

E.T.S. de Ingeniería Industrial,
Informática y de Telecomunicación

Diseño de una bicicleta tipo MTB plegable



Grado en Ingeniería en diseño Mecánico

Trabajo Fin de Grado

Jesús Úcar Hernández

Tomás Ballesteros Egues.

Tudela, 20 de Junio de 2016



AGRADECIMIENTOS:

En primer lugar, agradecer a mi familia y a mi novia por haberme aguantado y haberme dado todo el apoyo para sacar adelante este proyecto.

Agradecer a mi tutor, Tomás Ballesteros, su ayuda en todo momento para poder llegar a completar este trabajo.

Hacer una mención especial a Ángel Jaraba por su aporte de ideas y su disposición para ayudar en cualquier cosa que se le pida y a Ignacio Latorre por ayudarme a ver la luz en el apartado de análisis por elementos finitos.

Índice.

1	Objeto del proyecto.	5
1.1	Definición del proyecto.	5
2	Historia de la MTB y su desarrollo hasta la actualidad.	7
2.1	La draisiana.....	7
2.2	La bicicleta de pedales	8
2.3	Orígenes de la bicicleta de montaña	8
2.4	El nacimiento de un nuevo tipo de bicicleta.	9
2.5	Tom Ritchey, Gary Fisher y Mike Sinyard.	10
2.6	Campagnolo y Shimano.....	11
2.7	Trek.....	12
3	Historia de la bicicleta plegable.	13
3.1	WW2 BSA Airborne Bicycle, Primer diseño: Modelo de tubería doble.	14
3.2	WW2 BSA Airbone Bicycle, segundo diseño.	15
3.3	Después de la guerra.....	16
3.4	Los paracaidistas hoy en día.....	16
4	Sistemas de plegado de bicicletas (recopilación de mercado).	18
4.1	MTBs plegables.	18
4.2	Bicicletas de paseo.	24
5	Síntesis de los métodos de cierre del mercado y nuevas ideas.	30
5.1	Doblado en el tubo principal del cuadro.....	30
5.2	Cuadro convencional con giro sobre el tubo del sillín.	30
5.3	Sistema patentado de la compañía Montague.	30
5.4	Cierre tipo cámara deportiva.	31
5.5	Tubos con almenas.....	31
5.6	Taco de expansión.....	32
5.7	Sistema de cerrojo.....	33
6	Materiales utilizados en la fabricación de bicicletas de montaña.	34
6.1	Acero.	34
6.1.1	El acero dulce.	34
6.1.2	El acero Hi-ten.....	35
6.2	Cromoly.	35

6.3	Titanio.....	35
6.4	Scandium.....	36
6.5	Aluminio.....	37
6.5.1	Propiedades del aluminio.....	37
6.5.2	Aleaciones de aluminio.....	38
6.5.3	Clasificación de las aleaciones de aluminio.....	38
6.5.4	Aleaciones utilizadas en la construcción de cuadros de bicicleta de montaña. .	38
6.6	Fibra de carbono.....	41
6.6.1	La estructura de las fibras de carbono.....	42
7	Elección del sistema de plegado y material de construcción del cuadro.....	43
7.1	Sistema de plegado.....	43
7.2	Material del cuadro.....	43
7.3	Material del cierre.....	44
8	Desarrollo de la solución.....	45
9	Rediseño.....	50
10	Planos.....	53
11	Análisis por el método de elementos finitos.....	53
11.1	Impacto en la rueda delantera.....	53
11.1.1	Equivalente de tensión de Von Misses.....	54
11.1.2	Deformación total.....	54
11.2	Impacto en la pieza del cierre.....	55
11.2.1	Equivalente de tensión de Von Misses.....	55
11.2.2	Deformación total.....	55
11.3	Impacto en la rueda trasera.....	56
11.3.1	Equivalente de tensión de Von Misses.....	56
11.3.2	Deformación total.....	56
11.4	Fuerza de pedaleo.....	57
11.4.1	Equivalente de tensión de Von Misses.....	57
11.4.2	Deformación total.....	58
11.5	Impacto muy desfavorable.....	58
11.5.1	Equivalente de tensión de Von Misses.....	59
11.5.2	Deformación total.....	59
11.6	Análisis de los resultados.....	60
12	Prototipado rápido.....	61

12.1	Presupuesto del prototipado.....	62
13	Plan de ventas.....	63
13.1	Venta al ejército.....	63
13.2	Venta al público general.....	65
13.2.1	Alta gama.....	65
13.2.2	Gama media.....	66
13.2.3	Otras posibilidades.....	67
14	Líneas a seguir para avanzar el proyecto.....	68
15	Conclusiones.....	69
16	Bibliografía.....	70

1 Objeto del proyecto.

1.1 Definición del proyecto.

El proyecto a continuación expuesto es el diseño de una bicicleta tipo “Mountain Bike” (de aquí en adelante MTB) plegable. La motivación principal para llevar a cabo esta elección ha sido el poder diseñar e intentar desarrollar un tipo de bicicleta que en España apenas es conocido ni está extendido, tratando de demostrar las ventajas que tiene este tipo de bicicleta frente a las convencionales.

En este proyecto seguiremos todos los pasos típicos de un proyecto de diseño, que son los siguientes:

1º Tipología del producto: Decidiremos en qué tipo de producto vamos a trabajar, así como las condiciones que debe cumplir.

2º Estudio de mercado. Una vez decidido cual será nuestro producto, comenzamos haciendo un estudio de mercado, analizando las diferentes bicicletas plegables que ofrece el mercado, tanto de paseo como MTB, así como sus fabricantes, precios, materiales etc.

3º Necesidades de los clientes potenciales. Con la información sobre el mercado ya analizada, comenzamos con la recogida de información sobre cuáles son las necesidades del cliente y que requisitos mínimos no deben faltar a nuestra bicicleta.

4º Bocetos del diseño. Con todo lo anterior comenzamos haciendo unos primeros borradores de cómo queremos que sea nuestro diseño, estos estarán expuestos a continuos cambios, ya que muchas veces durante el desarrollo del proyecto se hacen cambios.

5º Geometría. Definimos la geometría que tendrá nuestro diseño, basándonos en el uso al que va destinado, ya que no es lo mismo una bicicleta MTB que una de paseo o una de carretera. La geometría viene definida como el conjunto de medidas que definen el cuadro principalmente.

6º Diseño 3D. Comenzamos el proceso de desarrollo 3D mediante software 3D, en este caso el programa utilizado es Solid Works. Durante este proceso nos apoyaremos en la geometría previamente definida, aunque durante esta parte del proyecto se puede ver supeditada a

pequeños cambios. En este punto también se irán haciendo pequeñas simulaciones para ver cómo sería nuestro producto.

7º Simulación y rediseño. Una vez que ya tenemos bien definido nuestro primer diseño 3D del producto se procede a efectuar las simulaciones de elementos finitos, con las propiedades mecánicas de los materiales elegidos anteriormente. Obtenemos unos resultados y a consecuencia de ellos nuestro modelo se puede ver expuesto a cambios por ejemplo en el espesor de los tubos, ya que en un lugar podemos ver que se va a romper y añadiéndole un poco más de material no romperá, todo ello apoyado en el software de simulación, en nuestro caso será

8º Fabricación de un prototipo. Tras llevar a cabo el rediseño y volver a analizarlo, comienza el desarrollo del prototipo utilizando diferentes máquinas y procesos manuales. Además de todo ello también se preparan diferentes presentaciones gráficas de cómo podría ser nuestro prototipo final utilizando diversos Renders.

2 Historia de la MTB y su desarrollo hasta la actualidad.

2.1 La draisiana

En 1817, el barón alemán Karl Christian Ludwig Drais von Sauerbronn inventó el primer vehículo de dos ruedas, al que llamó **máquina andante** (en alemán, *laufmaschine*), precursora de la bicicleta y la motocicleta. Esta “máquina andante” consistía en una especie de carrito de dos ruedas, colocadas una detrás de otra, y un manillar. La persona se mantenía sentada sobre una pequeña montura, colocada en el centro de un pequeño marco de madera. Para moverse, empujaba alternativamente con el pie izquierdo y el derecho hacia adelante, en forma parecida al movimiento de un patinador. Con este impulso, el vehículo adquiría una velocidad casi idéntica a la de un carruaje. Sus brazos descansaban sobre un apoyabrazos de hierro, y con las manos sostenía una vara de madera, unida a la rueda delantera, que giraba en la dirección hacia la cual quería ir el conductor.



Figura 1 La draisiana.

Este invento estaba basado en la idea de que una persona, al caminar, desperdicia mucha fuerza por tener que desplazar su peso en forma alternada de un pie al otro. Drais logró crear este sencillo vehículo que le permitió al hombre evitar ese trabajo. Esta máquina, denominada inicialmente **draisiana** en honor a su inventor y posteriormente llamada más comúnmente velocípedo, evolucionó rápidamente.

El herrero e inventor francés Pierre Michaux también es considerado uno de los desarrolladores de la bicicleta moderna.

2.2 La bicicleta de pedales

La construcción de la primera bicicleta con pedales se atribuye al escocés Kirkpatrick Macmillan, en el año 1839. Una copia de la bicicleta de Macmillan se exhibe en el Museo de Ciencias en Londres, Inglaterra. Macmillan nunca patentó el invento, que posteriormente fue copiado en 1846 por Gavin Dalzell de Lesmahagow, quien lo difundió tan ampliamente que fue considerado durante cincuenta años el inventor de la bicicleta.

Cerca de 1890, el inglés John Boyd Dunlop (aficionado al ciclismo y creador de la empresa homónima) inventó una cámara de tela y caucho, que se inflaba con aire y se colocaba en la llanta para evitar pinchazos. Dunlop inventó además una cubierta también de caucho. Estos inventos de Dunlop casi no han sufrido variaciones significativas desde su invención.

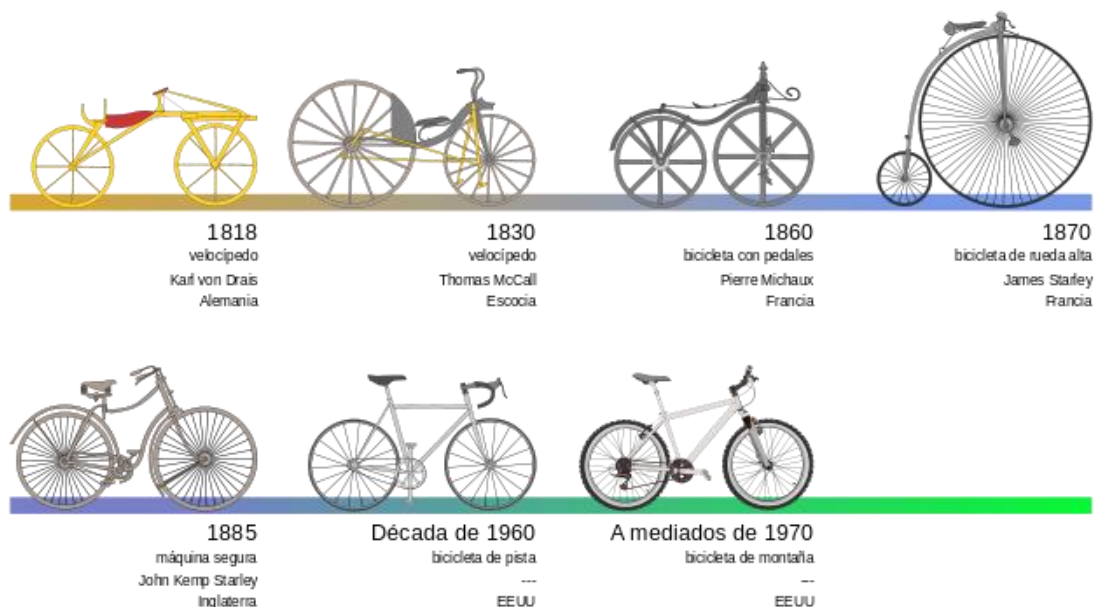


Figura 2 Evolución temporal de la bicicleta.

2.3 Orígenes de la bicicleta de montaña

La bicicleta de montaña nació en California, Estados Unidos, en la década de 1970, aunque sus orígenes se remontan al año 1933. Debido a la necesidad de conseguir una bicicleta que permitiera su conducción en terrenos agrestes, caminos y montañas, Ignaz Schwinn ideó una bicicleta robusta que, muy pronto, se hizo muy popular en los Estados Unidos gracias, en parte, a los repartidores de periódicos: La "Schwinn Excelsior", la primera bicicleta de montaña.

En esta época se inventó la llanta ancha, con unas medidas de 26 x 2.125 pulgadas, una llanta que permitía montar una cubierta más ancha por lo que el agarre en superficies de caminos y montañas mejoraba.



