°	0°	+5°
-15	Tension de Von Mises	104,5 MPa	100,3 MPa	95,4 MPa
	Desplazamiento	0,07543 mm	0,07085 mm	0,06683 mm
	Coeficiente de seguridad	Min = 2,63 su	Min = 2,74 su	Min = 2,88 su
0	Tension de Von Mises	93,02 MPa	97,46 MPa	101,2 MPa
	Desplazamiento	0,08326 mm	0,09265 mm	0,1014 mm
	Coeficiente de seguridad	Min = 2,96 su	Min = 2,82 su	Min = 2,72 su
15	Tension de Von Mises	110,3 MPa	98,49 MPa	92,88 MPa
	Desplazamiento	0,103 mm	0,1223 mm	0,1406 mm
	Coeficiente de seguridad	Min = 2,49 su	Min = 2,79 su	Min = 2,96 su

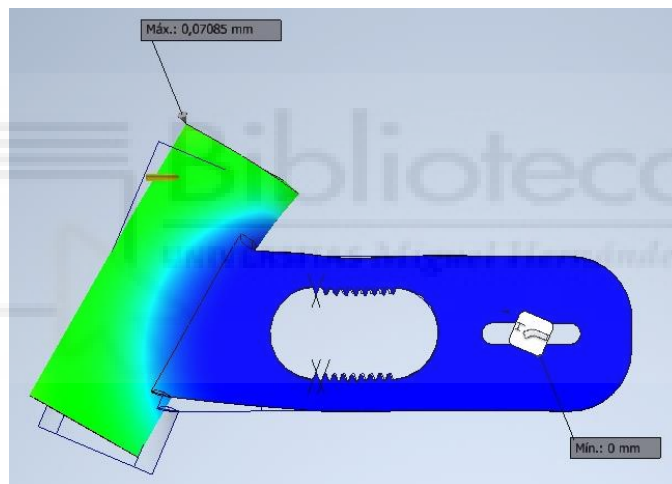
Caso 1) - Análisis de elementos finitos para el prototipo con las siguientes variaciones:

$$\Delta\alpha = 0^\circ \mid \Delta X = -15\text{mm}$$

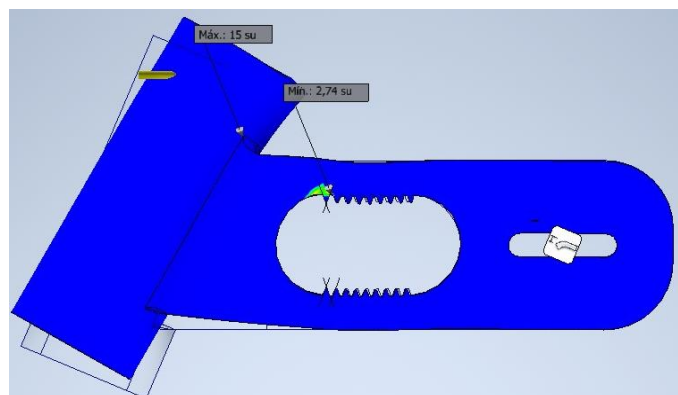
- Estudio de tensiones Von Mises:



- Estudio de desplazamientos:



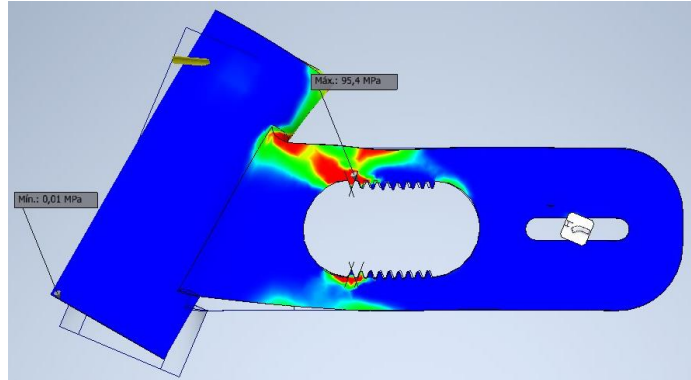
- Coeficiente de seguridad Cs:



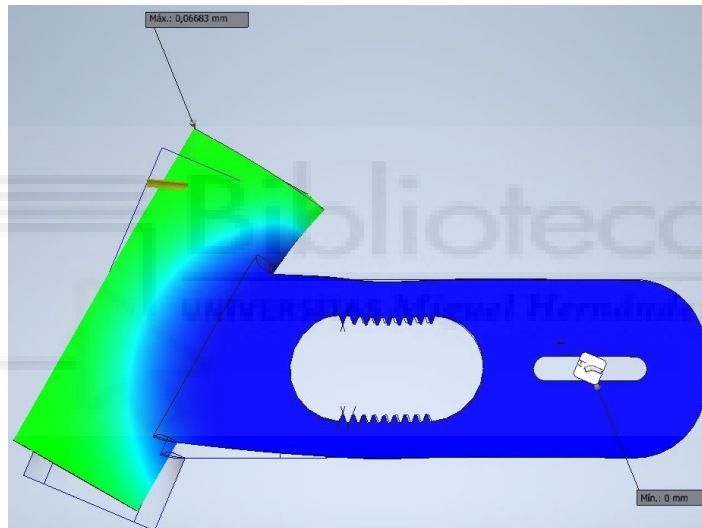
Caso 2) - Análisis de elementos finitos para el prototipo con las siguientes variaciones:

$$\Delta\alpha = +5^\circ \mid \Delta X = -15\text{mm}$$

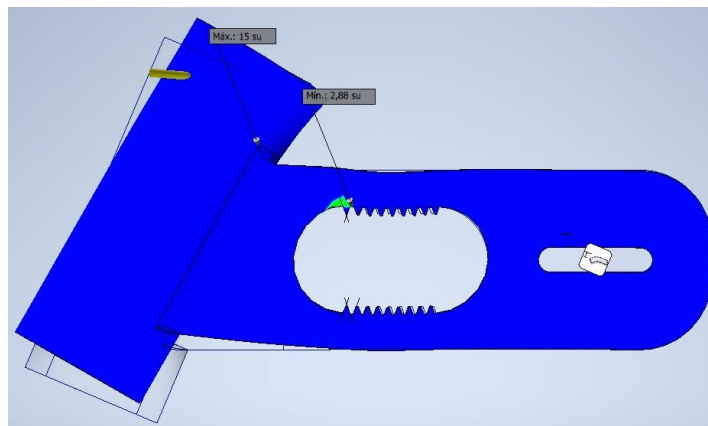
- Estudio de tensiones Von Mises:



- Estudio de desplazamientos:



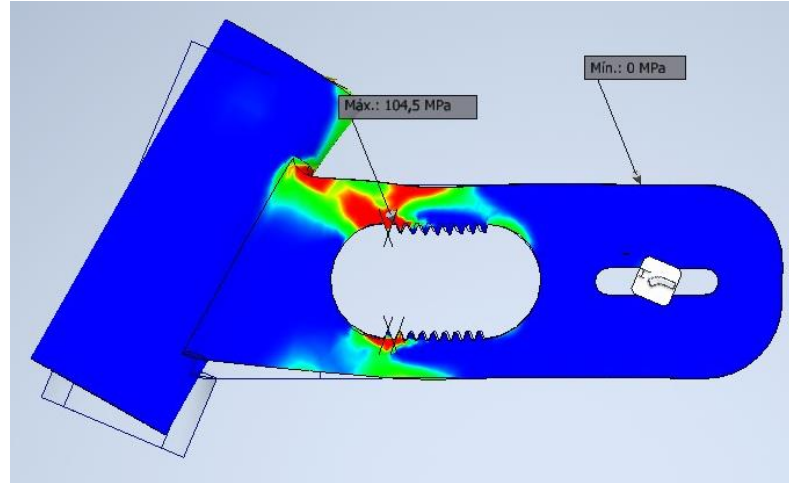
- Coeficiente de seguridad Cs:



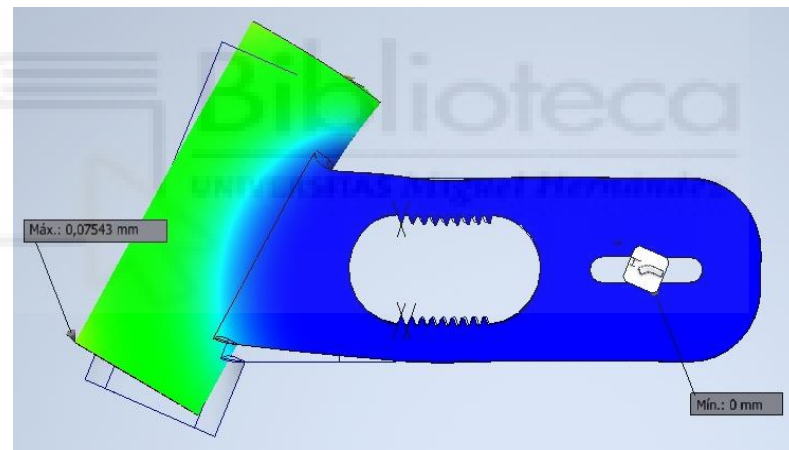
Caso 3) - Análisis de elementos finitos para el prototipo con las siguientes variaciones:

$$\Delta\alpha = -5^\circ \mid \Delta X = -15\text{mm}$$

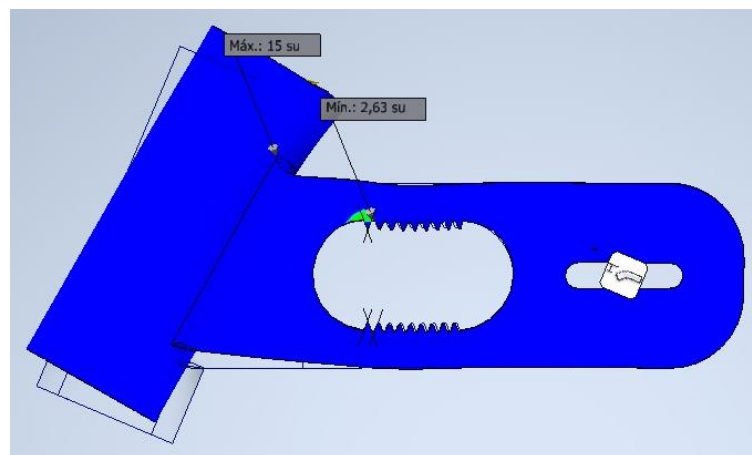
- Estudio de tensiones Von Mises:



- Estudio de desplazamientos:



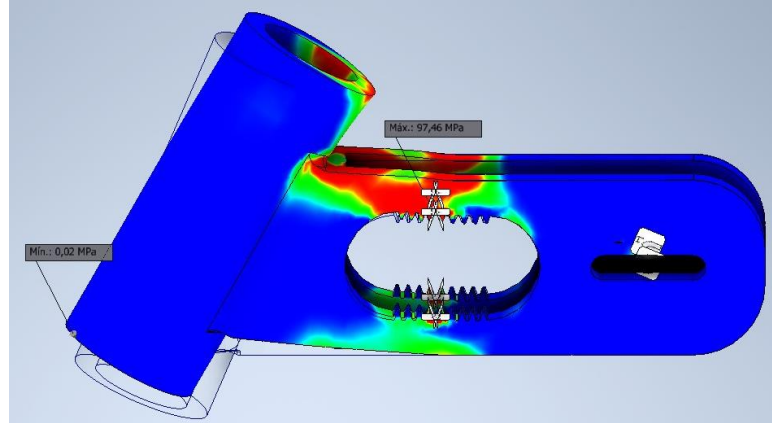
- Coeficiente de seguridad Cs:



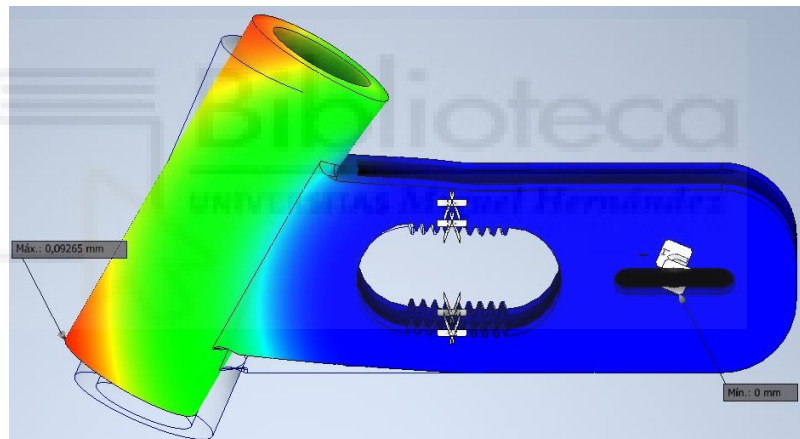
Caso 4) - Análisis de elementos finitos para el prototipo con las siguientes variaciones:

$$\Delta\alpha = 0^\circ \mid \Delta X = 0\text{mm}$$

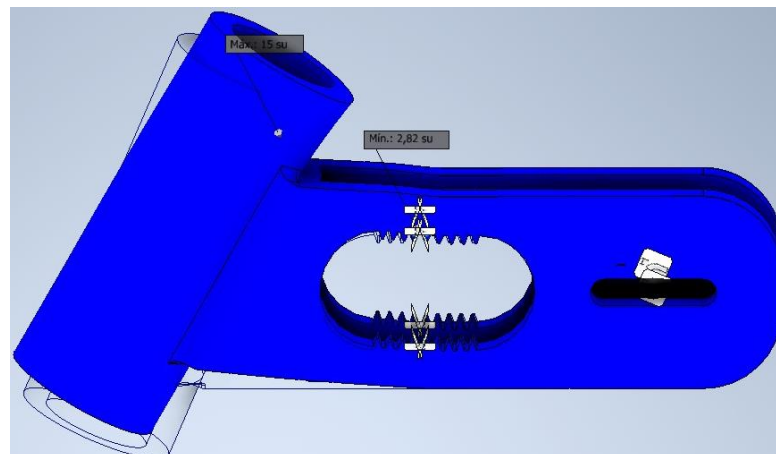
- Estudio de tensiones Von Mises:



- Estudio de desplazamientos:



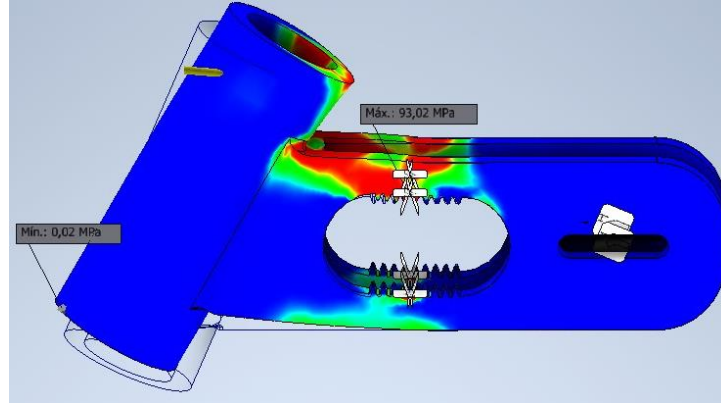
- Coeficiente de seguridad Cs:



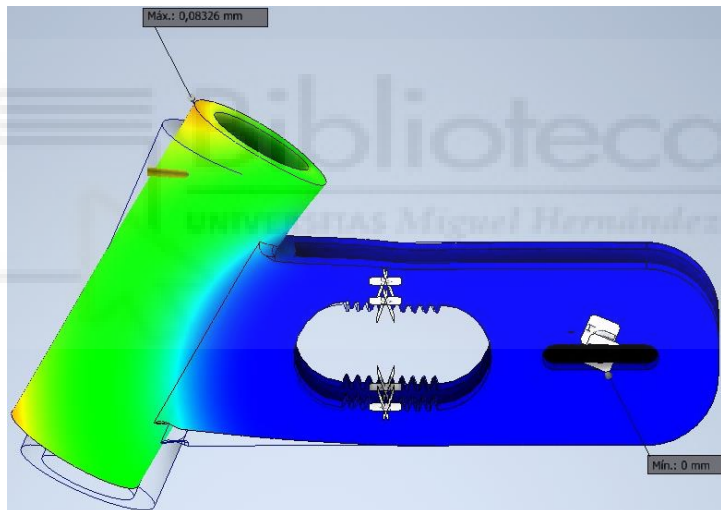
Caso 5) - Análisis de elementos finitos para el prototipo con las siguientes variaciones:

$$\Delta\alpha = -5^\circ \mid \Delta X = 0\text{mm}$$

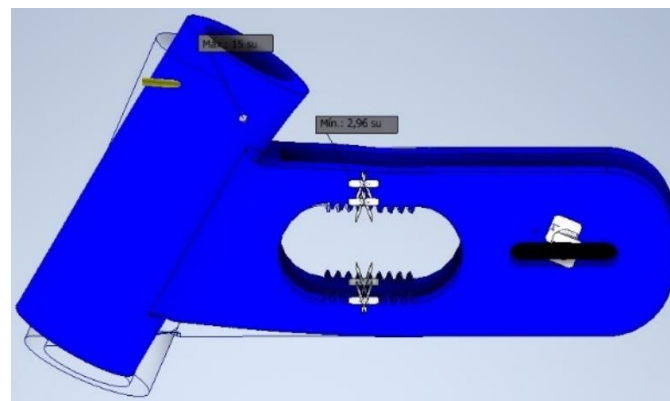
- Estudio de tensiones Von Mises:



- Estudio de desplazamientos:



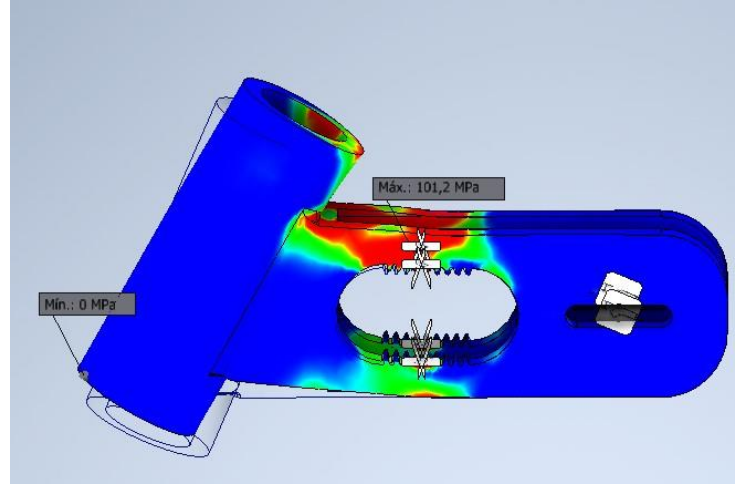
- Coeficiente de seguridad Cs:



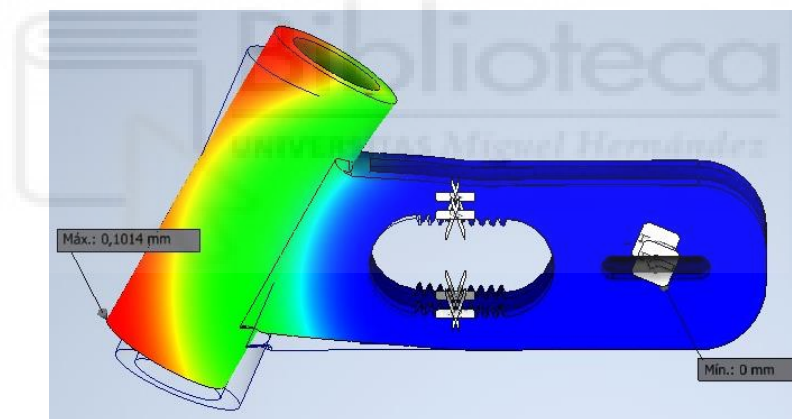
Caso 6) - Análisis de elementos finitos para el prototipo con las siguientes variaciones:

$$\Delta\alpha = +5^\circ \mid \Delta X = 0\text{mm}$$

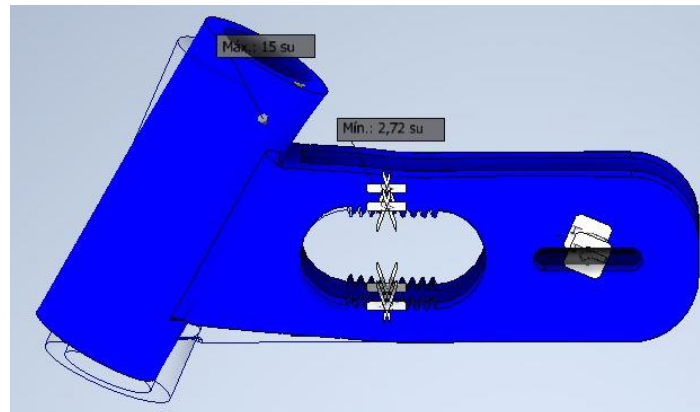
- Estudio de tensiones Von Mises:



- Estudio de desplazamientos:



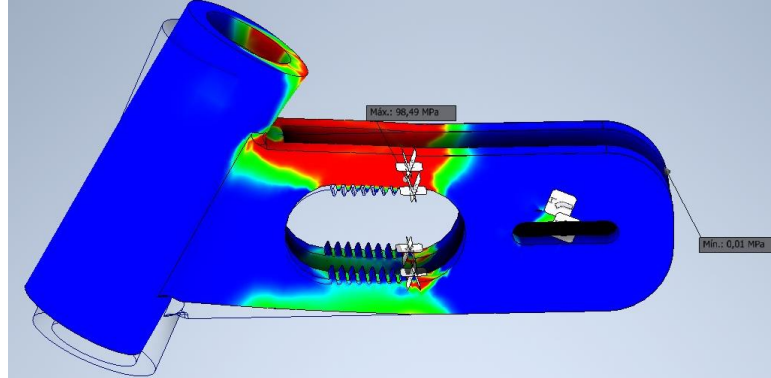
- Coeficiente de seguridad Cs:



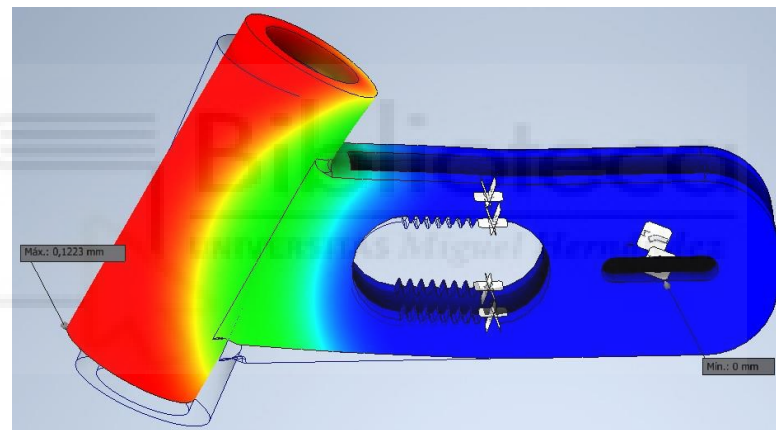
Caso 7) - Análisis de elementos finitos para el prototipo con las siguientes variaciones:

$$\Delta\alpha = 0^\circ \mid \Delta X = +15\text{mm}$$

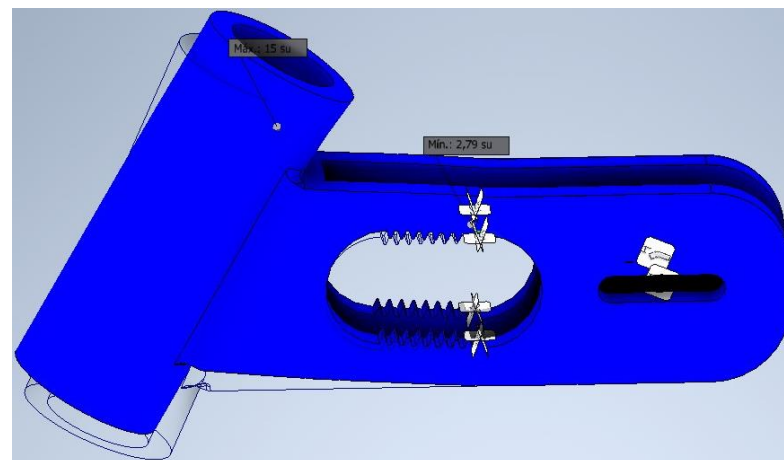
- Estudio de tensiones Von Mises:



- Estudio de desplazamientos:



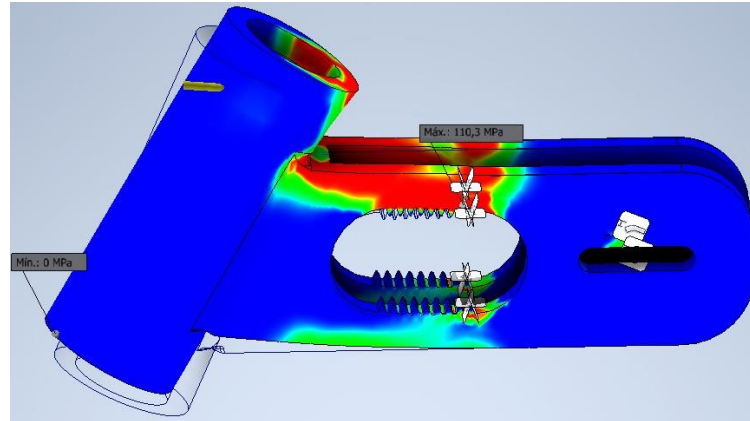
- Coeficiente de seguridad Cs:



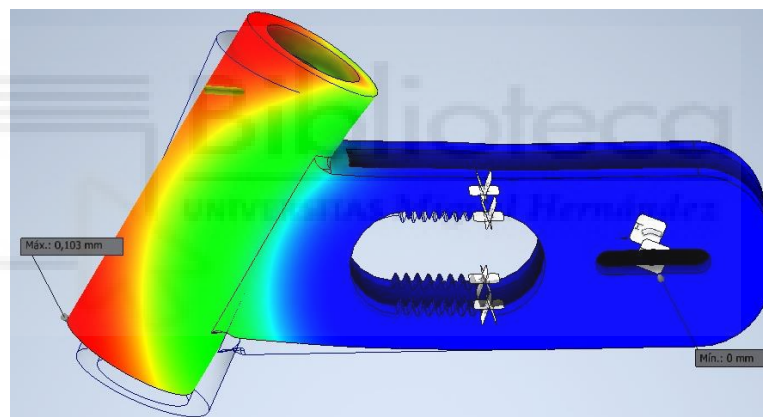
Caso 8) - Análisis de elementos finitos para el prototipo con las siguientes variaciones:

$$\Delta\alpha = -5^\circ \mid \Delta X = +15\text{mm}$$

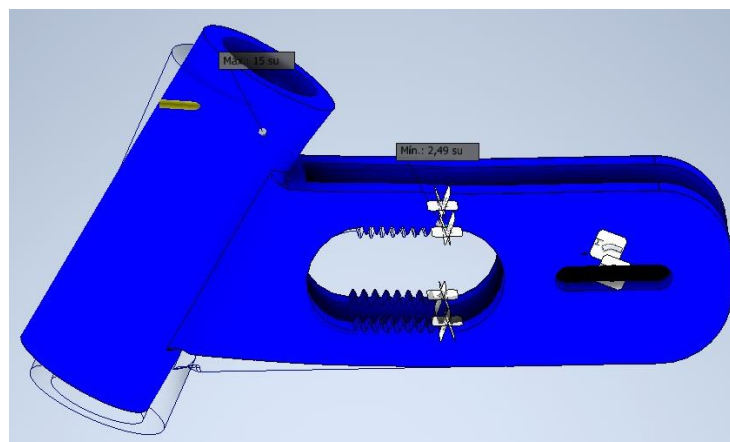
- Estudio de tensiones Von Mises:



- Estudio de desplazamientos:



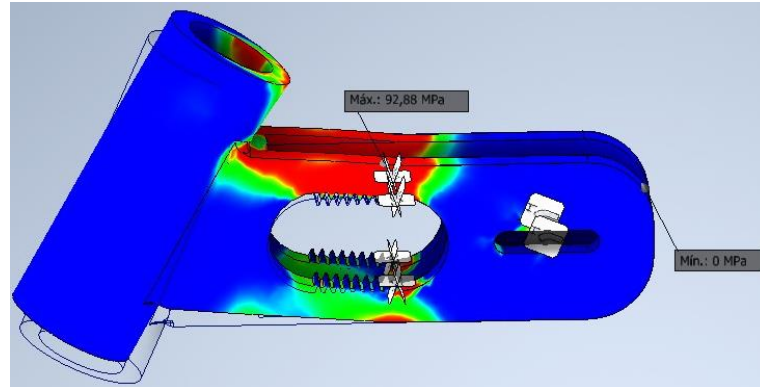
- Coeficiente de seguridad Cs:



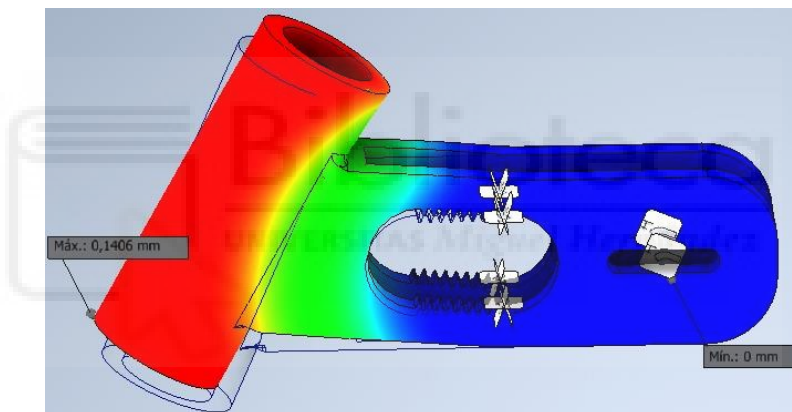
Caso 9) - Análisis de elementos finitos para el prototipo con las siguientes variaciones:

$$\Delta\alpha = +5^\circ \mid \Delta X = +15\text{mm}$$

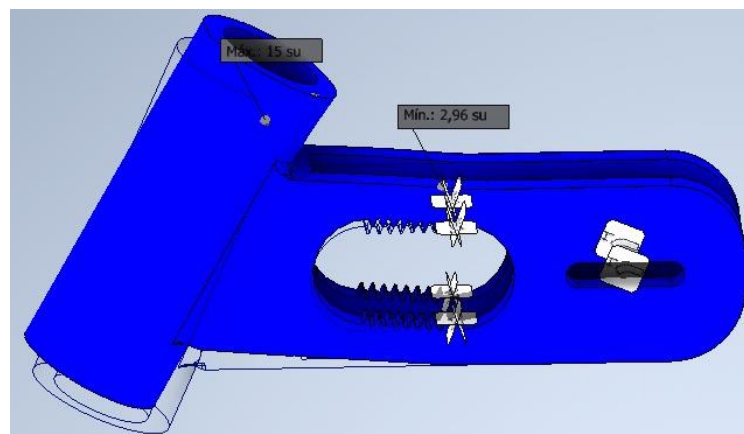
- Estudio de tensiones Von Mises:



- Estudio de desplazamientos:



- Coeficiente de seguridad Cs:



9 - PLIEGO DE CONDICIONES

En este pliego de condiciones se abordan distintos aspectos importantes de su diseño y la mejor forma para fabricarlo. En este caso no se fabrica, solo se dan las pautas para su fabricación. Se contemplan las condiciones generales, los materiales con los que se fabricaría, los elementos necesarios y especificación de los componentes.

- 1) Pliego de condiciones generales:

El diseño completo del proyecto se ha realizado gracias al programa ‘Autodesk Inventor’ el cual ha sido impartido en la universidad. Con este programa se puede realizar un análisis de elementos finitos. Desde el diseño de cada pieza hasta los planos, pasando por el cálculo de esfuerzos por elementos finitos se han realizado en este programa.

A la hora de fabricarse se pueden importar los archivos a AutoCAD ya que es el programa más apropiado para realizarlo. Se explican los pasos a seguir para su fabricación, pero este no ha llegado a ser fabricado.

El principal objeto del proyecto consta del diseño de un prototipo capaz de modificar dos parámetros de la geometría de una motocicleta destinada a competición.

Los documentos necesarios como base para su ejecución son: el Pliego General, la Memoria, Presupuesto y los Planos.

La información técnica necesaria para realizar el proyecto está definida en el presente pliego de condiciones. Se completa con las normas y disposiciones aplicables que se citan en el pliego.

○ 1.1) Materiales:

Los materiales a utilizar dependerán del reglamento de cada campeonato pero normalmente no está permitido fabricar en materiales como titanio o sus aleaciones debido a su coste elevado.

Los materiales utilizados han sido seleccionados para un uso en competición, de ahí su coste, pero se podrían utilizar otros materiales de menos resistencia pero con un diseño algo diferente para paliar los problemas que podrían ocasionarse.

En este caso, el prototipo está enfocado a la competición pero es todavía una idea, en el caso de realizar una unidad, esta tendría que ser fabricada en los materiales que el reglamento imponga, aun que el aluminio 6061 está permitido ya que es de los más utilizados.

○ 1.2) Peso:

- El peso mínimo total de la motocicleta sin piloto será de 165 Kg.
- El peso del dispositivo es de 9,715 kg.
- En cualquier momento del Gran Premio, el peso de toda la motocicleta no debe ser inferior al peso mínimo.
- Durante la verificación técnica, al final de la carrera, las motocicletas elegidas serán pesadas en las condiciones que finalicen la carrera, y el límite de peso establecido debe ser tomado en esta condición. Nada puede ser añadido a la motocicleta. Esto incluye todos los líquidos.
- Durante los entrenamientos cronometrados, los pilotos pueden ser llamados para controlar el peso de sus motocicletas. En cualquier caso el piloto debe cumplir con esta solicitud.
- El uso de lastre tanto móvil como fijo está permitido para alcanzar el peso mínimo. Dicho lastre debe ser declarado a los comisarios técnicos durante las verificaciones previas.
- El lastre móvil deberá ir correctamente sujeto al chasis, de forma que no pueda desprenderse del conjunto en caso de choque o caída. Puede ser instalado mediante bridas o atornillado.

- 2) Especificaciones de materiales y equipo:

- Respecto a los materiales, como se ha mencionado antes, el reglamento del campeonato de velocidad no permite el uso de ciertos materiales con lo que, este proyecto se ha ceñido a la utilización de los mejores materiales disponibles para su diseño y posterior posible fabricación.

Se procedería a su fabricación utilizando aluminio 6061. Se trata de una aleación metálica muy utilizada en la industria (incluida automoción) debido a su bajo peso, maquinabilidad, soldabilidad, alta resistencia...