Figura 3 (Retrobike, 2010)

2.4 El nacimiento de un nuevo tipo de bicicleta.

Ya en los años 70, cuando nacieron las primeras bicicletas de BMX, surgió en San Francisco una nueva modalidad de competición que cada vez ganaba más adeptos y que comenzó con un grupo reducido de amigos, que principalmente consistía en bajar por la pendiente escarpada de una montaña.

Un grupo de entusiastas en el Marin Couty, California comenzaron a competir con las bicis por los cortafuegos del Monte Tamalpais en Downhill, (expresión anglófona de «descenso de montaña»), una carrera que ellos llamaban «Repack», porque el viaje era tan agotador que los ciclistas debían reempacar sus frenos de contrapedal con grasa después de cada carrera.

El terreno cuesta abajo era rocoso y la escarpada montaña ayudo a los corredores alcanzar altas velocidades, donde saltan y se estrellan contra las rocas y el barro. Estos malos tratos hacían que las bicicletas de carreras tendieran a romperse, por lo que los corredores buscaron una alternativa más duradera y económica. Pronto descubrieron que las viejas Klunker, con neumáticos balón 26 x 2.125 que se podían obtener por 5,00 dólares en una venta de garaje podrían soportar un tremendo castigo.

Pronto, los ciclistas fueron separando estas añejas reliquias, deshaciéndose de los pesados guardabarros y adornos, y trucándolos con frenos de la motocicleta y otros artilugios para mejorar el rendimiento. Un ciclista, Gary Fisher, agregó cambios de marchas en su vieja bicicleta Schwinn Excelsior, lo que le permita viajar hasta la montaña, así como bajarla. Casi al

mismo tiempo, otro corredor llamado Joe Breeze comenzó a jugar con su propia Schwinn Excelsior, adaptándola más al trayecto «Repack».

Pronto, ambos comenzaron a construir y vender bicicletas personalizadas de montaña a otros entusiastas, el lanzamiento de un fenómeno en todo el mundo de la bicicleta. En 1981 el californiano Mike Sinyard, fundador de la marca Specialized, introduce la Stumpjumper, la primera bicicleta de montaña producida en masa. La Stumpjumper fue similar a las bicicletas de montaña expresamente construidas, pero a 750 dólares.



Figura 4 (bktr, 2014)

2.5 Tom Ritchey, Gary Fisher y Mike Sinyard.

Hoy en día, los tres siguen estando ligados al mundo de la bicicleta de montaña. Comenzando por Gary Fisher, más conocido como uno de los padres del mountain bike, después de que por su pelo largo no le dejarán correr en bicicleta de carretera. Comenzó su andadura en este mundo con Tom Ritchey. Fundó su propia marca, la cual lleva su nombre, y diseñaba las bicicletas el mismo, que más tarde Tom Ritchey le montaría.

Cabe destacar que es el inventor de las potencias invertidas, su marca fue una de las primeras en vender bicicletas con suspensión delantera, además de ser el inventor de las bicicletas de montaña con ruedas de 29 pulgadas (la medida normal es de 26 pulgadas). Hoy en día sigue estando ligado a la marca que lleva su nombre, aunque ya no es propietario ya que la vendió al gigante americano Trek.

En el caso de Tom Ritchey, su camino como diseñador y soldador de cuadros de bicicletas comienza de la mano de su amigo Gary Fisher. En sus comienzos soldaba y montaba cuadros para los amigos, pero más tarde fundó su empresa Ritchey Logic, que siempre ha destacado por el uso de la última tecnología en el desarrollo de componentes para bicicletas, tanto de carretera como de montaña. Hace años que dejó de fabricar cuadros, que destacaban por su calidad y por ser de acero aleado de la más alta calidad y más tarde de aleaciones titanio y aluminio. En estos momentos su empresa se dedica solamente a la fabricación de componentes de bicicleta, siendo estos eficaces, fuertes, ligeros y sobrios.

En el caso de Mike Sinyard destaca por ser el diseñador y propietario de la marca que fabricó la primera bicicleta que fue un éxito de ventas, la Specialized Stump-jumper, hoy en día la

podemos encontrar a la venta, eso sí siempre revisada y rediseñada temporada tras temporada. Sigue estando ligado a la marca Specialized como asesor, aunque ya no es el propietario ya que vendió la mayor parte de sus acciones Specialized al gigante Taiwanes Merida. Las bicicletas Specialized destacan por tener un diseño moderno y montar componentes de todas gamas, pero siendo su caballo de batalla las bicicletas de gama alta, muy utilizadas en el mundo de la competición.

Continuando con la historia de la bicicleta de montaña cabe destacar que, en 1948, el italiano Tullio Campagnolo ideó el cambio trasero para bicicletas de carretera y no fue hasta el año 1974 cuando se usó por vez primera en las bicicletas de montaña. Fueron Russ Mahon, Carter Cox y Bernie Mahon los primeros en participar en una carrera con un cambio trasero incorporado a sus bicicletas y en sólo un año todos los participantes contaban con uno. En cuanto a componentes relacionados con el cambio trasero fue la marca japonesa Shimano la que desarrolló la tecnología para esta modalidad y se apoderó de la cuota de mercado de varios fabricantes.

2.6 Campagnolo y Shimano

Tullio Campagnolo fue un empresario italiano que fundó la marca Campagnolo, ligada desde sus comienzos al mundo de la bicicleta, principalmente a la de carretera. Él inventó un sistema revolucionario para el cambio trasero. En el año 1948 inventó el sistema de cambio que hoy en día conocemos y fue en el Tour de Francia de aquel año donde lo dio a conocer.

En el año 1950 reinventó el sistema y sacó a la venta el primer cambio de paralelogramo, los cambios que podemos ver hoy en día son perfecciones del sistema inventado por Tullio.

Campagnolo a partir de la década de 1960 también se dedicó durante un tiempo al sector del automóvil, más concretamente al de las llantas de aleación para motos y coches. Destacando que fue la primera empresa en utilizar el chorro de magnesio fundido en tierra.

La historia de Shimano siempre ha estado ligada al mundo de la bicicleta desde sus comienzos en el año 1921. Esta empresa de origen japonés fue fundada por Shozaburo Shimano y comenzó fabricando engranajes o coronas para ruedas traseras que al dejar de pedalear no hicieran girar los pedales, a partir del año 1931 comenzó su exportación y su crecimiento como empresa. En el año 1956 diseño, empezó a fabricar y comercializar el primer cambio para bicicleta. Al año siguiente salió al mercado el primer cambio interno, con tres velocidades. De esa manera continuó su desarrollo en el mundo de la bicicleta, comercializando más tarde el Shimano Dura Ace para bicicletas de carretera y el Shimano XTR para bicicletas de montaña.

Cabe destacar que Shimano es la empresa que más cambios y componentes relacionados con ellos produce en el mundo, además de frenos, bujes y ruedas. Además, hoy en día Shimano tiene empresas dedicadas a otros deportes como la pesca y el piragüismo.

Siguiendo con la historia de la bicicleta, otro mito que revolucionó la conducción en bicicleta de montaña fue la comercialización, a partir del año 1987, de la primera suspensión delantera

u horquilla, de la marca Trek, y la primera bicicleta de montaña de doble suspensión, de la misma marca, tres años más tarde, en 1986 los ensayos con materiales ligeros dieron su fruto con los cuadros de aluminio de la marca Gary Fisher, que aligeraban considerablemente el peso de los antiguos cuadros de acero, ya que las bicis de montaña superaban, a veces con creces, los 15 kg.

Ya en 1991 hicieron su aparición los revolucionarios cuadros de titanio introducidos en el mercado por la marca americana Yeti, material utilizado hasta entonces solo en la industria aeronáutica. La principal ventaja que presentaba el titanio era un peso más ligero, además de ser más resistente que el acero y el aluminio. Hoy en día el material que está tomando mayor importancia año tras año es la fibra de carbono.

2.7 Trek

En el año 1976 se funda Trek Bicycle Corporation con una plantilla de 5 personas y un único producto: cuadros de acero para bicicletas hechos a mano. En el año 1982 Trek revoluciona el mundo de la bicicleta de carretera con la introducción de tubos ligeros Reynolds y Columbus. En el año 1983 cuando el mundo de la bicicleta de montaña está en pleno desarrollo saca al mercado el modelo 850, una bicicleta de acero muy sólida que se envía a California para probarla en las carreras de descenso.

En el año 1985 lanzaron la primera bicicleta de aluminio y dos años más tarde la primera bicicleta de fibra de carbono, ese mismo año lanzaron al mercado la primera bici con suspensión delantera, y tres años después, en 1990, presentaron la primera bicicleta con doble suspensión, la Trek 9000. Este modelo de bicicleta es uno de los hitos de la historia del mountain bike.

Esta bici fue la protagonista de la portada del número 1 de BIKE, y la entrada de Trek en las dobles suspensiones, con un diseño que finalmente fue abandonado por su gran interacción suspensión-pedaleo, pero que en su época supuso un gran impacto.



Figura 5 (Bike, 2014)

Hoy en día Trek sigue estando presente en el mercado, dentro de la misma se engloba la marca Gary Fisher y otras marcas de productos y componentes relacionados con el ciclismo tanto de montaña como de carretera. Trek es conocida por ser la marca de bicicletas que usaba el siete veces ganador del Tour, Lance Amstrong, y varios campeones del mundo de Mountain bike.

3 Historia de la bicicleta plegable.

En 1878 en Inglaterra, William Henry James Grout patenta un Biciclo plegadizo, la primera bicicleta «portátil».

El interés militar en las bicicletas surgió en la década de 1890, y el ejército francés y otros implementaron bicicletas plegables para el uso de la Infantería ciclista. En 1900, Mikael Pedersen desarrolla una versión plegable de la bicicleta Pedersen para el ejército británico que pesaba 15 libras (6.8 kg) y tenía ruedas de 24 pulgadas. Se incluye un armazón para sujetar rifles y fue utilizado en la Segunda Guerra Boer.

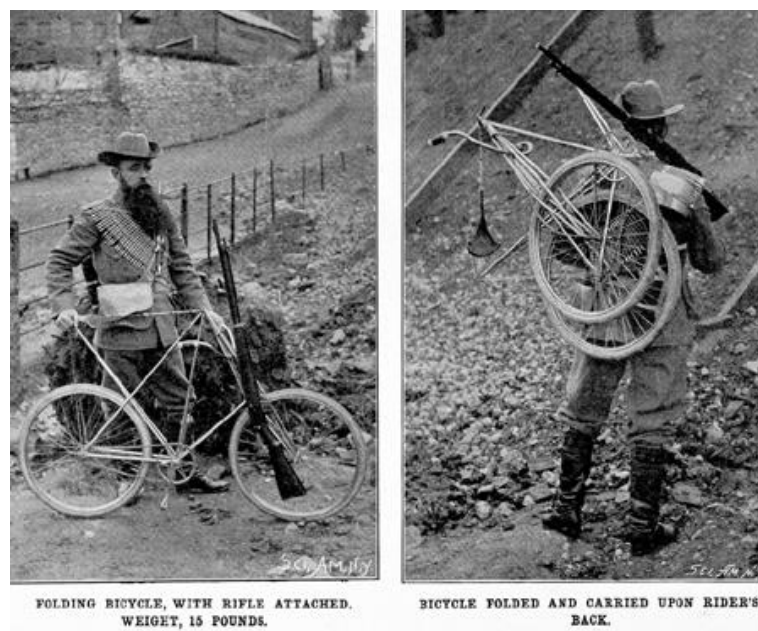


Figura 6 Soldado transportando una bicicleta plegable.

En 1915 en Italia, el empresario Edoardo Bianchi produjo una bicicleta plegable para el Ejército Italiano con tirantes del asiento telescópicos, una ballesta en el eje de pedaliar, un horquilla de resorte y neumáticos de gran tamaño. Bianchi ahora lo llama la primera bicicleta de «doble suspensión de montaña» y ya que estamos con el tema de doble suspensión y aunque no plegable, la marca Pierce tuvo una bicicleta de carretera de doble suspensión en el cambio de siglo conocida como la Pan American (Panamericana).

La bicicleta plegable aerotransportable BSA británica fue utilizada desde 1939-1945 en la Segunda Guerra Mundial por los paracaidistas británicos. El Ministerio de la Guerra en 1941 pidió una máquina que pesara menos de 23 libras (10.5 kg) y que pueda soportar los impactos de caída con un paracaídas. BSA abandonó para esta tarea el cuadro de diamante tradicional ya que era demasiado débil para el golpe e hizo un cuadro elíptico de dos tubos paralelos, uno que forma el tubo superior y el tirante del asiento y el otro para la vaina y el tubo inferior. Las bisagras estaban frente al eje pedalier y en la posición correspondiente en la parte delantera del sillín, sujeta por tuercas de mariposa. Los pedales pueden invertirse para evitar enganches. Tenía un cuadro de 21 pulgadas, neumáticos de 26 x 1 3/8", frenos caliper, protector de cadena, y sillín BSA en cuero con resortes, el cuadro pesaba 4 3/4 lb (2 kg). La bicicleta fue utilizada por los paracaidistas británicos en los desembarcos de la batalla de Normandía y en la batalla de Arnhem.