Aleación	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti
6061	0.40/0.80	0.70	0.15/0.40	0.15	0.8/1.2	0.15/0.35	0.25	0.15

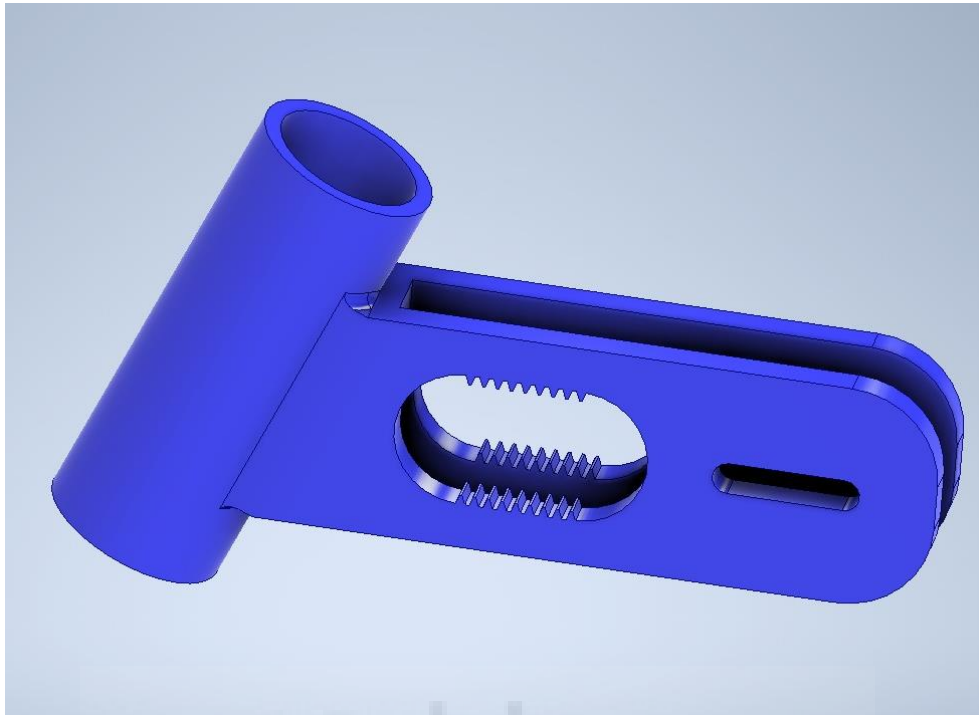
Un buen punto positivo de este aluminio al ser tan utilizado es su bajo coste en comparación a otros materiales.

Se compone principal de aluminio, magnesio (0,8 – 1,2%) y silicio (0,4 – 0.8%). Tiene mas elementos en menor proporción como por ejemplo, el hierro.

Tras recibir un tratamiento térmico, su resistencia es igual a la del acero con bajo contenido en carbono.

No Señor.	Propiedades mecánicas	Valor (psi/mpa)
1	Fuerza de producción	21000 / 145
2	Módulo de elasticidad	10000/68,9 Gpa
3	Resistencia a la tracción	35000 / 241
4	Resistencia a la fatiga	14000 / 97.9
5	Módulo de corte	3770 ksi / 26 GPa
6	Resistencia a la tracción	45000 / 310

- Pipa de dirección:



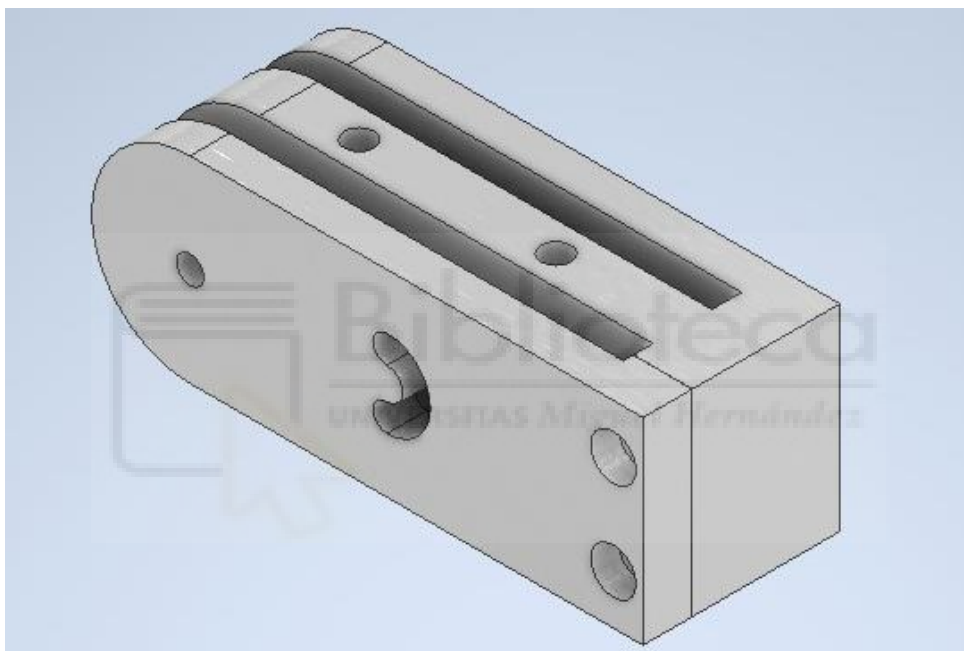
Se puede apreciar perfectamente la idea de esta pipa totalmente nueva, a su izquierda se observa la pipa por la que se conectarán las tijas, horquillas, etc. Seguidamente a la derecha se encuentra el dentado por el cual se desplazará el engranaje cuando se necesite el ajuste de la distancia entre ejes. Este permite una variación de 30mm. Por último a la derecha tiene una corredera para poder permitir que al variar este parámetro no quede bloqueado por el ajuste del ángulo de lanzamiento.

- Cartucho:

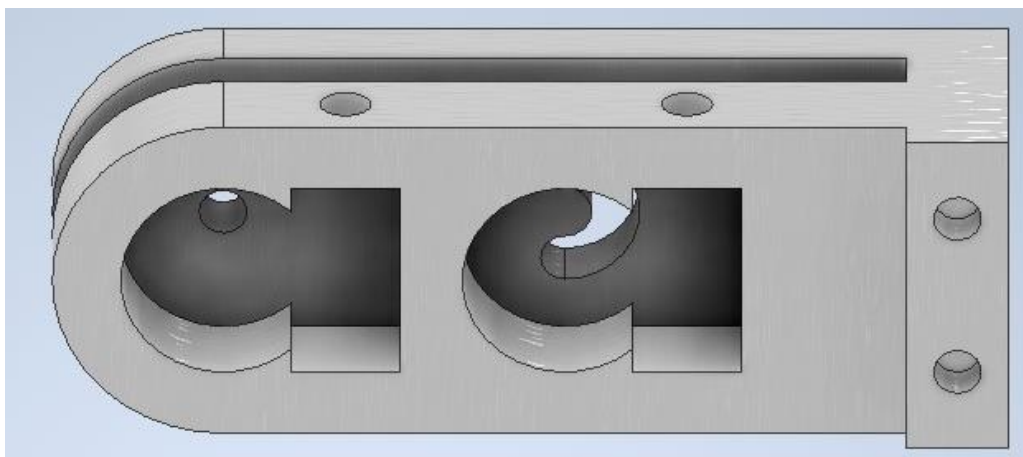
El elemento que lo hace todo posible se trata de este cartucho que va situado en la parte frontal del chasis. Este debe ser diseñado según las indicaciones que se indican en este proyecto.

Una vez se han introducido los engranajes en la pipa, esta se introduce dentro del cartucho y se quedará totalmente unido gracias a sus dos tornillos que atraviesan el chasis y el dispositivo para asegurarse de su correcto apriete.

En la figura se puede apreciar los mecanizados necesarios para el ajuste y fijación del prototipo.



Gracias a la vista seccionada se puede observar donde van situados los componentes que harán posible esa variación de longitud entre los ejes y la variación del ángulo de ataque.



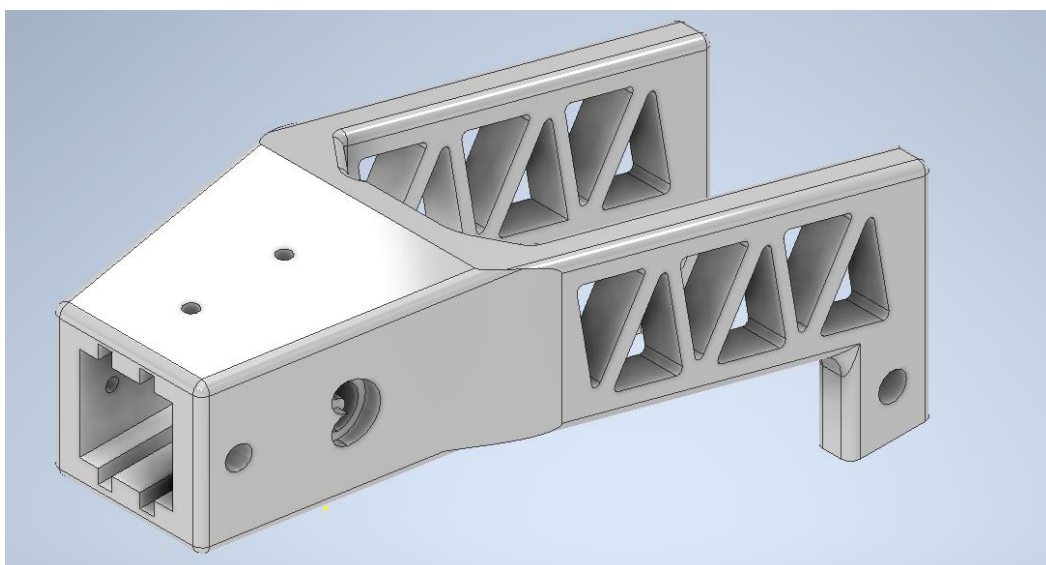
- Chasis:

El chasis doble viga de aluminio es de los mas utilizados por las marcas de motocicletas ya que tiene grandes ventajas. Todo el chasis abraza la pipa de dirección, donde como se ha explicado antes apenas tiene ajuste y este es muy complicado.



No es objeto de diseño en este proyecto pero se ha realizado un prototipo de chasis donde en el cual, se han realizado las modificaciones necesarias para la instalación del nuevo sistema desarrollado.

Se puede observar como en la parte superior tiene dos aperturas por las que se introducirán las herramientas necesarias para su ajuste.

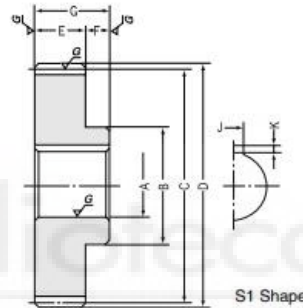


- Engranajes:

Para los engranajes será mas apropiado comprarlos directamente ya que hay muchas empresas que los fabrican específicamente.

En la mayoría de las empresas dedicadas a este sector se puede obtener un catálogo de los componentes que tienen estandarizados, donde se puede encontrar cualquier tipo de engranaje necesario para este proyecto.

MSG(A) Ground Spur Gears Module 3



Module 3

Catalog No.	Module	No. of teeth	Bore	Hub dia.	Pitch dia.	Outside dia.	Face width	Hub width	Total length	Web thickness	Web O.D.	Keyway
	m	z	A _{H7}	B	C	D	E	F	G	H	I	J x
MSG(A)-15 MSG(B)-15	3	15	18 22	36	45	51	30	15	45	—	—	6 x 6 x
MSG(A)-18 MSG(B)-18	3	18	20 25	45	54	60	30	15	45	—	—	6 x 8 x
MSG(A)-20 MSG(B)-20	3	20	20 25	45	60	66	30	15	45	—	—	6 x 8 x
MSG(A)-24 MSG(B)-24	3	24	20 25	45	72	78	30	15	45	—	—	6 x 8 x
MSG(A)-25 MSG(B)-25	3	25	25 30	55	75	81	30	15	45	—	—	8 x 10 x
MSG(A)-30 MSG(B)-30	3	30	28 35	60	90	96	30	15	45	—	—	8 x 10 x
MSG(A)-35 MSG(B)-35	3	35	30 35	60	105	111	30	15	45	—	—	8 x 10 x
MSG(A)-36 MSG(B)-36	3	36	30 35	60	108	114	30	15	45	—	—	8 x 10 x
MSG(A)-40 MSG(B)-40	3	40	30 40	70	120	126	30	15	45	—	—	8 x 12 x
MSG(A)-45 MSG(B)-45	3	45	30 40	70	135	141	30	15	45	—	—	8 x 12 x
MSG(A)-48 MSG(B)-48	3	48	35 40	70	144	150	30	15	45	—	—	10 x 12 x
MSG(A)-50 MSG(B)-50	3	50	32 40	70	150	156	30	15	45	20	126	10 x 12 x
MSG(A)-55 MSG(B)-55	3	55	35 40	70	165	171	30	15	45	20	140	10 x 12 x
MSG(A)-60 MSG(B)-60	3	60	35 45	80	180	186	30	15	45	20	156	10 x 14 x

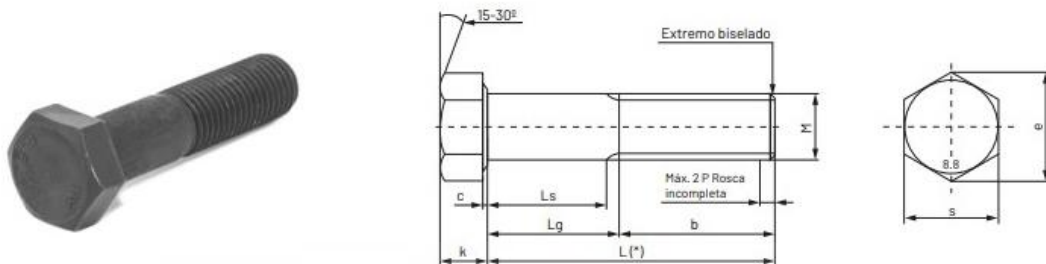
- Tornillos:

Los tornillos tambien han sido escogidos desde un catálogo estandarizado donde se pueden encontrar los tornillos necesarios para el ensamblaje y fijación del prototipo. En este caso se han elegido los tornillos DIN 931 de la marca COFAN de la clase 8.8

FICHA COMERCIAL



Tornillo DIN 931 8.8



Medida M x L	Referencia	b =	c Máx.	e Min.	K Máx.	S Máx.	Ls Min.	Lg Máx.	P Paso rosca	Par apriete N/m	Envase
14 x 160	04221341	40	0,6	24,49	8,98	22	110	120	2	125	50
14 x 170	04221351	40	0,6	24,49	8,98	22	120	130	2	125	50
14 x 180	04221361	40	0,6	24,49	8,98	22	130	140	2	125	50
16 x 50	04221441	38	0,8	26,75	10,18	24	6	12	2	190	100
16 x 55	04221451	38	0,8	26,75	10,18	24	7	17	2	190	50

El primer número, el 8, indica la centésima parte de la resistencia nominal a la tracción en Newton/mm². Por lo que si se multiplica el 8*100 se tienen los Newton/mm² que resiste el tornillo como máximo sin llegar a su rotura.

$$8 * 100 = 800 \text{ N/mm}^2$$

Si por ejemplo se tratara de un tornillo M10 con un paso de 1,5 y una sección de 52,3mm² con esta calidad (8) soportaría una tracción teórica de 4000Kg.

$$800 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 52,3 \text{ mm}^2 = 41800 \text{ N} = 4266 \text{ Kg de fuerza}$$

Ahora toca interpretar el otro número, en este caso otro 8. Este número combinado con el primero y multiplicado por 10 nos indica el límite convencional de elasticidad, dicho en otras palabras, el límite máximo que podemos aplicar al tornillo sin que la deformación sea irreversible. Utilizando el mismo tornillo que en el ejemplo anterior:

$$(8 * 8) * 10 = 640 \frac{N}{mm^2}$$

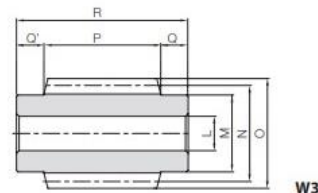
$$640 \frac{N}{mm^2} * 52,3 mm^2 = 33472 N = 3413Kg \text{ de fuerza}$$

- Tornillo sin fin:

Actualmente existen una gran cantidad de empresas que estandarizan sus productos para así poder facilitar su comercialización.



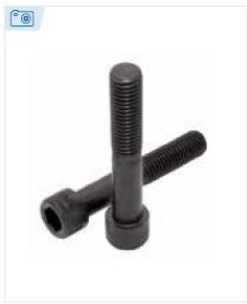
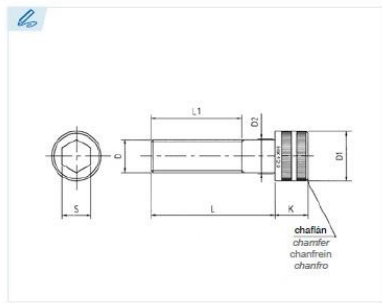
Specifications	
Precision grade	KHK W 001 grade 4
Reference section of gear	Normal plane
Gear teeth	Standard full depth
Normal pressure angle	14°30'
Material	S45C
Heat treatment	—
Tooth hardness	(less than 194HB)
Surface treatment	Black oxide coating



Catalog Number	Normal module	Number of Starts	Nominal lead angle	Direction of helix	Shape	Bore	Hub dia.	Pitch dia.	Outside dia.	Face width	Hub width (right)	Hub width (left)
						L ₁₇	M	N	O	P	Q	Q'
SW5-R1	m5	1	4°06'	R	W3	25	56	70	80	85	20	20
SW5-R2		2	8°13'									
SW6-R1	m6	1	4°18'	R	W3	30	64	80	92	100	25	25
SW6-R2		2	8°38'									

- Tornillo fijación cartucho.

ISO 4762 (DIN 912)

Tornillo de cabeza cilíndrica con hexágono interior
 Socket head cap screw
 Vis six pans creux tête cylindrique
 Parafuso de cabeça cilíndrica com sextavado interior

Acero aleado de alta resistencia
 Heat treated alloy steel
 Acier alié haute résistance
 Liga de aço de alta resistência

Calidad: 12.9
 Property class: 12.9
 Classe: 12.9
 Classe de resistência: 12.9

Normas ISO 898-1
 Standards ISO 898-1
 Normes ISO 898-1
 Normas ISO 898-1

Holo-Code: M5 - M36

D	M2 (x0,40)	M2,5 (x0,45)	M3 (x0,50)	M4 (x0,70)	M5 (x0,80)	M6 (x1,00)	M8 (x1,25)	M10 (x1,50)	M12 (x1,75)
D1 (max.)	3,8	4,5	5,68	7,22	8,72	10,22	13,27	16,27	18,27
D2 (max.)	2,6	3,1	3,6	4,7	5,7	6,8	9,2	11,2	13,7
K (max.)	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12
S nom.	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10
L1* (min.)	16	17	18	20	22	24	28	32	36
Sección útil mm ²	2,07	3,39	5,03	8,78	14,2	20,1	36,6	58	84,3
Nm	0,69	1,43	2,48	5,85	12,0	20,3	48,8	97,5	165
	4	5	5	5	6	8	10	10	12
	5	6	6	6	8	10	12	12	15
	6	8	8	8	10	12	14	15	16
	8	10	10	10	12	14	15	16	20
	10	12	12	12	14	15	16	18	25
	12		15	14	15	16	18	20	30
			16	15	16	18	20	22	35
			20	16	18	20	22	25	40
			25	18	20	22	25	30	45
			30	20	22	25	30	35	50
			35	22	25	30	35	40	55
			25	30	35	40	45	45	60
			30	35	40	45	50	50	65
			35	40	45	50	55	55	70
			40	45	50	55	60	60	75

- Rodamiento.



RODAMIENTO DE DIRECCIÓN NTN
STEERING COLUMN BEARING KIT
30X55X17

Ref : NTN00008A / 3031809

Precio venta recomendado : 45,36 €

37,65 € IVA incluido

Precio con código **VUELTA24**

COMPRUEBA LA COMPATIBILIDAD >

Bajo pedido

Entrega posible a partir del 10 de septiembre de 2024

¿Cuanto tardará en llegar mi pedido?

ANADIR A MI CESTA >

- Equipos: Se debe de cumplir unas normas en la fabricación de componentes. Serán así los cuales se haya fabricado como los que se compran.

- Elementos fabricados: Los componentes fabricados deben de cumplir las propiedades, medidas y requisitos expresados en este proyecto.
- Elementos comprados: Aquellos componentes que se compren a una empresa deberán de reunir las características y propiedades que indican en el catálogo.

Se presentan a continuación las maquinas y equipos necesarios para el proceso de fabricación requerido para este prototipo.

Para los componentes de la tija y chasis se utilizará el método de corte por chorro de agua. Este tipo de corte se caracteriza por poder cortar prácticamente cualquier tipo de material utilizando un producto y agua . Se trata de un método que permite fabricar una gran variedad de formas ya que es capaz de reproducir la forma que se le ordena. Su chorro tiene un saliente de 0,1mm hasta 0,45mm de diámetro



Las piezas que no puedan ser fabricadas mediante el corte por chorro se realizaran en una máquina de control numérico (CNC).



Para la fabricación de los tornillos, tuercas, engranajes y tornillo sin fin es aconsejable comprarlos directamente para ahorrar dinero y problemas de fabricación.

Para unir las piezas cortadas que forman la pipa se utilizará la técnica de la soldadura (MIG-MAG). Gracias a esta se puede realizar un buen trabajo en el aluminio. Su diseño no genera problemas en el soldeo de las piezas. Para el cartucho se utilizará una unión atornillada para así permitir la instalación de sus componentes en el interior de este.



- 3) Especificaciones de la ejecución:

El diseño de este nuevo componente tiene el objetivo de permitir una serie de ajustes que repercuten directamente en la geometría del vehículo y aportando la rigidez necesaria para que soporte los esfuerzos a los que se someten las motocicletas. Su particular ajuste es la parte más importante del diseño puesto que su ajuste es muy sencillo y accesible, lo que lo convierte en un prototipo totalmente diferente a lo que se fabrica o se ha fabricado.

La seguridad siempre es lo primero y por eso se ha desarrollado realizando todos los cálculos necesarios.

Su fabricación, la cual sería gracias a una máquina de corte por chorro y un centro de mecanizado CNC en el que se utilizará el programa Mastercam.

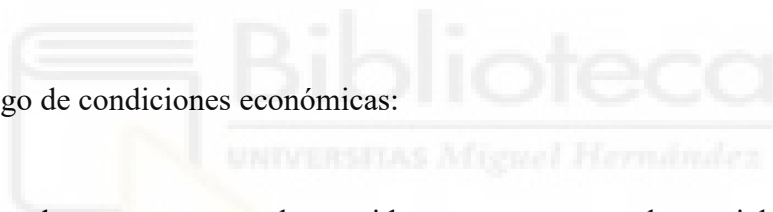
En los planos del proyecto se puede observar el ensamblaje completo y las partes que lo componen con todos los detalles constructivos para su correcta fabricación.

- 4) Pliego de condiciones económicas:

Todos los costes de este proyecto se han tenido en cuenta, como el material, mano de obra u horas de fabricación en máquina.

El coste del diseño o coste relacionado con ingeniería no se incluyen debido a que se hace por cuenta propia.

Todos estos gastos quedan desglosados en el presupuesto.



10 - PRESUPUESTO

En el presupuesto se evalúa la viabilidad del proyecto.

Se puede hacer un presupuesto del coste de las piezas que componen al dispositivo. Obviamente estos precios dependen de la calidad de los materiales, el proveedor, disponibilidad, por lo que este es un presupuesto relativo.