Figura 7 Paracaidistas británicos con las bicicletas plegables.

(Wikipedia, 2015)

3.1 WW2 BSA Airborne Bicycle, Primer diseño: Modelo de tubería doble.

Se trata del primer diseño de la bicicleta, no es el más conocido ya que tan solo se fabricaron unas pocas unidades durante 1942.

Tenía como peculiaridad que el tubo del cuadro que sirve de soporte al sillín era doble, y que la tija del sillín no se incrustaba directamente en el mismo, sino en un tubo único soldado al final del tubo doble.



Figura 8 Dibujo de la bicicleta de los paracaidistas.

3.2 WW2 BSA Airbone Bicycle, segundo diseño.

Este es el modelo del que se fabricaron alrededor de 60.000 unidades y el más conocido. Aunque la bicicleta aerotransportada entró en combate no lo hizo en la medida en la que se esperaba. La idea original era conseguir un vehículo que se pudiera fabricar en masa y que ofreciera una ventaja táctica a los paracaidistas para poder moverse con velocidad una vez que tomaban tierra. El problema está en que para junio de 1944 ya estaban disponibles vehículos como los jeeps, por lo que las bicicletas fueron relegadas a un segundo plano. En cualquier caso, existen documentos gráficos que acreditan su uso durante el desembarco de Normandía.



Fig. 1.—Airborne bicycle in jumping position

Figura 9. Paracaidista con todo el equipo.

Irónicamente cuando las tropas utilizaron las bicicletas en mayor medida fue durante el avance sobre Alemania en 1945, en ese momento tuvieron que utilizar bicicletas capturadas al ejército alemán.

3.3 Después de la guerra.

Después de la guerra BSA fabricó una versión civil de la bicicleta aerotransportada, la llamó "parabike". El término "parabike" fue acuñado por BSA en el periodo postguerra.

La publicidad de la época vendía la bicicleta a niños y a niñas como "la bicicleta que habían usado vuestros padres en la guerra".

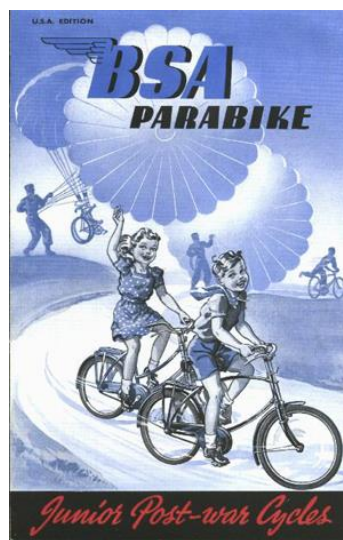


Figura 10. Ejemplo publicitario tras la guerra.

Después de la guerra Dinamarca adquirió el estocaje de las bicicletas BSA aerotransportadas que había sobrado. Curiosamente hace pocos años se sacaron a la venta algunos ejemplares que habían quedado guardados, modelos en excelente estado que incluso llevaban el número de serie original de BSA.

(sombra, s.f.)

3.4 Los paracaidistas hoy en día.

Montague Paratrooper, la bici de los "paracas" americanos. Montague Bikes es una empresa norteamericana especializada en el diseño y fabricación de bicicletas plegables. Fue fundada por David Montague mientras realizaba sus estudios en el prestigioso M.I.T. (Massachusetts Institute of Technology) tras idear un ingenioso sistema para plegar bicicletas.

Vamos a hablar de la Montague Paratrooper, el modelo más táctico de la casa ya que fue diseñado con las necesidades del ejército en mente. (En las figuras 12 y 13 se puede apreciar el modelo PRO).



Figura 11 Paracaidista norteamericano con la Montague (Montague, 2016)

Gracias al sistema CLIX System la bicicleta se pliega en tan sólo 20 segundos sin necesidad de herramientas.

La bicicleta tiene 24 marchas, frenos de disco delanteros y traseros, estructura de aluminio reforzada e incluso se ha diseñado para minimizar el ruido generado por sus componentes mecánicos.

Cada vez más gente está tirando de bicicletas plegables tanto para su traslado diario al lugar de trabajo como para hacer deporte sin necesidad de tener que poner baca o engorrosos accesorios al coche. La bicicleta plegable Montague Paratrooper es una opción muy polivalente que podrá lidiar sin problemas con la jungla de asfalto o las pistas de montaña más adversas. (Fkitch, 2013)

4 Sistemas de plegado de bicicletas (recopilación de mercado).

En este apartado, vamos a hacer un análisis de los diversos sistemas de plegado que existen hoy en día en el mercado, buscando diversas bicicletas tanto MTB como de paseo.

4.1 MTBs plegables.

- Montague Paratrooper PRO
<https://www.youtube.com/watch?t=39&v=6lMhfS1V-2g>



Figura 12 Montague Paratrooper PRO



Figura 13 Montague Paratrooper PRO plegada (Montague, 2016)

- Swissbike X70



Figura 14 Swissbike X70



Figura 15 Swissbike X70 plegada (Montague, 2016)

- DF-602BF

https://www.youtube.com/watch?v=Fg_Zn2pvMYA



Figura 16 DF-602BF



Figura 17 DF-602BF plegada (Change bike, 2015)

- Jindie TM 21 velocidades 26".



Figura 18 Jindie TM



Figura 19 Jindie TM plegada (Light in the box, 2016)

- Tucano Hide Bike MTB (Bicicleta eléctrica plegable)



Figura 20 Tucano Hide bike



Figura 21 Tucano Hide bike plegada (Tucanobikes, s.f.)

- Goes Ebike Cross Country.



Figura 22 Goes Ebike CC



Figura 23 Goes Ebike CC plegada (25km/h, 2016)

4.2 Bicicletas de paseo.

- BICI PLEGABLE TILT 720 NEGRO B'TWIN



Figura 24 Tilt 720



Figura 25 Tilt 720 plegada (Decathlon, s.f.)

- Bikerton plegable.



Figura 26 Detalle cierre Bikerton



Figura 27 Bikerton



Figura 28 Bikerton plegada (Plegabike, 2016)

- Dahon pop.



Figura 29 Dahon pop



Figura 30 Dahon pop plegada (Plegabike, 2016)

- Beixo X-Town.



Figura 31 Beixo X-Town



Figura 32 Beixo X-Town plegada (La bici urbana, 2016)

- Otras bicicletas más rompedoras.



Figura 33 Bike intermodal



Figura 34 Bicicleta plegada sobre la rueda.



Figura 35 Bicicleta "enlatada".

5 Síntesis de los métodos de cierre del mercado y nuevas ideas.

5.1 Doblado en el tubo principal del cuadro.

Una de las opciones más extendidas en el mercado, tanto de bicicletas de montaña como de bicicletas de paseo es llevar a cabo el plegado a través de la “barra principal” del cuadro. Un ejemplo de este sistema es la figura 18.



Figura 18 Jindie TM

5.2 Cuadro convencional con giro sobre el tubo del sillín.



Figura 17 DF-602BF plegada

En esta opción, el cuadro es más parecido a un cuadro convencional, pero el plegado se hace desbloqueando la unión entre la barra en la que va introducido el sillín y el resto. Un ejemplo de este sistema, son las figuras 16 y 17.

5.3 Sistema patentado de la compañía Montague.



Figura 36 Detalle del cierre de Montague.

La compañía Montague Bikes, con sede en Estados Unidos, tiene un sistema patentado de cierre, en el que ningún tubo es cortado, únicamente, se sujeta uno con otro a través de un sistema que han llamado FIT.

Un ejemplo de este tipo de bicicletas es el de la figura 12.

5.4 Cierre tipo cámara deportiva.

Una de las ideas que tuvimos fue adaptar el sistema de cerrado de una funda de cámara deportiva como la de la figura a la estructura de cuadro con un tubo principal. Está idea daría rapidez al plegado de la bicicleta y sería muy fácil acceder al cierre. Además, este tipo de cierres son muy resistentes y con una junta de goma, proporcionan estanqueidad. En nuestro caso, si aplicáramos dicha junta, nos evitaría posibles vibraciones ya que mejoraría el ajuste entre tubos.



Figura 37 (Decathlon, 2016)

5.5 Tubos con almenas.

Otra de las ideas que tuvimos fue la de crear entre los tubos que unen las 2 piezas principales del cuadro un sistema similar a una almena, que aportaría rigidez al cuadro y sería sencillo a la hora de plegar el cuadro ya que únicamente habría que “desencajar” ambos tubos.

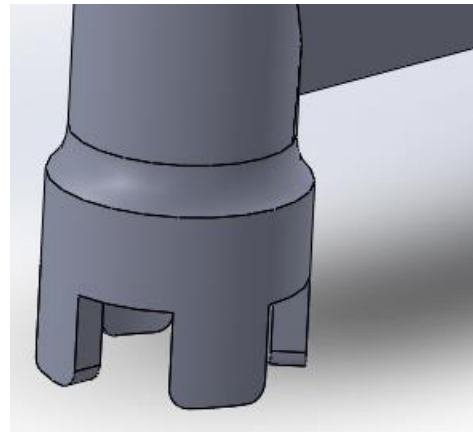


Figura 38 Sistema de almenas.

5.6 Taco de expansión.

El sistema de taco de expansión, consiste en una especie de pera, similar a los tacos utilizados en construcción, que se expande al girar solidario a una rueda, hace fuerza contra la pared del bastidor de la rueda trasera y mantiene la pieza en su sitio.



Figura 39. Ejemplo de colocación de un taco en una pared.

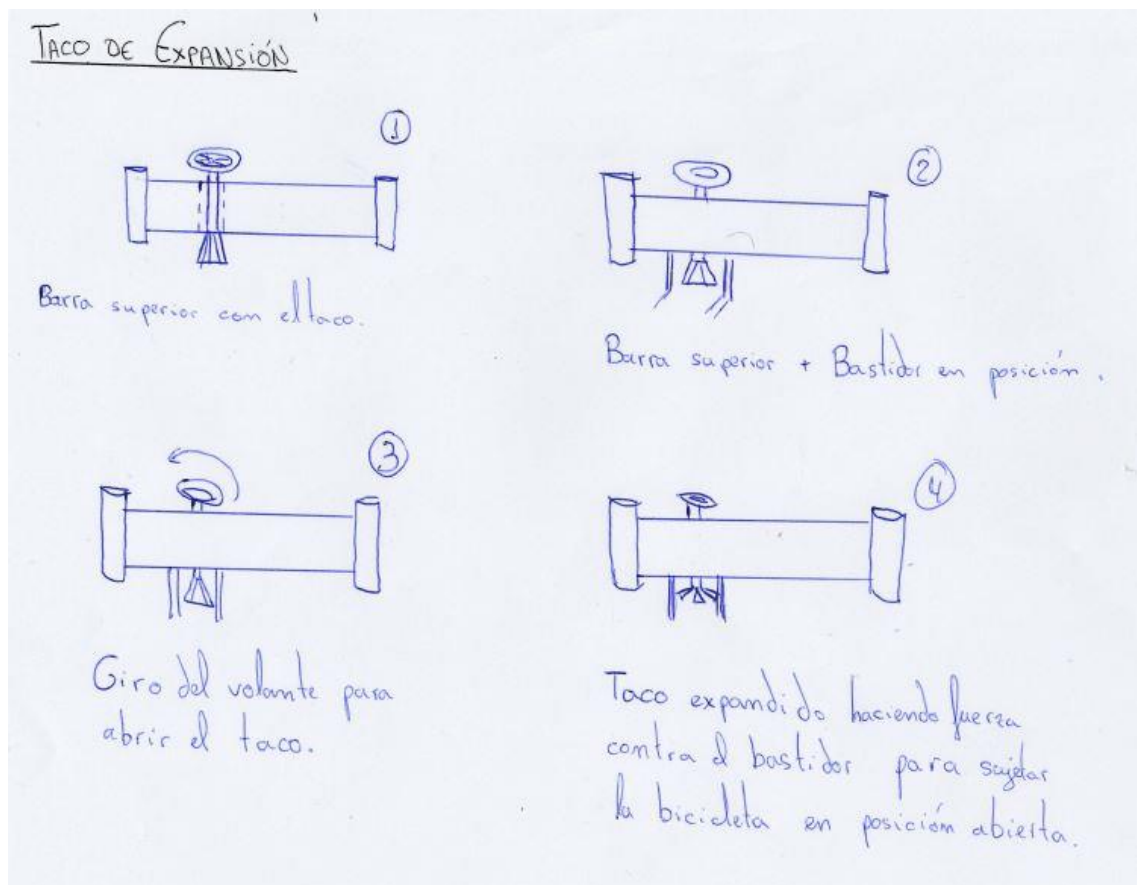


Figura 40. Simplificación del sistema de taco de expansión.

5.7 Sistema de cerrojo.

El sistema de cerrojo, consiste en que el tubo del bastidor de la rueda trasera, quede dentro de una hendidura que se practicaría en el tubo principal del cuadro. Una vez dentro, cerraríamos el cerrojo para que la pieza no saliera de su sitio.

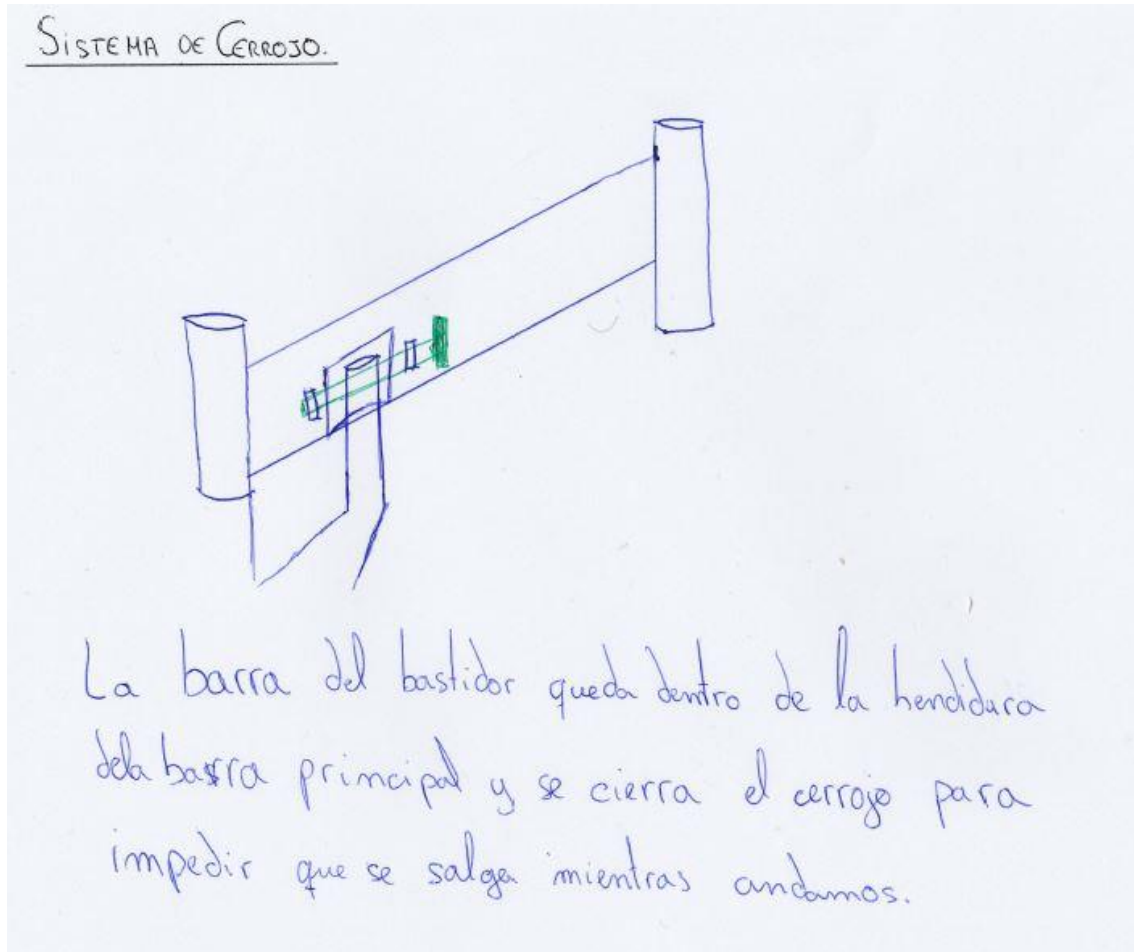


Figura 41. Síntesis del sistema de cerrojo.

6 Materiales utilizados en la fabricación de bicicletas de montaña.

A lo largo de la historia de la bicicleta se han utilizado diferentes materiales metálicos para la construcción de sus cuadros hasta llegar al día de hoy en el que mayoritariamente la mayoría de los cuadros de bicicletas que podemos ver por la calle son de acero, aluminio o de fibra de carbono.

Dentro de los materiales metálicos utilizados se encuentran principalmente, el acero y el aluminio en diferentes versiones y aleaciones, el titanio, el Scandium (Escandio, aleación de aluminio con este metal) y el Cromoly.

Además de todos estos materiales desde hace una década aproximadamente, la fibra de carbono se ha ido introduciendo poco a poco en el mercado de la bicicleta. A continuación, vamos a hacer un análisis de cada material y las propiedades que lo definen, por las cuales lo han utilizado para la fabricación de cuadros de bicicleta. Se hará especial hincapié en el aluminio y la fibra de carbono.

6.1 Acero.

Es el material casi universal para la construcción de cuadros, hoy en día solo para las bicicletas de montaña más baratas. Anteriormente, hace unos diez años, era el material más utilizado, pero desde el momento en que el aluminio entró en el mercado con unos costes un poco superiores, pero siendo menos pesado, poco a poco le fue ganando terreno hasta llegar al día de hoy. Razones para utilizar el acero no faltaban, era un material fácil de trabajar, de gran duración si estaba protegido o si llevaba determinados tratamientos como el anti-oxidante, además de ser económico. Cabe destacar que su resistencia a la tracción (tensión última cuando se somete el material al ensayo de tracción) va desde los 375 a 1800 MPa, dependiendo de la serie del acero empleado, y 210 MPa para conseguir doblarlo. Dentro del acero podemos encontrar dos clases utilizadas para la construcción de cuadros, el acero dulce y el acero Hi-ten.

6.1.1 El acero dulce.

Los cuadros que están hechos con este tipo de material no tienen en cuenta el factor de elasticidad, son cuadros de tuberías gruesas provenientes del laminado de acero dulce soldado con costuras eléctricas. Es utilizado en las bicicletas más económicas y las destinadas a los niños, aunque últimamente las de los niños son de aluminio.

6.1.2 El acero Hi-ten.

Este tipo de acero no es mucho más caro que el acero dulce, pero si tiene unas propiedades un poco mejores debido a los tratamientos térmicos, es un acero con bajo contenido en carbono. Es usado generalmente en las gamas más bajas y cuando el peso no es una consideración importante.

6.2 Cromoly.

Este material conocido como Cromoly es una aleación de Acero con Cromomolibdeno. El porcentaje que presenta de cromo está entre 0,28 y 0,33% y el del molibdeno está entre el 0,15 y el 0,25 %. Esta aleación tiene un contenido en carbono de 0,30 %, por ello tiene una magnífica penetración al temple y puede soldarse mediante cualquiera de los procesos comunes de soldadura. Se comenzó a utilizar en la industria de la bicicleta cuando el peso empezó a ser un factor determinante a la hora de la producción de bicicletas más ligeras que las obtenidas con el acero.

A finales de los años 80 y principios de los noventa, buena parte de las bicicletas de montaña de calidad estaban hechas con este material, aunque hoy se ha dejado completamente de lado. Los cuadros de cromoly destacaban porque poseían una resistencia mucho mejor a la corrosión que el acero y su acabo brillante en un color gris metalizado característico de este material.

La resistencia a la tracción de este material es de 1006 MPa y un límite de fluencia a 917 MPa. Estos datos son correspondientes al Cromoly templado a 840 °C y revenido a 540 °C. Esta aleación es conocida como la 4130 dentro de las aleaciones del acero.

6.3 Titanio.

Hoy en día este material sigue usándose en la industria de la bicicleta, aunque de una manera muy reducida. Cabe destacar que la cuota de mercado de los cuadros para bicicleta de montaña siempre ha sido muy pequeña, aunque alcanzo su máximo a mediados de los años 90. Es un material utilizado por una pequeña parte de las personas que andan en bici, comparando con el total. Tiene en su contra su altísimo precio si lo comparamos con otros cuadros hechos con acero o aluminio, y sus diferentes aleaciones, además de ser más caro que los cuadros de fibra de carbono. Comparado con el acero, metal con el que compite en aplicaciones técnicas, es mucho más ligero, tiene una alta resistencia a la corrosión y gran resistencia mecánica, pero es mucho más costoso que el acero, lo cual limita su uso industrial.

En este momento se siguen fabricando con titanio cuadros, pero a pequeña escala y casi de manera artesanal, pero destaca porque en piezas de tornillería ligera se utiliza cada día más, ya

que con un peso mínimo aguanta grandes esfuerzos. La aleación utiliza para este tipo de piezas es el Ti grado 5. Cabe destacar que a este material se le puede aplicar el tratamiento superficial del anodizado, muy de moda últimamente en la industria de la bicicleta, ya que en los cuadros de aluminio y titanio que son tratados superficialmente mediante este proceso la pintura aguanta mucho más que al ser aplicada por el método más usual, pintura mediante pistola a presión y después se aplica un barniz protector.

La resistencia a tracción de este material varía entre 980 y 1050 MPa, y el límite de fluencia varía entre 866 y 922 MPa, dependiendo de la aleación de titanio que utilizemos, como podemos ver en la tabla que se muestra a continuación:

Tabla 1 Composición química en porcentajes de peso, valores equivalentes de Al y Mo y propiedades mecánicas de las aleaciones de titanio estudiadas. (Mondragón, 2013)

Aleación de Titanio	Composición química (%)								Al Equ.* (%)	Mo Equ.** (%)	Transus Beta (°C)	Límite elástico (MPa)	Límite último (MPa)	Elong. (%)	Dureza (HB±5)
	Al	Mo	V	Fe	Cr	Sn	Zr	O							
Ti6Al4V	6	-	4	-	-	-	-	0.2	6.4	2.7	995	870	950	12	241
Ti54M	5	0.7	4	0.4	-	-	-	0.2	5.4	4.9	965	847	930	15.5	-
Ti10.2.3	3	-	10	2	-	-	-	0.1	3.2	12.7	800	1100	1200	9	250
Ti17	5	4	-	-	4	2	2	-	6.0	16.0	880	1060	1150	6	260
Ti555.3	5	5	5	0	3	-	-	-	5.0	18.2	860	1050	1200	10	270

* Porcentaje de peso de Al equiv. (%)= $Al + 5n/3 + Zr/6 + 10(O^2 + N^2)$.

** Porcentaje de peso de Mo equiv. (%)= $Mo + 2V/3 + Nb/3 + 3(Fe + Cr)$.

6.4 Scandium.

Este es el nombre comercial que reciben los cuadros de bicicleta que están hechos con aleaciones de aluminio que contienen escandio como aditivo. El escandio como tal no se utiliza solo para fabricar cuadros de bicicleta de montaña, se utiliza como aditivo en aleaciones de aluminio.

Este metal se utiliza solo por una razón, porque con esta aleación se pueden conseguir tubos de diámetro más pequeños y con la misma consistencia que uno de aluminio sin escandio. Además, también se utiliza porque como sabemos los cuadros de aluminio se forman a partir de unos tubos con las formas determinadas y luego se sueldan, es aquí donde el escandio tiene relevancia, ya que protege el aluminio y hace que la pérdida de propiedades en esa zona sea solo del 10 %. Si no se usará una aleación de aluminio y escandio las pérdidas rondarían el 30 %.

6.5 Aluminio.

Es el material con el que están hechos la mayoría de los cuadros de las bicicletas que podemos ver por la calle. Es uno de los metales más abundantes en la tierra, es más ligero que el acero, siendo un tercio del mismo, además tiene unas propiedades mecánicas buenas para su aplicación en este campo y es más barato que el titanio. Cuando el metal contiene entre 99,5 % y 99,79 % de aluminio es llamado aluminio puro o aluminio comercial.

El termino aleación se utiliza cuando se añaden otros elementos al aluminio. La principal razón por la cual el aluminio es aleado es para obtener mayor resistencia sin incrementar mucho el peso, dependiendo del uso específico que se le dé se puede obtener mayor resistencia a la corrosión, mejor soldabilidad, maquinabilidad o solamente mejor apariencia.

Los principales elementos químicos añadidos al aluminio para producir aleaciones específicas, son los siguientes: silicio, magnesio, manganeso, cobre, zinc, cromo y hierro.