El dispositivo se compone de aluminio 6061, varios engranajes, tornillos, tornillos sinfín y tuercas que se obtienen a medida en un centro de mecanizado.

Se necesitaría fabricar un chasis especial para que este dispositivo se pudiera utilizar, el diseño de ese dicho chasis no entra en el desarrollo de este proyecto.

Hay costes fijos como los componentes normalizados y variables aquellos que han de ser diseñados o fabricados especialmente, estos costes serán aproximados.

Descripción	Cantidad	Precio	Total
• Engranajes solidarios	2	25 €	50 €
• Engranajes libres	2	25 €	50 €
• Tornillos M14	4	5 €	20 €
• Tornillos sinfín	2	20 €	40 €
• Tuercas	2	0.5 €	1 €
• Rodamientos	2	38 €	76 €
• Bloque aluminio 6061	2	150 €	300 €
• Mecanizado soportes	4	15 €	60 €
• Mecanizado pipa	1	700 €	700 €
• Mecanizado cartucho	1	500 €	500 €
COSTE			1.797 €
21% I.V.A			377 €
TOTAL			2.174 €

11 - CONCLUSIONES

El objetivo principal de este proyecto ambicioso de ingeniería es el de diseñar un dispositivo capaz de variar ciertos parámetros de la geometría de una motocicleta, transformando así la manera de ajustar estos parámetros.

Su fácil acceso y su rápido ajuste hacen de este dispositivo perfecto para reducir los tiempos utilizados en los cambios originales.



En el gráfico se puede observar dos colores, el azul se trata de el tiempo en minutos necesario para realizar esa variación. El color verde muestra el tiempo empleado en realizar esa misma operación pero en el dispositivo diseñado. Como se puede comprobar a simple vista, el tiempo necesario para el cambio en el ángulo de lanzamiento es muchísimo menor con el nuevo prototipo.

Se han descartado otros prototipos ya que este proyecto es la mejor opción debido a que reúne más competencias y es más atractivo.

En el proyecto se explica el amplio campo de la geometría desde un punto de vista ingenieril y el motivo por el que se realiza este prototipo.

Para asegurar la viabilidad del proyecto se ha realizado una extensa revisión técnica de las diferentes versiones que existen actualmente para el ajuste solicitado. Esto ha permitido justificar las decisiones tomadas en el diseño.

Se ha diseñado buscando que sea una solución óptima y viable para así, algún día poder instalarlo en una motocicleta de competición.

Por los cálculos realizados y el estudio de su análisis de fuerzas se puede afirmar que el sistema es el adecuado en cuanto a forma y dimensiones. Este es capaz de resistir los esfuerzos a los que va a estar sometido.

Se ha requerido de la utilización de software de diseño CAD ‘Autodesk Inventor Professional’ ya que la universidad tiene un convenio con esta empresa y los alumnos tenemos una licencia gratuita. Hoy en día realizar un proyecto así sin un programa de diseño, sería prácticamente imposible.

Una vez el prototipo ha sido diseñado y se ha comprobado que resiste las fuerzas que podría recibir gracias a la simulación de elementos finitos, el siguiente paso tan solo sería proceder a su fabricación. Desgraciadamente no es el caso, pero si se llegase a su fabricación se podría contrastar los datos obtenidos por el programa frente a los que se producen en la realidad. Si se fabricase, optaría por utilizar el software de Mastercam ya que es el más apropiado para trabajar con centros de mecanizado CNC.

Por estos motivos para realizar todas y cada una de las tareas restantes se necesitaría la colaboración conjunta de un equipo multidisciplinar, para así poder trabajar cada persona en una parte del proyecto. Con esto hay que aclarar que el diseño del prototipo supone solo el primer paso del ambicioso proyecto en el que se ha trabajado.

También se han pensado alternativas de diseño para poder fabricarlas para una gran variedad de motocicletas vendiendo diferentes ‘kits’. Al adquirir uno de estos, la idea es que se puede disponer de estas modificaciones sin necesidad de cambiar nada en la moto.

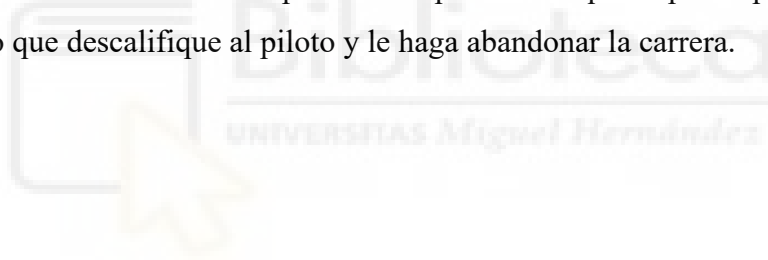
Desde el punto de vista económico, hay que diferenciar estas dos versiones:

- La principal, enfocada a la competición y por lo tanto en esta no habría problema con el presupuesto ya que en competición la moto tiene un gran coste.
- La versión de los kits es enfocada a personas que entran a circuito pero tienen potencial y quieren probar algo radical en sus monturas.

Por lo tanto, se ha demostrado la eficacia e integridad de este proyecto compuesto por un mecanismo que permite la modificación de la geometría de una motocicleta.

En este proyecto se ha realizado un diseño en CAD de cada elemento necesario para ensamblar el prototipo. Estos han pasado por cálculos de resistencia que confirman un comportamiento muy óptimo en este diseño.

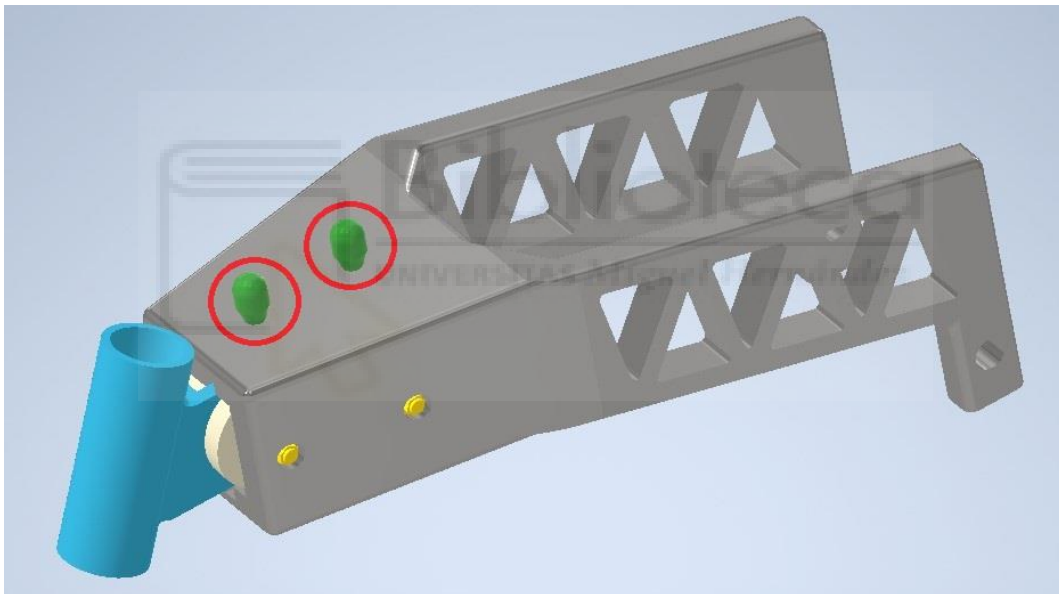
Para finalizar, se aclara que este se trata de un prototipo que sirve para realizar las diferentes pruebas pertinentes para comprobar que posición es la más adecuada a cada circuito. Tras realizar un test y comprobar que posiciones son las correctas para ese trazado se procedería a fabricar una pieza única para evitar que se pueda producir cualquier fallo que descalifique al piloto y le haga abandonar la carrera.



12 – TRABAJOS FUTUROS

Para mejorar el dispositivo se ha pensado en automatizar los movimientos colocando los motores eléctricos rodeados por un círculo rojo, en los tornillos sinfin (15). Estos movimientos debidamente controlados podrían variar de forma continua incluso con el vehículo en marcha, adaptándose a cada tramo del circuito y las condiciones de conducción instantáneas. Aunque sería aconsejable realizar las modificaciones en parado para así tener que vencer únicamente el peso propio de la motocicleta y la fricción del mecanismo.

Su accionamiento se podría controlar manualmente desde alguna de las piñas del manillar.



Como campo de aplicación principal encontramos los vehículos de competición. En ellos, es imprescindible que el vehículo pueda calibrarse para ajustarse de la forma más exacta posible a las características del circuito y la forma particular de conducción del piloto. Pero por supuesto que sería útil en las motocicletas de calle para así poder tener diferentes sensaciones y posibilidades.

13 - BIBLIOGRAFIA

[1] Foale, Tony. "MOTORCYCLE HANDLING AND CHASSIS DESIGN". 2006.
ISBN 84-933286-3-4.

[2] Patente "MECANISMO DE VARIACIÓN DE LA GEOMETRÍA DE UN
VEHÍCULO DE AL MENOS DOS RUEDAS" ES-2774848_B2

[3] TFG "DISEÑO DEL TREN DELANTERO DE UNA MOTO DE COMPETICIÓN
DE 600cc"

<https://catalunyaenmoto.com/es/motos-es/la-motopedia-es/las-geometrias-de-la-moto/>

https://www.motociclismo.es/consejos/mantenimiento/angulo-lanzamiento-moto-nzm_263079_102.html

<https://www.mimundolavespa.es/mecanica/mecanica-g/72-geometrias-de-una-motocicleta>

https://es.wikipedia.org/wiki/Geometr%C3%ADa_de_bicicletas_y_motocicletas

<https://www.autocasion.com/actualidad/reportajes/geometria-de-la-motocicleta>

<https://damon.com/technology>

<https://www.omc-stepperonline.com/es/nema-8-bipolar-1-8deg-1-4ncm-1-98oz-in-0-2a-20x20x28mm-4-hilos-8hs11-0204s>

<https://www.omc-stepperonline.com/es/nema-8-bipolar-1-8deg-1-4ncm-1-98oz-in-0-2a-20x20x28mm-4-hilos-8hs11-0204s>

<https://dirtbike.es/bieletas-oppds/#:~:text=Las%20bieletas%20act%C3%BAan%20amortiguando%20los,mejor%20las%20imperfecciones%20del%20terreno.>

<https://publimotos.com/moto/geometria-basica-de-una-motocicleta/>

https://www.motociclismo.es/consejos/mantenimiento/mide-distancia-entre-ejes-moto-nzm_262430_102.html

<https://soymotero.net/motos/aprilia/rsv-1000-r-factory/>

https://www.motociclismo.es/moto-verde/la-posicion-horquilla-en-tijas-afecta-geometria-moto-consultorio-juan_277894_102.html#:~:text=Altura%20de%20horquilla%20sobre%20las%20tijas&text=Respuesta%3A%20%E2%80%9CLa%20altura%20de%20la,eje%20delantero%20y%20el%20trasero.