6.5.1 Propiedades del aluminio.

- **Ligero.** El aluminio es el más ligero de todos los metales para uso estructural, a excepción del magnesio, el aluminio pesa solo la tercera parte que el hierro y el cobre.
- **Resistencia mecánica.** El aluminio tiene la resistencia para trabajos pesados, por lo general esta resistencia se obtiene mediante aleaciones de aluminio añadiendo metales como manganeso, silicio, cobre, magnesio o zinc. Las aleaciones de aluminio pueden ser tan resistentes como algunos aceros.
- **Elasticidad.** La elasticidad de un material es la medida de su capacidad para regresar a su forma original después de que ha sido deformada por fuerzas externas. La elasticidad de los metales depende del tratamiento metalúrgico que tienen. Se puede decir en general que la elasticidad viene acompañada de dureza, esto significa que el aluminio puede ser más o menos elástico como lo requiera su aplicación.
- **Resistencia a la corrosión.** En un ambiente en el que el aire esté húmedo se forma una película fina resistente de óxido de aluminio que protege y que impide que la oxidación avance hacia el interior del metal.
- **Conductividad eléctrica.** Las aleaciones de aluminio son los mejores conductores de electricidad económicos disponibles porque manejan sobre dos veces la corriente que el cobre en relación a su peso. El aluminio puro tiene una conductividad eléctrica del 65 % y algunas aleaciones del 55 %.
- **Conductor del calor.** El aluminio es un excelente conductor del calor, lo conduce tres veces mejor que el acero.
- **Refleja la energía radiante.** Las superficies pulidas de aluminio son excelentes reflectores de la energía radiante.
- **No magnético.** Para efectos prácticos el aluminio es no magnético, lo que lo hace que sea de los pocos metales apropiados para proteger ciertas aplicaciones eléctricas y electrónicas.

- **No Inflamable.** Aunque es un excelente conductor eléctrico, el aluminio no produce chispas. Esto es una propiedad esencial en productos usados con alta inflamabilidad o materiales y ambientes explosivos.
- **No tóxico.** Es usado en industrias que procesan productos alimenticios.

6.5.2 Aleaciones de aluminio.

Son aquellas aleaciones que se utilizan en fundición para la fabricación de piezas obtenidas por la colada en moldes de arena (colada en arena), en moldes de acero (colada en coquilla) y mediante inyección. Aunque se han desarrollado una gran cantidad de aleaciones de aluminio de colada, existen seis tipos de aleaciones, más en la que se considera el aluminio puro: Aluminio puro, aluminio-cobre, aluminio-silicio, aluminio-magnesio-silicio, aluminio-manganeso, aluminio-magnesio, aluminio-zinc.

6.5.3 Clasificación de las aleaciones de aluminio.

Se diseñó un sistema numérico de cuatro dígitos para ordenar las aleaciones de aluminio, en este sistema el primer dígito representa el principal aleante, el segundo dígito representa los límites de impurezas, si el dígito es cero no contiene impurezas, pero si es un valor entre uno a nueve indica un control especial de una o más impurezas. El tercer y el cuarto dígito representan el valor en décimas y centésimas del porcentaje del aluminio (ejemplo: aleación 1060 = 99.60 % de aluminio). En las series de la dos hasta la nueve los segundos dígitos no tienen ningún significado en especial, solo sirven para identificar las diferentes aleaciones de aluminio en el grupo. El sistema es el siguiente:

- 1xxx – Aluminio puro (99.00 % o superior)
- 2xxx – Aleaciones aluminio – cobre.
- 3xxx – Aleaciones aluminio – manganeso.
- 4xxx – Aleaciones aluminio – silicio.
- 5xxx – Aleaciones aluminio – magnesio.
- 6xxx – Aleaciones aluminio – magnesio – silicio.
- 7xxx – Aleaciones aluminio – zinc.
- 8xxx – Aleaciones aluminio – otros elementos.
- 9xxx – Serie no utilizada.

6.5.4 Aleaciones utilizadas en la construcción de cuadros de bicicleta de montaña.

Actualmente se utilizan varias aleaciones para la construcción de cuadros de bicicleta, pertenecientes a las series 6xxx y 7xxx. Las dos aleaciones más utilizadas son la 6061 y la 7005, aunque también se utilizan las aleaciones 6063 y 6066. En este apartado nos centraremos en

explicar cada una de las dos aleaciones, las que mayor presencia tienen en el mercado hoy en día. Cabe destacar que las aleaciones de las series 6xxx y 7xxx utilizadas para estos productos se pueden tratar térmicamente, muestran una buena sensibilidad al temple. A modo de comentario en el caso de la serie 6xxx sus precipitados se endurecen utilizando Mg_2Si .

Hablando de las propiedades mecánicas de las dos series, las aleaciones de la serie 6xxx alcanzan una resistencia a la tracción de 290 MPa y las aleaciones de la serie 7xxx alcanzan una resistencia a la tracción mayor que las de la serie 6xxx, 504 MPa.

6.5.4.1 Aleación 6061 – T6.

Composición química:

Tabla 2. (Cortes, s.f.)

%	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Otros	Al
Min	0.40		0.15		0.80	0.04				
Max	0.80	0.70	0.40	0.15	1.20	0.35	0.25	0.15	0.15	Resto

Ventajas: Adicionalmente a sus características naturales (excelente conductividad, ligereza, nula toxicidad y no produce chispas) el aluminio 6061 - T6 ofrece las siguientes ventajas:

- Resistencia superior a la de las aleaciones 6063
- Elaborado mediante tratamientos térmicos.
- Envejecido artificialmente.
- Óptima conformación en frío.
- Excelentes características para soldadura fuerte y al arco.

Beneficios:

- Excelente resistencia a la corrosión.
- Gran resistencia a la tensión.
- Excelente maquinabilidad.

Aplicaciones:

- Portamoldes y portatroqueles
- Moldes prototipos.
- Moldes de producción para moldeo por soplado, inyección y alvacío.
- Partes de maquinaria.
- Cuadros de bicicletas de carretera y montaña.

Tipo de corrosión del aluminio 6061 – T6: Este metal forma una película de óxidos en la mayoría de los medios. Esta película lo protege contra una corrosión más aguda. El espesor de esta capa es de 1nm cuando acaba de formarse al aire libre en una superficie recién pulida. Se compone de dos capas, la más próxima al metal es compacta, amorfa, de espesor determinado por la temperatura. Por encima de ella hay otra capa más gruesa y más porosa formada por óxido hidratado.

Como la corrosión del aluminio 6061 es habitualmente por picaduras, se da particular importancia al potencial de picadura como indicador de su capacidad a resistir a los ataques.

Propiedades mecánicas del Al 6061 T6.

Tabla 3. (Cortes, s.f.)

Densidad [gr/cm ³]	2.7	Coef. De dilatación (0 a 100 °C) [°C ⁻¹ x 10 ⁶]	23.6
Rango de fusión [°C]	575 – 650	Conductividad Térmica (0 a 100 °C) [W/m °C]	Temple T6: 167
Módulo de elasticidad [MPa]	69500	Resistividad a 20 °C [μΩcm]	Temple T6: 4.0
Coefficiente de Poisson	0.33	Calor específico (0 a 100 °C)	940

6.5.4.2 Aleación 7005-T6.

Composición química:

Aluminio - 0,35 % Si – 0,40 % Fe – 0,10 % Cu – 0,20-0,7 % Mn – 1,0-1,8 % Mg – 0,06- 0,20 % Cr – 4,0-5,0 % Zn – 0,01-0,06 % Ti – 0,08-0,2 % Zr – 0,15 % otros.

Ventajas:

Es más fácil de tratar y fabricar que el aluminio 6061. Con lo que todo ello conlleva: hidroformados, conificados, tratamientos térmicos, etc.

Beneficios: los mismos que en el caso del aluminio 6061.

Aplicaciones: las mismas que en el caso del aluminio 6061.

Otros datos intereses: Cabe destacar que al igual que el aluminio 6061 se trata térmicamente (tratamiento T-6) el aluminio 7005 para mejorar sus propiedades mecánicas. Hay varios tratamientos térmicos (temples), los más comunes son:

- H-14: Material templado mediante trabajo mecánico en frío, con grado medio duro.
- H-0: Laminado hasta su espesor final y recocido totalmente hasta volverlo suave.
- T-5: Material templado mediante tratamiento térmico, enfriado al aire después de extruir y envejecimiento artificialmente.

- T-6: Material templado mediante tratamiento térmico, enfriado al agua después de extruir y envejecimiento artificial.
- F: Material fabricado sin ningún control durante la reducción en frío por lo que no se garantizan las propiedades mecánicas del producto final.

El tratamiento T-6 es el tratamiento utilizado en la manufactura de tubos de aluminio para cualquier bicicleta.

6.6 Fibra de carbono.

Es un material compuesto. Las fibras de carbono y diferentes resinas que se utilizan para hacer el material reciben el nombre de matriz, conocida en este caso como fibra de carbono. Las fibras constituyen el componente que proporciona la resistencia mecánica y rigidez a la matriz y, además, pueden ofrecer otras valiosas propiedades como resistencia a altas temperaturas, resistencia a la fluencia.

Se atribuye a Edison el uso de las primeras fibras de carbono comerciales, logradas a partir de la carbonización de fibras de algodón y bambú, para producir filamentos de lámparas de incandescencia. Sin embargo, el empleo como refuerzo de estas fibras se sitúa a finales de la década de 1950. Actualmente las materias primas para la fabricación de fibra de carbono son, ordenadas por volumen de utilización, el poliacrilonitrilo (PAN), determinados derivados del carbón y el petróleo (breas, alquitranes) y el rayón.

Los materiales compuestos reforzados con fibras de carbono son más ligeros y resistentes que determinados aceros al carbono. Su comportamiento frente a la fatiga es superior al de los metales, y, cuando se combinan con los polímeros adecuados, constituyen uno de los tipos de materiales más resistentes frente al deterioro ambiental. La siguiente tabla relaciona varias características, o combinaciones de ellas, y aplicaciones que posibilitan el uso de las fibras de carbono en muy diversos sectores. Estas propiedades únicas son el resultado de la estructura (microestructura) de la fibra de carbono.

Tabla 4 Fibra de Carbono.

Características y aplicaciones de las fibras de carbono	
<p>Propiedades</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resistencia mecánica, tenacidad y densidad • Estabilidad dimensional • Amortiguación de vibraciones, resistencia y tenacidad • Resistencia a la fatiga y auto-lubricación • Resistencia química • Conductividad eléctrica • Compatibilidad biológica 	<p>Aplicaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> • Transporte y artículos deportivos • Tecnología aeroespacial • Equipos de audio, brazos de robot • Maquinaria textil, ingeniería en general • Industrias química y nuclear • Componentes equipos electrónicos • Medicina (prótesis, equipamiento quirúrgico)

6.6.1 La estructura de las fibras de carbono.

La figura 42 izquierda, constituye una representación esquemática de la estructura que presentan estos materiales. De acuerdo con ella, una fibra de carbono está constituida por paquetes de capas de átomos de carbono con diferentes orientaciones respecto al eje de la fibra. La ordenación de los átomos de carbono en las capas es similar a la del grafito (Figura 42 derecha), razón por la que se las suele designar como capas de grafeno.

Este tipo de estructura implica que la fibra va a presentar una anisotropía en sus propiedades, cuyos valores vienen determinados, entre otros, por los siguientes factores:

- La existencia de fuertes enlaces covalentes carbono-carbono en las capas, en contraste con las débiles fuerzas de Van der Waals que actúan entre capas.
- La perfección de la orientación tanto en sentido longitudinal como transversal.
- Presencia de picaduras, poros y grietas.
- El tipo de precursor usado.
- Proceso de fabricación empleado y condiciones en las que se realiza.

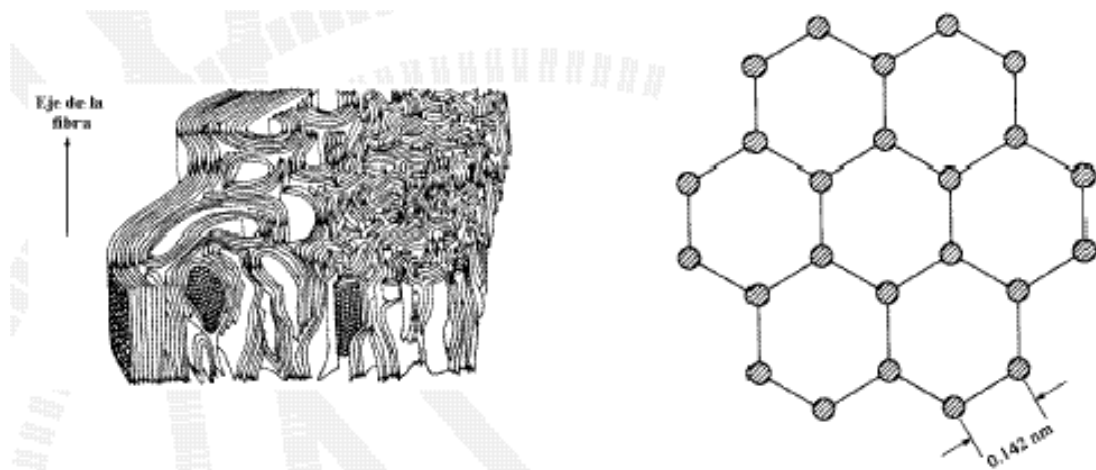


Figura 42

7 Elección del sistema de plegado y material de construcción del cuadro.

7.1 Sistema de plegado.

El sistema de plegado que vamos a desarrollar, es una unión del sistema de almenas y la adaptación del cierre de una cámara deportiva. Por un lado, elegimos la adaptación del cierre de la cámara deportiva porque nos dará mucha rapidez a la hora de abrir y cerrar para poder plegar la bicicleta. Por otro lado, elegimos las almenas por 2 motivos principalmente:

- No queremos que haya ninguna “fractura” o partición en el tubo principal del cuadro ya que estaríamos restando capacidad para poder absorber los golpes y se generarían más tensiones alrededor del punto en que hubiera un hueco.
- El aporte de rigidez y la imposibilidad de que se pliegue la bicicleta mientras vamos andando en ella es el otro factor que hace que nos decantemos por este sistema.

7.2 Material del cuadro.

Lo primero que debemos decir, es que la diferencia más importante entre series es el componente con que se alea el aluminio. Cada serie utiliza un elemento diferente. Dependiendo del elemento utilizado en la aleación, el metal tendrá unas características u otras.

También hay que reseñar, que la calidad de un cuadro, no depende exclusivamente de la serie utilizada en sus tubos (7005 o 6061), sino de otros muchos tratamientos que se le pueden hacer. Por ejemplo, el biconificado de las series 7000 o el tratamiento T6 de las 6000, mecanizados, etc.; aquí es donde las diferentes marcas se diferencian más.

Pero vamos a lo que interesa, ¿cuál es mejor?

A día de hoy, ni los fabricantes se ponen de acuerdo de qué serie es más idónea para un cuadro de MTB. Existen todo tipo de comentarios, que el 7005 es más duro, que el 6061 es más duro, que el 7005 es más barato, que el 6061 es más barato, además de las opiniones personales de cada uno. A parte de esto, también influye el mercado, cuando hay muchas bicis de 6061, el 7005 es más exclusivo; y en la actualidad, es, al contrario.

Pues bien, en general el aluminio de la serie 7005 es más fácil de tratar y de fabricar. Con todo lo que ello conlleva, hidroformados, conificados, tratamientos térmicos, etc. Es bastante más flexible que el 6061, lo que lo hace muy adecuado para algunos tipos de bicis. Como rasgo negativo, al ser más elástico, sufre más fatiga.

Existen muchas opiniones respecto a que el aluminio 7005 es más fuerte que el 6061; en mi opinión es un error grave, ya que no es que sea más o menos fuerte, sino que necesita más

tratamientos para igualar al 7005. Si no le das todos los tratamientos que necesita, obviamente verá mermada su calidad.

El aluminio 6061, si es fabricado correctamente, es más duro y resistente que el 7005, pero no es tan flexible y puede llegar a ser algo más pesado que el 7005. Por tanto, cuando vemos que un cuadro 6061 pesa lo mismo que un 7005 con los mismos refuerzos, hacemos la cuenta de que el 6061 es mejor.

Hay que decir también, que la calidad de un cuadro, se mide, aparte de todo lo dicho anteriormente de los tubos, por las soldaduras, que también es fácil de identificar cuándo están muy refinadas y cuándo no.

Todas estas variables, hacen muy difícil saber si es mejor un cuadro de 6061 o de 7005; otro dato más, el peso específico de ambas series es prácticamente el mismo, por eso decíamos anteriormente que a igualdad de peso y cantidad de material nos quedaríamos con el 6061.

Es importante comentar, que las marcas de bicis más elitistas (por ejemplo, las hand made), suelen utilizar siempre el aluminio 6061, lo que consideramos un dato importante. Pero para que veáis, que las dos series pueden ser de calidad, dependiendo de los tratamientos, ponemos un ejemplo muy ilustrativo.

Cannondale, Intense, Orange, etc. utilizan 6061 en todos sus modelos hechos a mano. Sin embargo, es de justicia decir que Rocky Mountain, otra marca artesanal, utiliza el 7005. En este tema todo no es o blanco o negro, hay muchos grises.

Otro ejemplo muy ilustrativo del comportamiento de las dos series, la bici estandarte de descenso del equipo Mondraker 06 tiene el triángulo principal en 7005 y el basculante en 6061.

(bikezona, 2007).

Por tanto, nuestra decisión es fabricar la bicicleta en **Aluminio 6061 T6**. Ya que es una aleación que sufre menos fatiga y que con el correcto tratamiento térmico es igual de resistente que el aluminio 7005.

7.3 Material del cierre.

Para las piezas que van a componer nuestro cierre, vamos a debatir si es mejor el PP (Polipropileno) o el HDPE (Polietileno de Alta densidad).

El polipropileno y el polietileno son dos plásticos bastantes similares, que muchas veces cuesta distinguir. Sin embargo, cada uno de ellos tiene funciones específicas y bien definidas.

El polipropileno es un poco menos utilizado que el polietileno y tiene de forma natural un color blanco translúcido que es fácilmente coloreable. Es mucho más ligero que el polietileno y resiste mejor a los electrólitos y los ácidos. Es menos flexible y más difícil de romper. Soporta

mejor altas temperaturas que el polietileno, permaneciendo en perfectas condiciones entre 0° y 100°C. Su resistencia a los ácidos abrasivos es su mejor ventaja.

Por su parte, el polietileno es el plástico más utilizado en el mundo. También es uno de los materiales más baratos que se pueden conseguir. Resiste mejor las bajas temperaturas que el polipropileno, es más flexible y tiene gran resistencia a la abrasión, al impacto y al desgaste. Entre los -80° y los 80° se mantiene a la perfección. Es fácil de estirar. (Rajapack, 2015)

Por estas diferencias, principalmente el precio, la mayor resistencia al impacto y al desgaste, el material que vamos a elegir para las piezas que componen nuestro cierre es el HDPE.

8 Desarrollo de la solución.

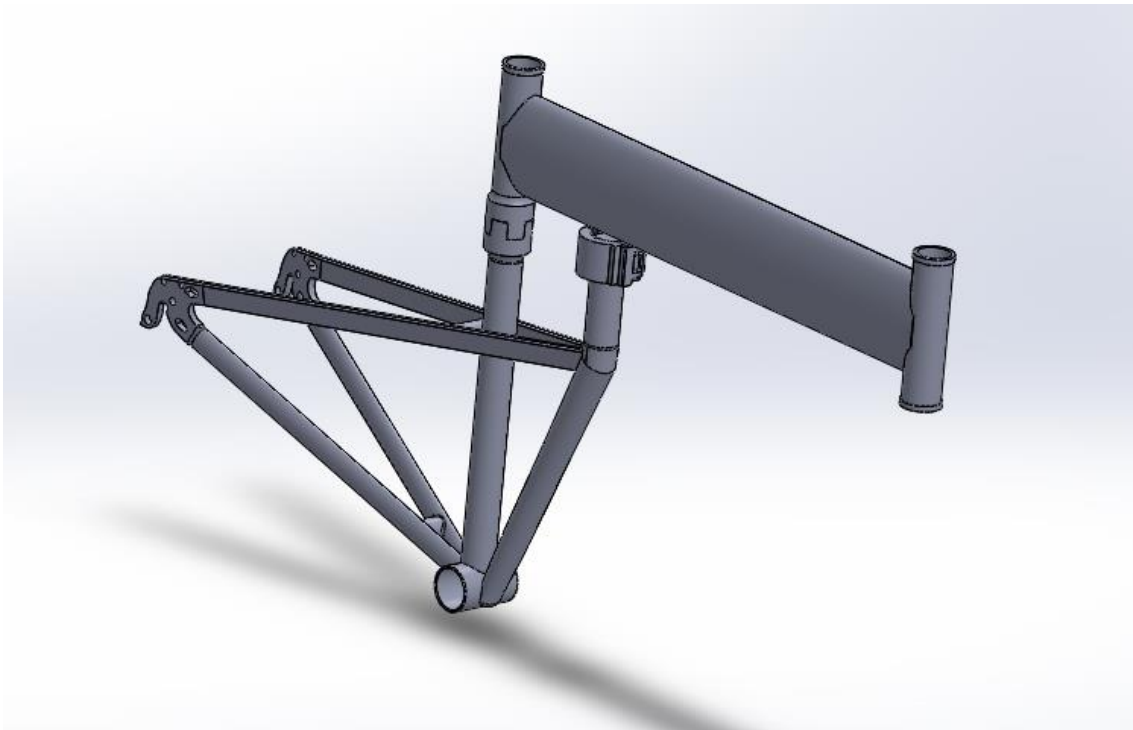


Figura 43. Representación 3D del cuadro montado.

Para poder comenzar a desarrollar la solución, lo primero que tuvimos que hacer fue dimensionar el cuadro que íbamos a diseñar basándonos en otras bicicletas del mercado y tratando de estandarizar las medidas. Sobre todo, la longitud total del cuadro y los ángulos que formaba el bastidor de la rueda trasera. Una primera aproximación la tomamos del siguiente cuadro de montaña.

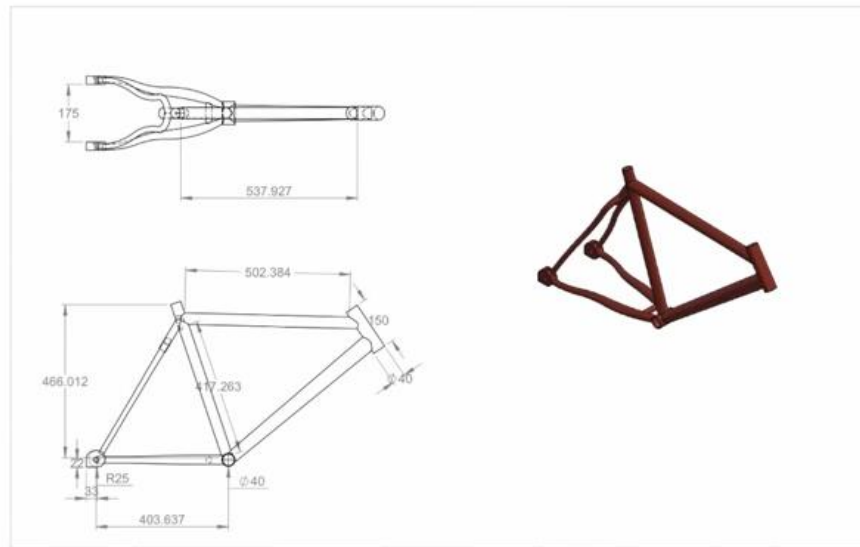


Figura 44 Plano de un cuadro marca Lapierre.

La primera decisión que tomamos incumbía al bastidor de la rueda trasera, en el cual, decidimos que las medidas con las que íbamos a comenzar a trabajar eran las siguientes:

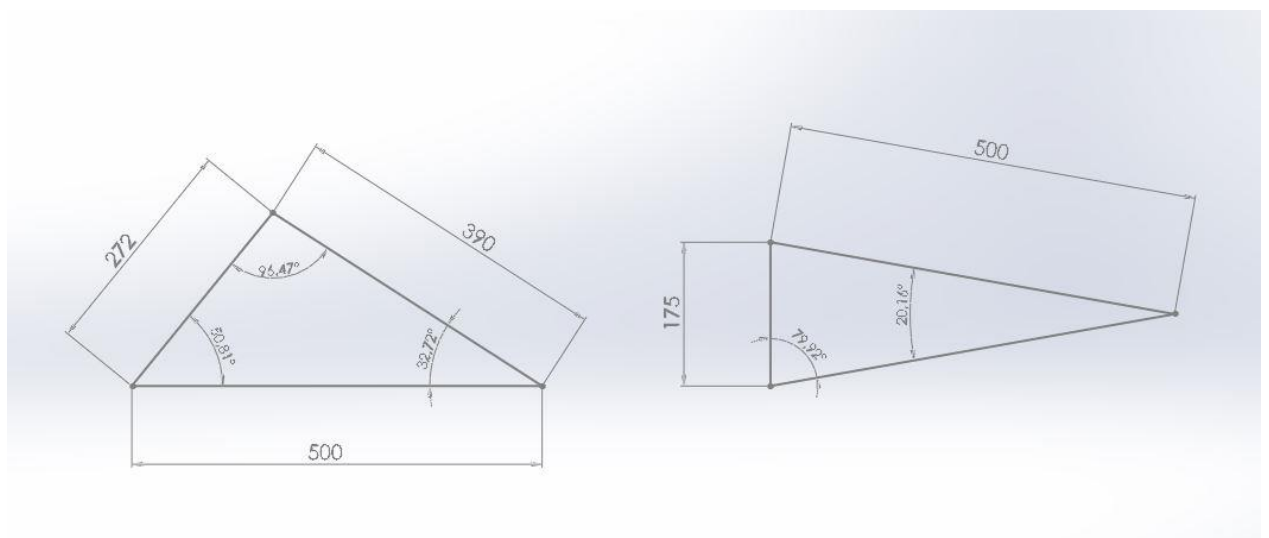


Figura 45. Triángulos guía acotados.