<https://www.carbon4us.com/es/recambios/9531-buje-excentrica-original-ducatti-81920421a.html>

<https://www.1000ps.com/en-us/comparison/41/yamaha-yzf-r6-2020-vs-yamaha-mt-07-2020>

<https://www.redbull.com/es-es/neumaticos-motogp-caracteristicas>

<https://www.crash.net/motogp/feature/928432/1/science-behind-motogp-holeshot-device>

<https://tormetal.com/blog/el-marcado-de-los-tornillos/>

<https://www.coppermetal.com.br/es/blog/aluminio-6061/>

<https://www.wellste.com/es/6061-aluminum-alloy/>

<https://www.kloecknermetals.com/es/blog/what-you-need-to-know-about-6061-aluminum/>

https://adajusa.es/es/engranajes-y-cremalleras/26715-engranaje-cilindrico-modulo-25-z-28-dentado-recto-en-acero-8445340267157.html?srsltid=AfmBOoqdIWSR1LDEdekdqc-KCTD-O6Y1QrIEDRye4qwK5UDstWBs0s_7

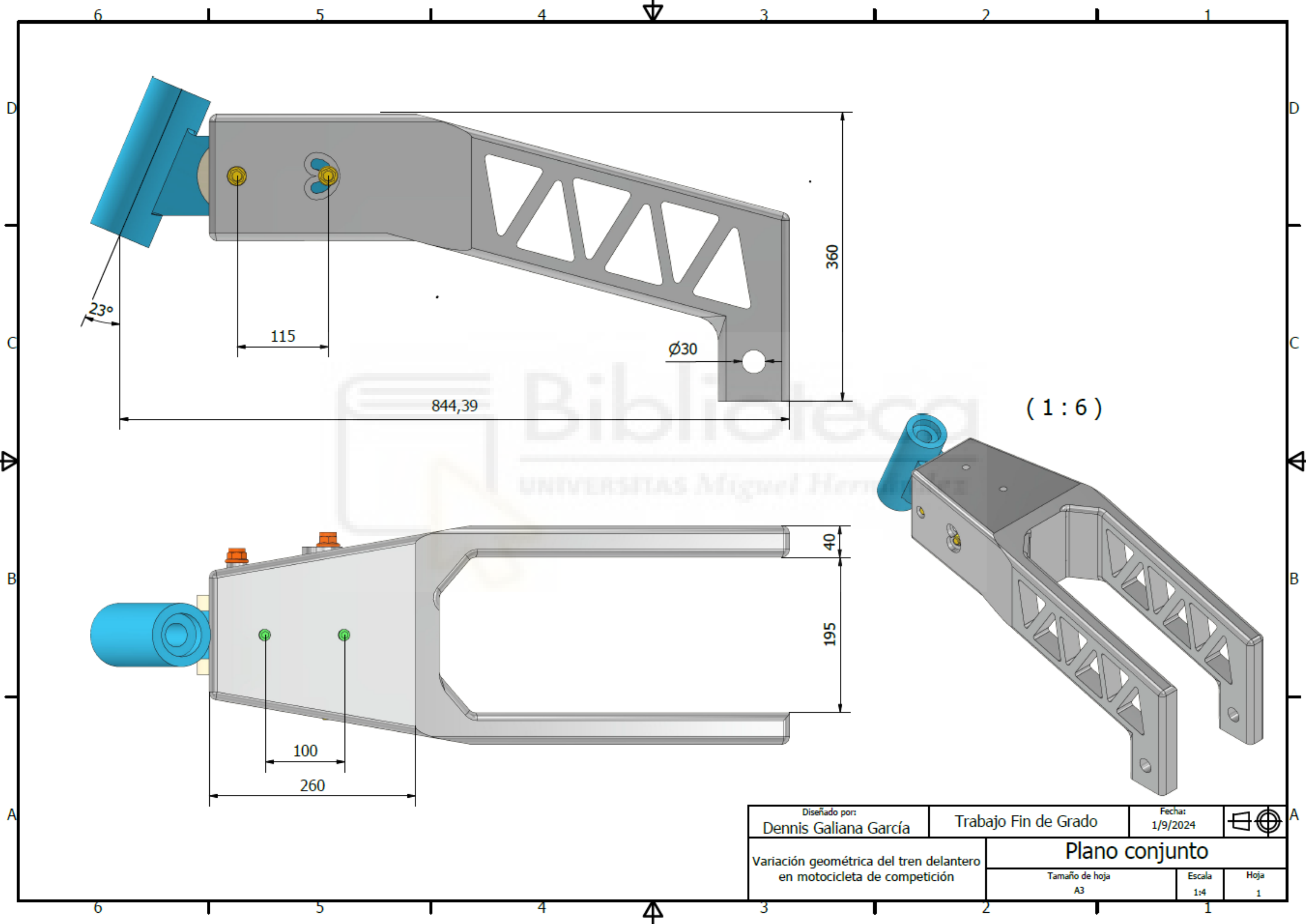
<https://www.ferreterialopezonline.es/agrupacion/tornillo-allen-m14-din912-2973?srsltid=AfmBOoqc7xddJvwxxkilL8YU7FfszrHB-hZm75p6sFd3e1GvHleQbIIb>


<https://es.rs-online.com/web/p/engranajes-de-tornillo-sinfin-y-pinon/5216907>

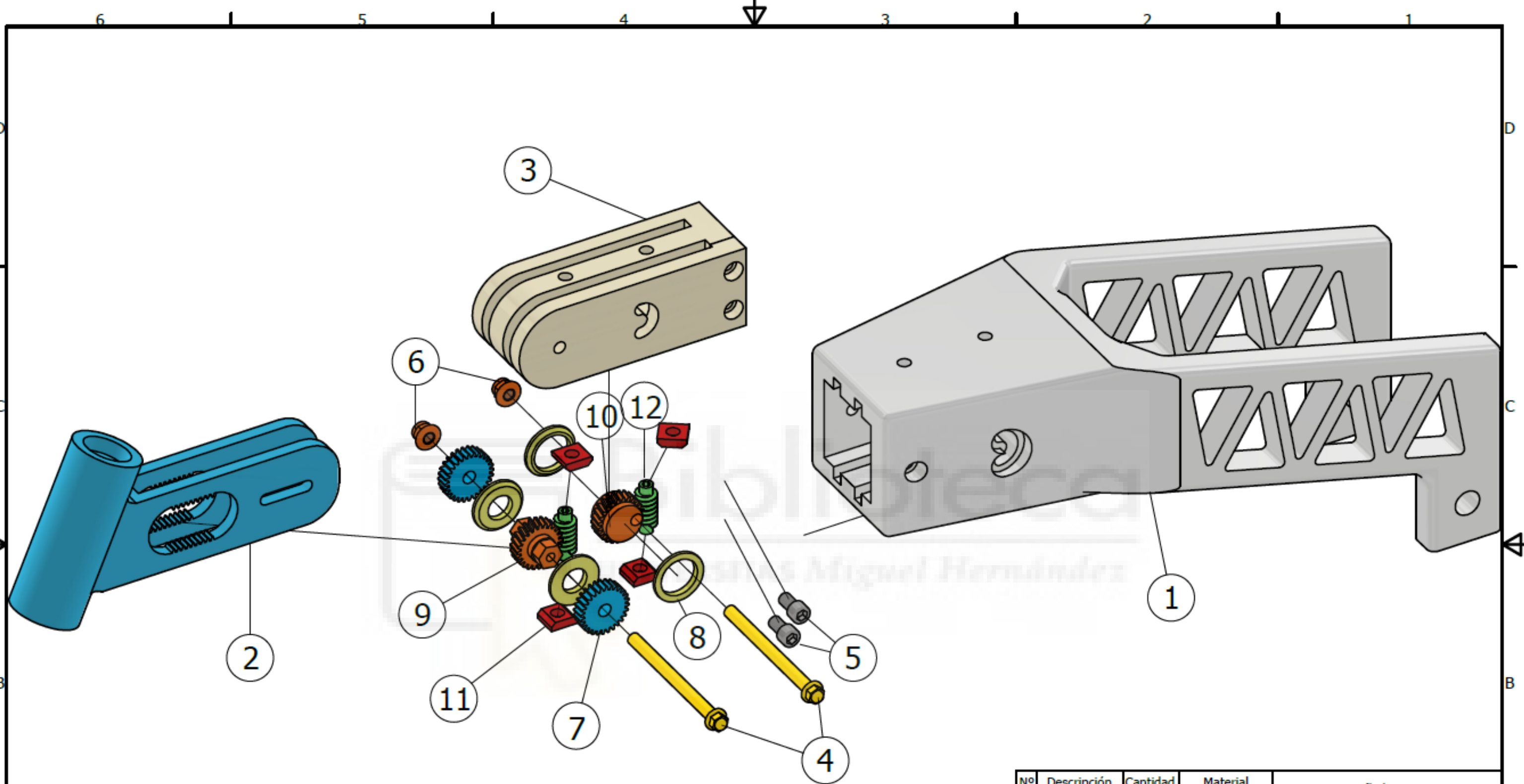
<https://www.tornilleriamalaguena.com/tienda/din-985-freno/2762-tuerca-din-985-m3-freno.html>

Programas de cálculo ---- Autodesk, Inventor Profesional. Versión 2024.

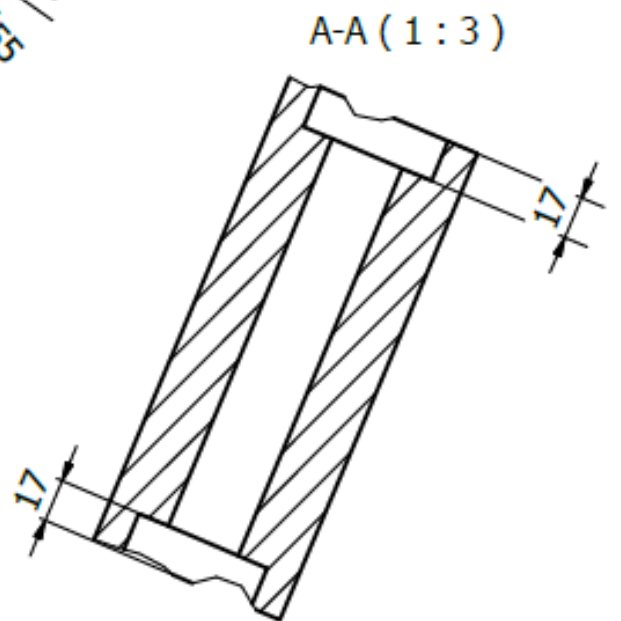
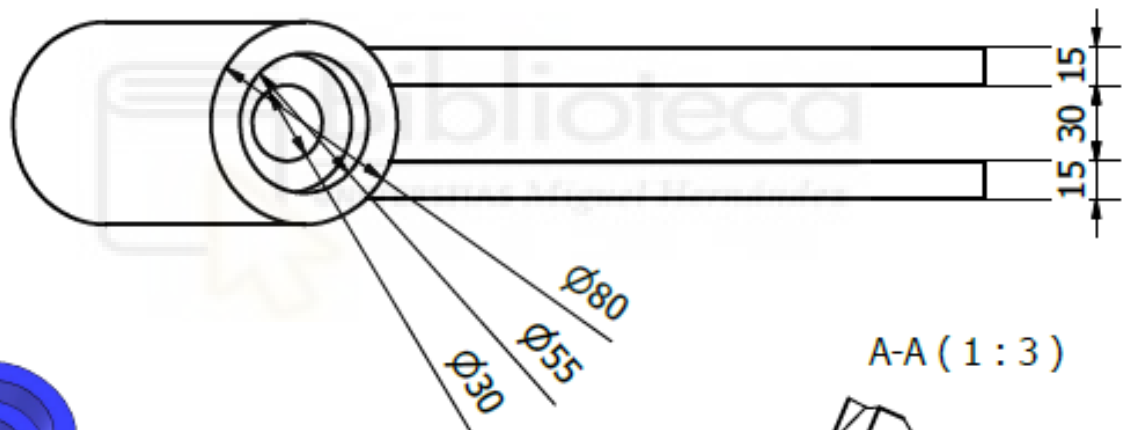
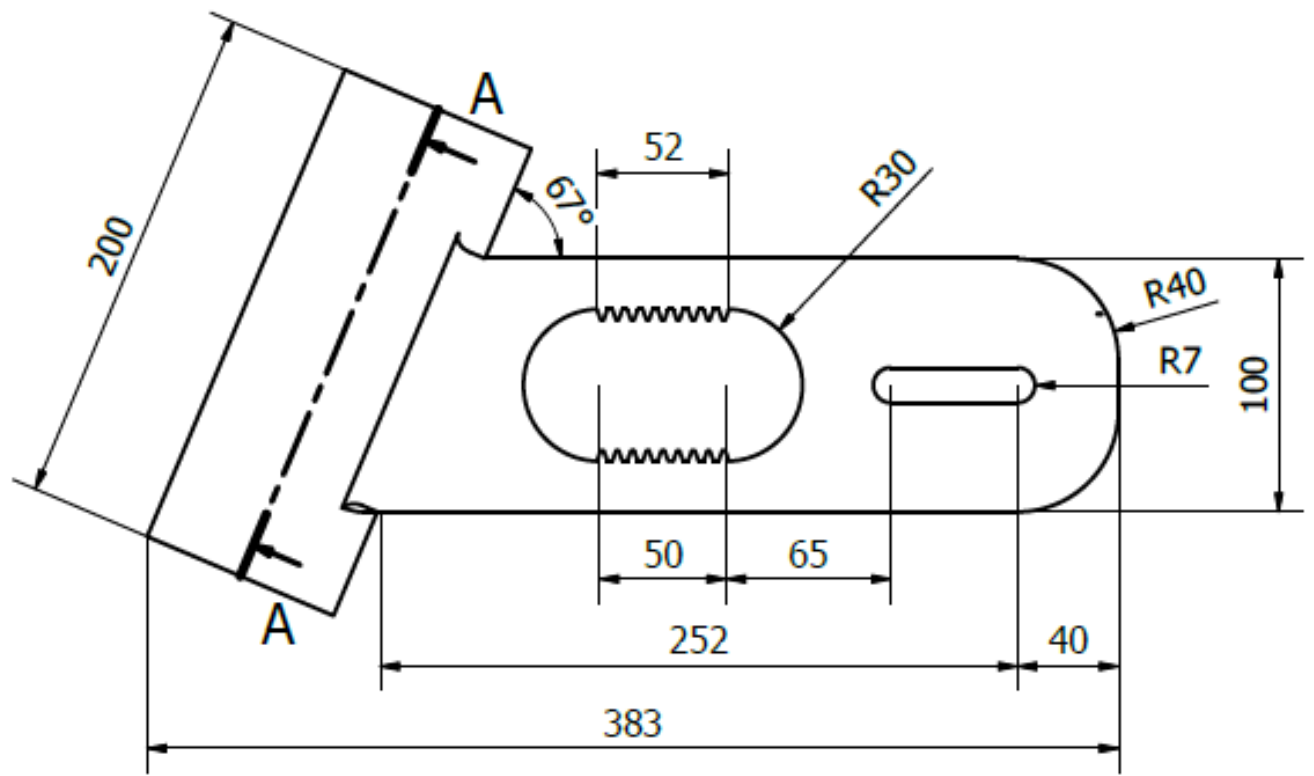
14 - PLANOS