Siendo el triángulo de la izquierda un alzado en el que el vértice derecho tendría la sujeción de la rueda y el triángulo derecho una vista en planta.

Una vez definida la geometría básica, procedimos a modelar en 3D utilizando el programa SolidWorks. La primera pieza que modelamos fue el bastidor de la rueda trasera, empezando por la sujeción de la rueda trasera, pieza que modelamos basándonos en otras del mercado en las que se puede adaptar el sistema de frenos de disco y los cambios.

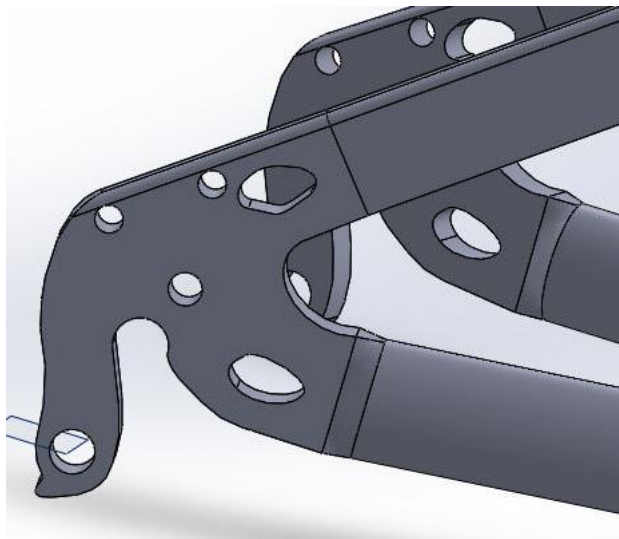


Figura 46. Sujeción ruedas traseras.

Seguidamente fuimos modelando el resto de la pieza, realizando pequeños cambios con respecto a la idea original conforme iba avanzando el desarrollo.



Figura 47. Bastidor trasero.

La siguiente pieza que desarrollamos fue la barra superior, que es la barra principal de nuestro diseño.

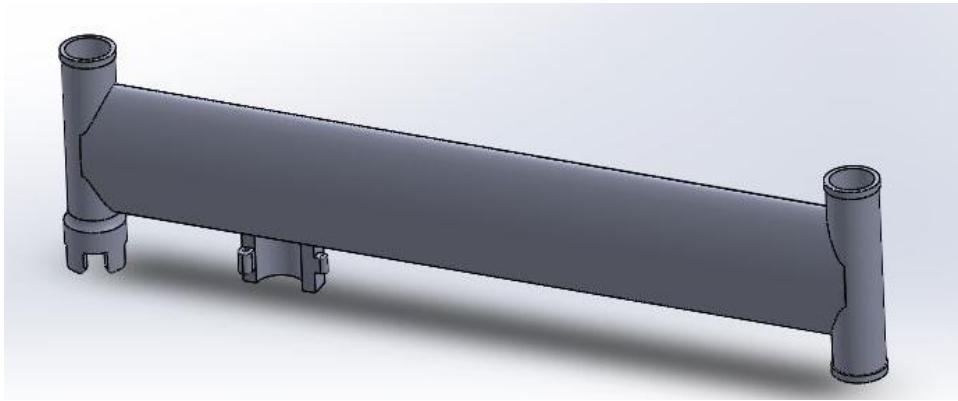


Figura 48. Barra superior.

En esta pieza también tuvimos que realizar una serie de cambios para adaptarla correctamente al sistema de cierre y al acoplamiento con la barra del bastidor.

Lo siguiente que desarrollamos fue el sistema de cierre pieza por pieza, siendo el conjunto y las diferentes piezas que lo componen las figuras siguientes:

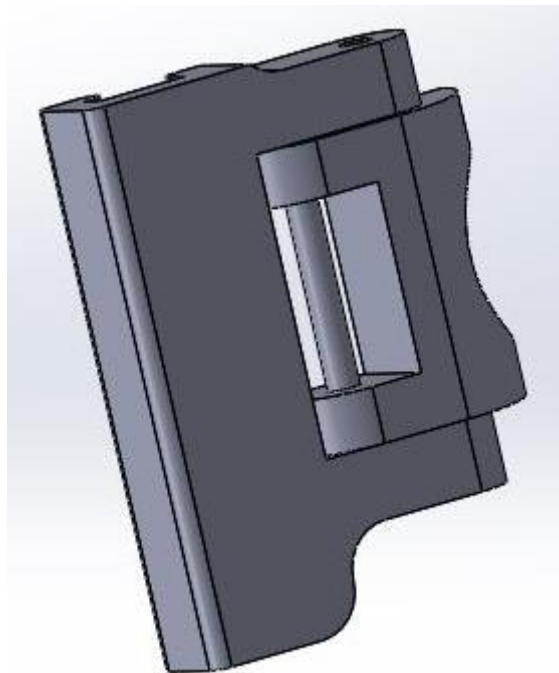


Figura 49. Ensamblaje del cierre.

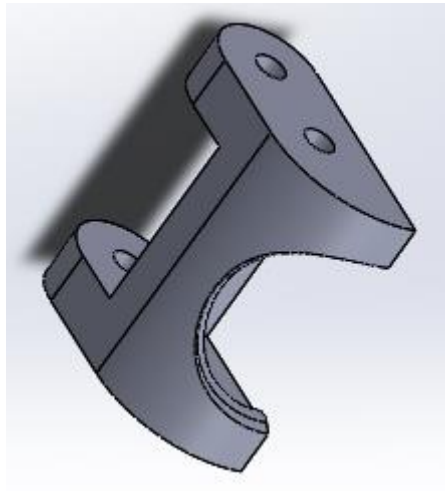


Figura 50. Pieza pequeña cierre.

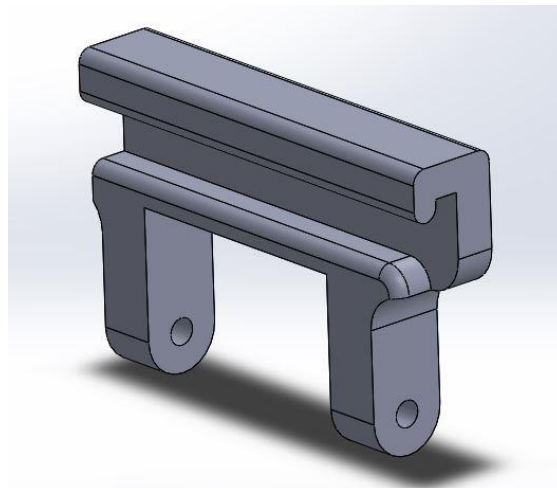


Figura 51. Pieza grande cierre.

Una vez desarrollado el cierre, únicamente nos faltaba diseñar la pieza que haría de “tapa” y que encerraría la barra del bastidor en el hueco que le corresponde.

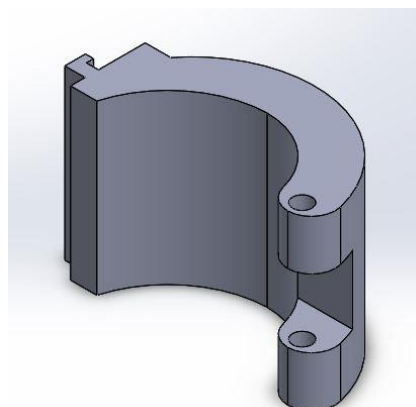


Figura 52. Tapa del cierre.

9 Rediseño.

A pesar de que es atípico que el apartado de rediseño aparezca después del desarrollo de la solución, tras volver a analizar lo que habíamos hecho, detectamos una serie de posibles problemas que podría conllevar la solución que habíamos desarrollado.

En primer lugar, para plegar el cuadro había que levantarlo, desenganchar las almenas y girar hasta una posición fija, lo que nos podría restar versatilidad a la hora de adaptarse a un maletero, por ejemplo. Además, el tener que levantar las almenas restaba velocidad de plegado al sistema.

Otro problema de las almenas, era que, a la hora de andar, si se cogían una serie de baches, estas podrían chocar provocando vibraciones incómodas para el ciclista. Estas vibraciones y choques, aparte de provocar la incomodidad del ciclista, también generarían una fatiga entre las piezas que con el tiempo podría hacer que se rompieran.

Por tanto, la decisión que tomamos fue: Mantener el cierre adaptado tipo cámara deportiva y cambiar las almenas por la introducción del tubo del bastidor de barras rectas dentro de la barra principal, así como crear un tapón que se ajustara en el hueco que quedaba entre ambas barras para que estas no vibraran. Además, estas piezas será muy complicado que puedan llegar a deformarse ya que en su interior irá el tubo del sillín, aportando mucha rigidez. Además, crearemos un pequeño apoyo en el bastidor para que apoye la barra principal, haga de “tope” y posicione en su sitio el cuadro.

Los cambios introducidos se muestran en las siguientes figuras:

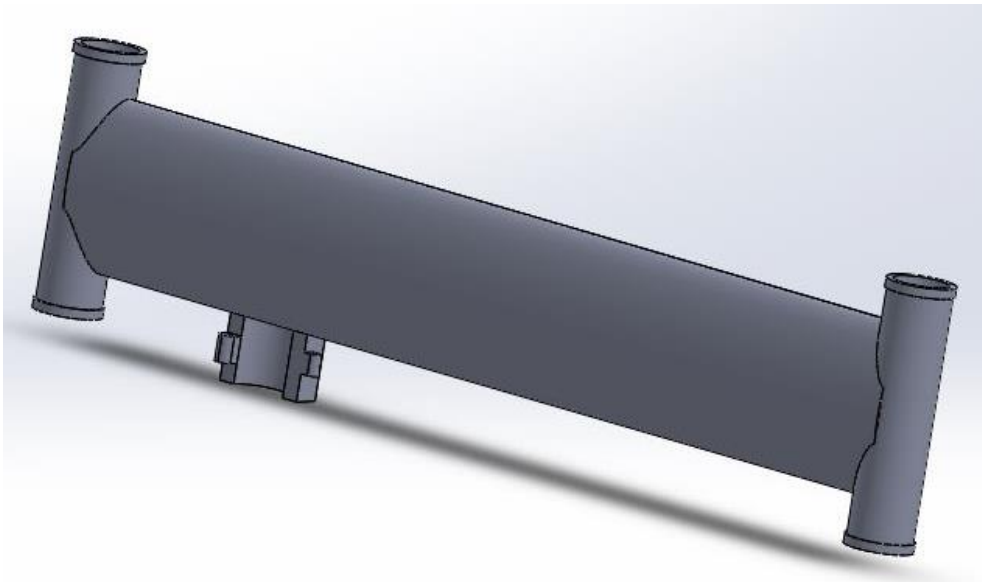


Figura 53. Barra superior.



Figura 54. Bastidor rediseñado.

En la figura 54 podemos apreciar cómo se ha sustituido la almena por el apoyo y se ha alargado esa barra para que llegue hasta la parte de arriba de la barra superior y el sillín pueda entrar hasta adentro.

El tapón que hemos creado para que ajuste las dos piezas se muestra en la figura siguiente.

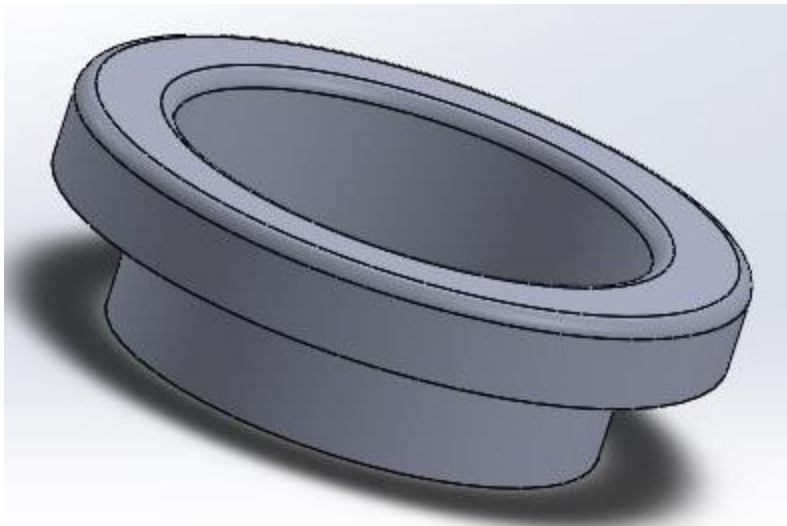


Figura 55. Tapón barras.

Siendo el resultado del conjunto la siguiente figura.