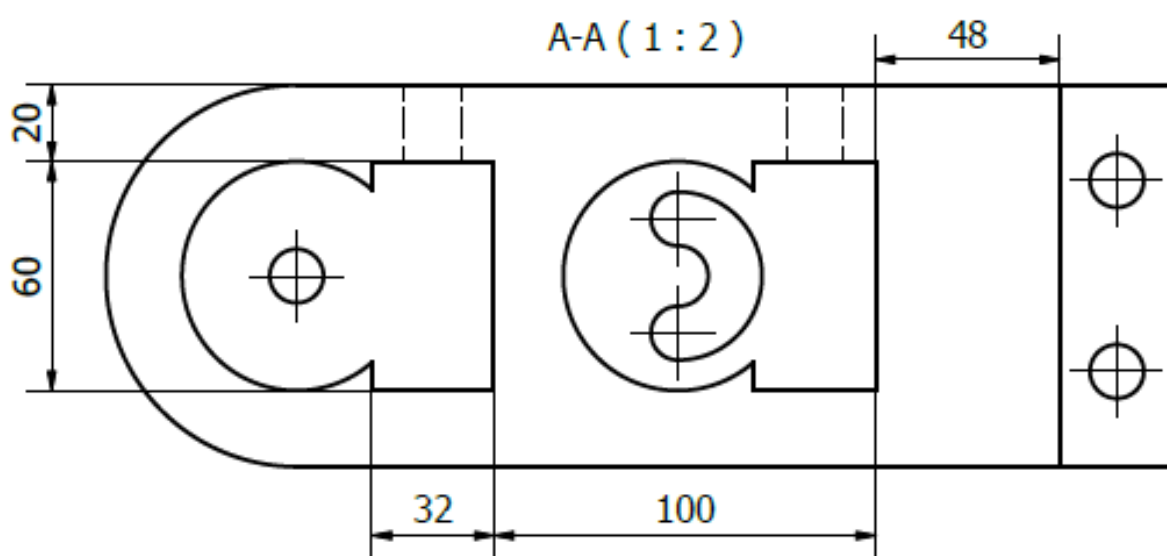
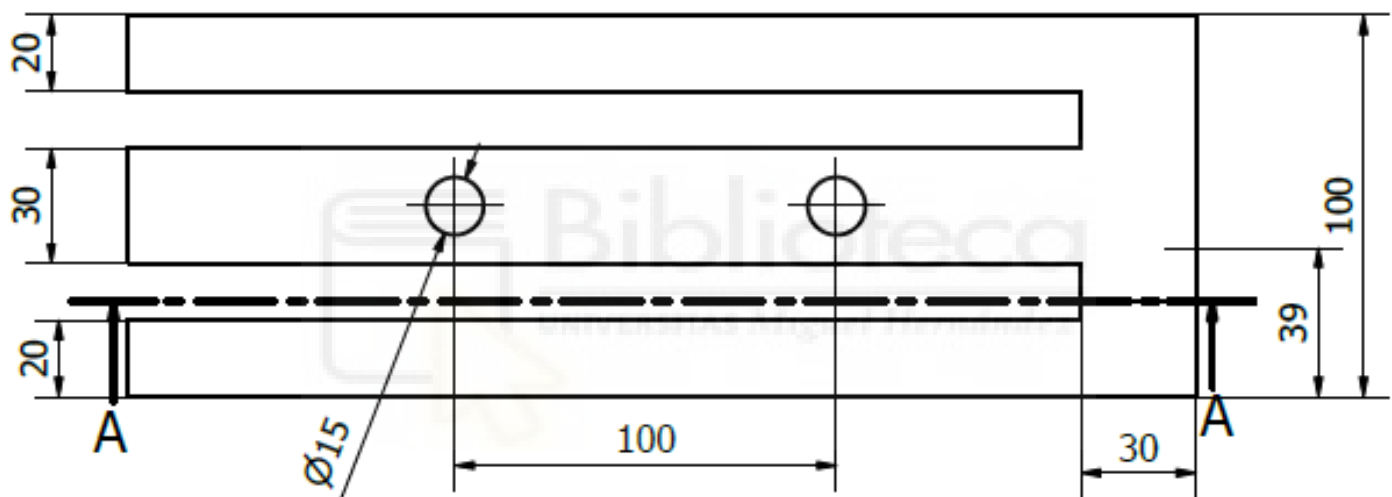
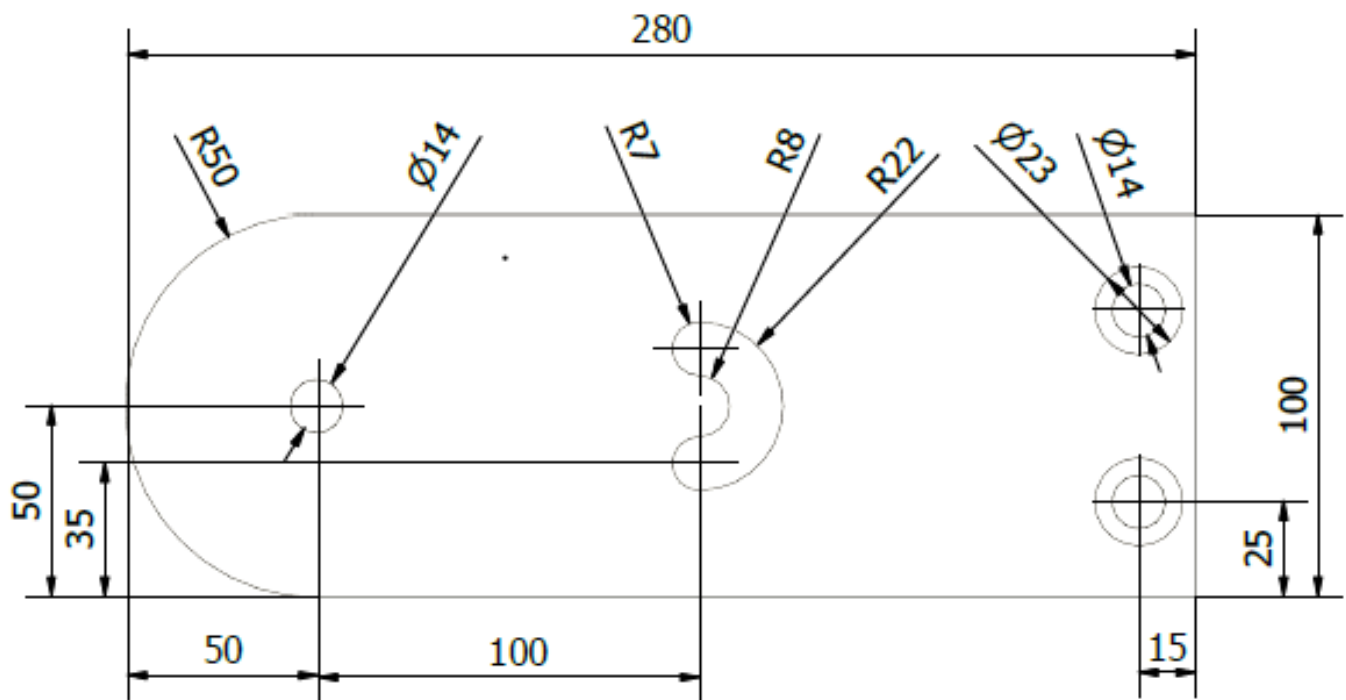
Diseñado por: Dennis Galiana García	Trabajo Fin de Grado	Fecha: 1/9/2024	
Variación geométrica del tren delantero en motocicleta de competición		Plano conjunto	
Tamaño de hoja A3		Escala 1:4	Hoja 1



Nº	Descripción	Cantidad	Material	Diseñado por: Dennis Galiana García							
1	Chasis	1	Aluminio 6061	Trabajo fin de grado							
2	Pipa	1	Aluminio 6061								
3	Cartucho	1	Aluminio 6061	Despiece							
4	Tornillo chasis	2	Acero								
5	Tom. cartucho	2	Acero	<table border="1"> <tr> <td>Tamaño de hoja</td> <td>A3</td> </tr> <tr> <td>Fecha</td> <td>2/9/2024</td> </tr> <tr> <td>Escala</td> <td>1 : 4</td> </tr> </table>		Tamaño de hoja	A3	Fecha	2/9/2024	Escala	1 : 4
Tamaño de hoja	A3										
Fecha	2/9/2024										
Escala	1 : 4										
6	Tuerca chasis	2	Acero								
7	Engranaje A	2	Acero templado								
8	Separadores	4	Acero								
9	Engranaje B	1	Acero templado								
10	Engranaje C	1	Acero templado								
11	Soporte	4	Aluminio 6061								
12	Sin fin	2	Acero								



Diseñado por: Dennis Galiana García	Trabajo Fin de Grado	Fecha: 1/9/2024	
Variación geométrica del tren delantero en motocicleta de competición	Pipa		
	Tamaño de hoja A4	Escala 1:3	Hoja 1



Diseñado por: Dennis Galiana García	Trabajo Fin de Grado	Fecha: 2/9/2024	
Variación geométrica del tren delantero en motocicleta de competición	Cartucho		
	Tamaño de hoja A4	Escala 1:2	Hoja 1