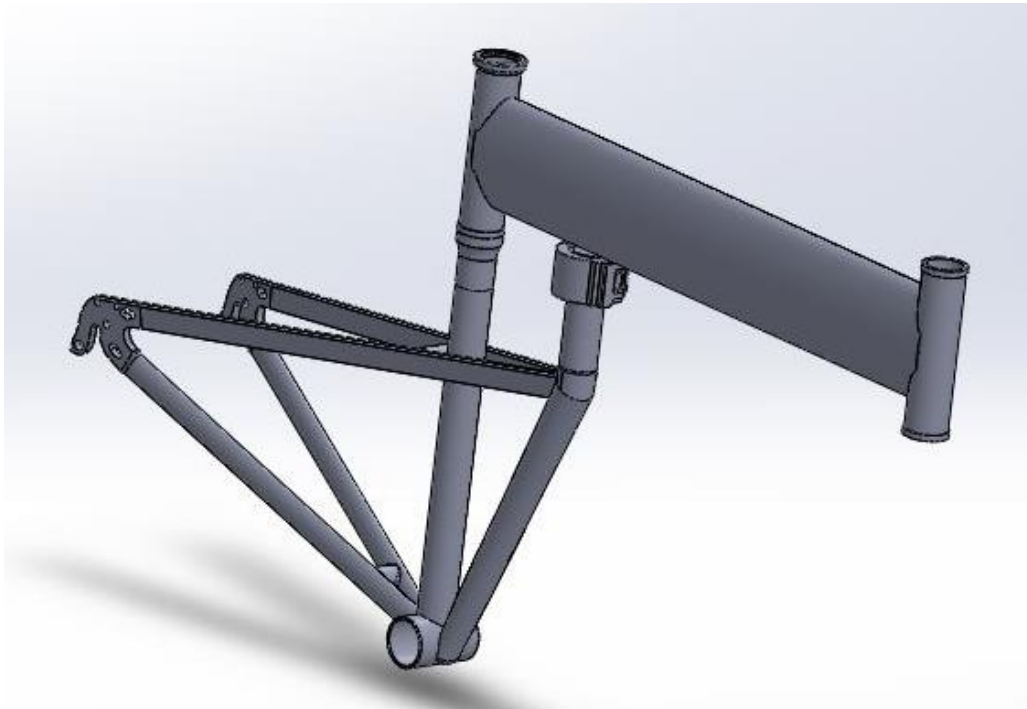


Figura 56. Ensamblaje completo.

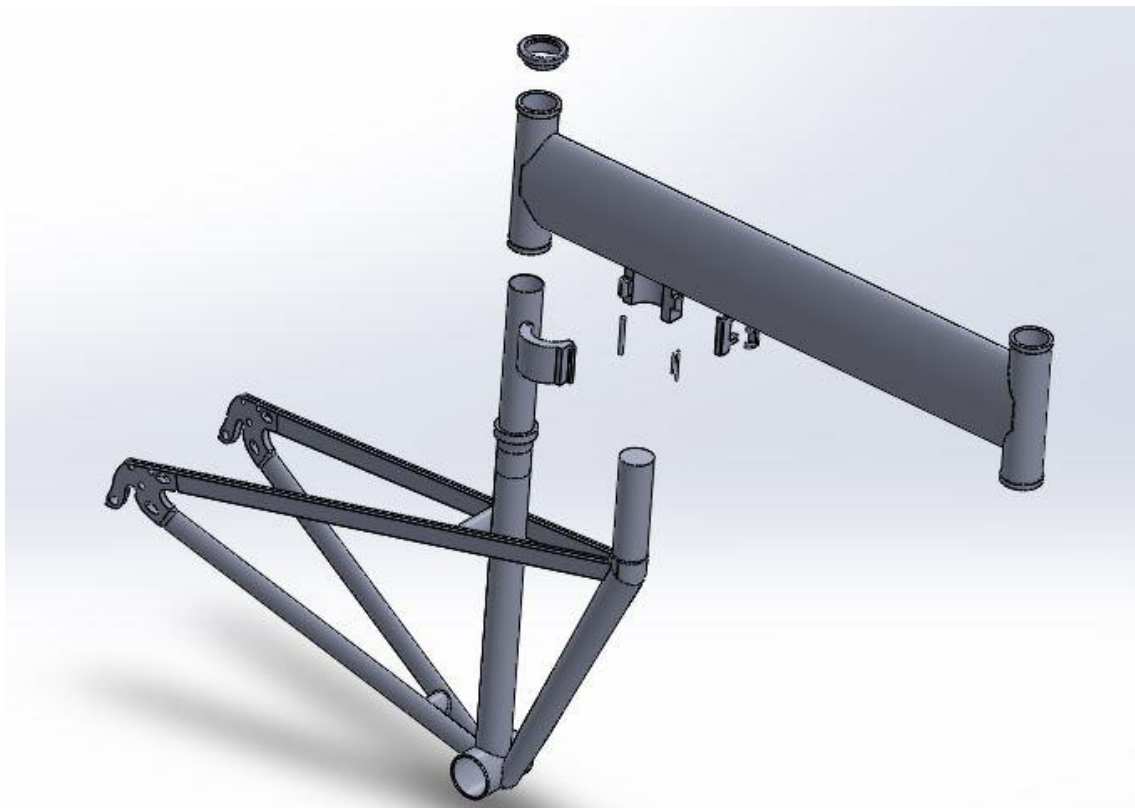


Figura 57. Explosionado del conjunto.

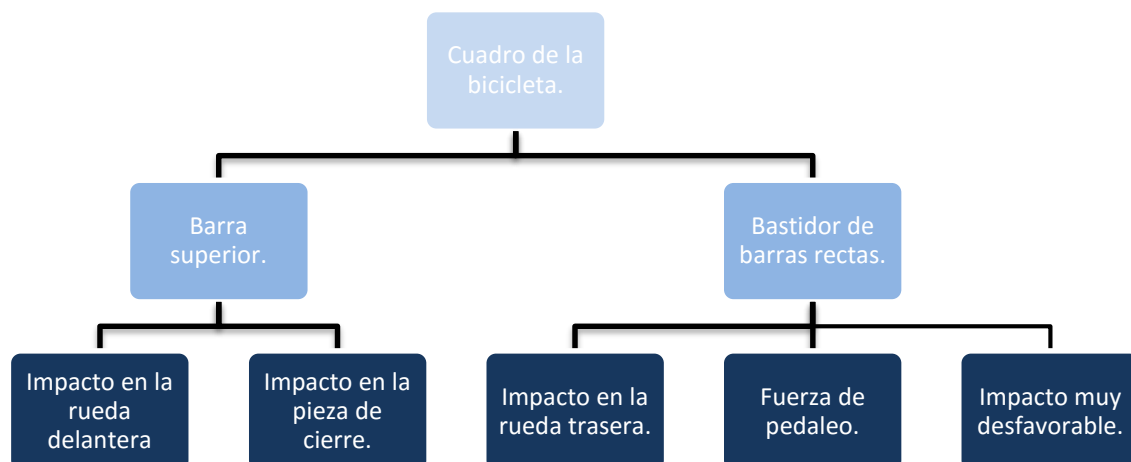
10 Planos.

Todos los planos de las diferentes piezas que componen nuestro diseño, así como una vista explosionada en la que se ve la posición de cada una, vienen adjuntos en el ANEXO I.

11 Análisis por el método de elementos finitos.

En este apartado de la memoria, vamos a tratar de resumir los resultados que hemos obtenido analizando nuestro cuadro en el software Ansys. Los resultados completos estarán en el ANEXO II.

En primer lugar, vamos a hacer un esquema en el que expliquemos cómo vamos a llevar a cabo el análisis.



11.1 Impacto en la rueda delantera.

El primer análisis que vamos a hacer es un impacto en la rueda delantera. Debemos tener en cuenta que con las horquillas que hay actualmente en el mercado, el cuadro apenas recibe impacto ya que la mayoría del golpe lo absorben los amortiguadores.

Aun así, haremos el análisis con una fuerza de 50 kg aplicada en la parte de delante de la pieza.

11.1.1 Equivalente de tensión de Von Misses.

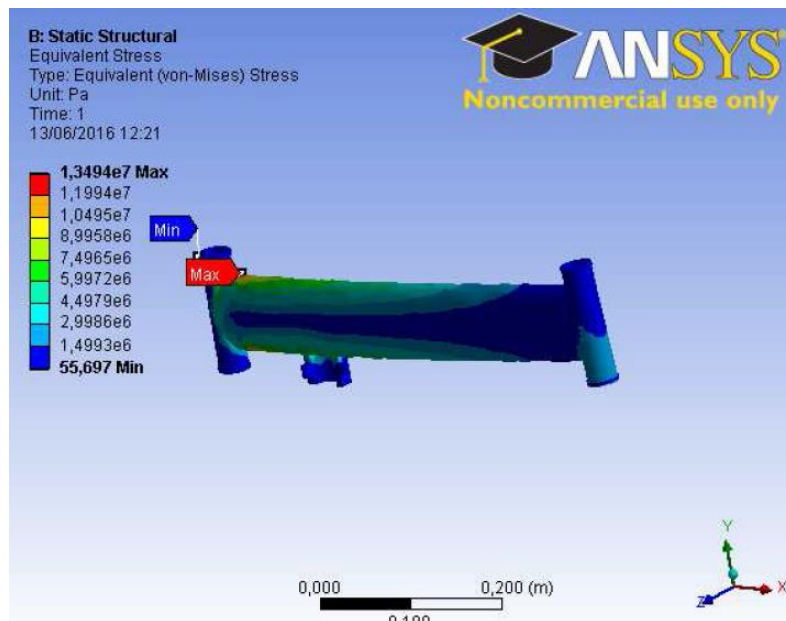


Figura 58.

El punto de máxima tensión es de 13.9 MPa, muy lejos de nuestro límite elástico del material.

11.1.2 Deformación total.

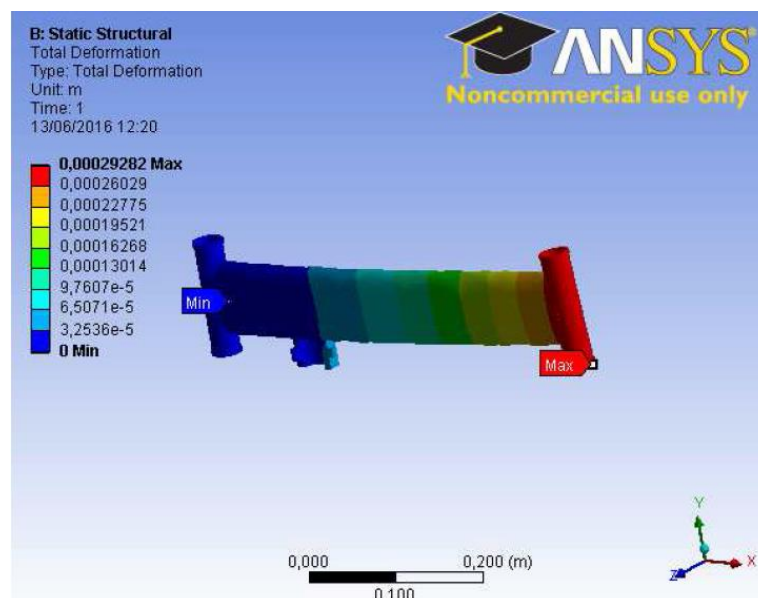


Figura 59.

La deformación que está sufriendo la pieza no llega al mm en la parte más desfavorable, por tanto, no la tendremos en cuenta.

11.2 Impacto en la pieza del cierre.

En este ensayo, vamos a simular un golpe de 60 kg en la zona en la que apoya la barra para cerrar, haciendo la fuerza completamente perpendicular a la superficie interior de la pieza.

11.2.1 Equivalente de tensión de Von Misses.

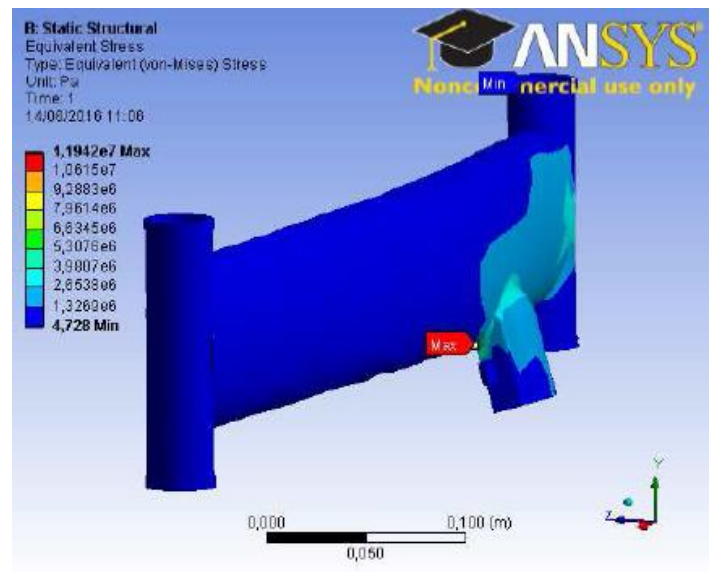


Figura 60.

La máxima tensión tiene un valor de 12 MPa, lo cual no es un valor especialmente significativo.

11.2.2 Deformación total.

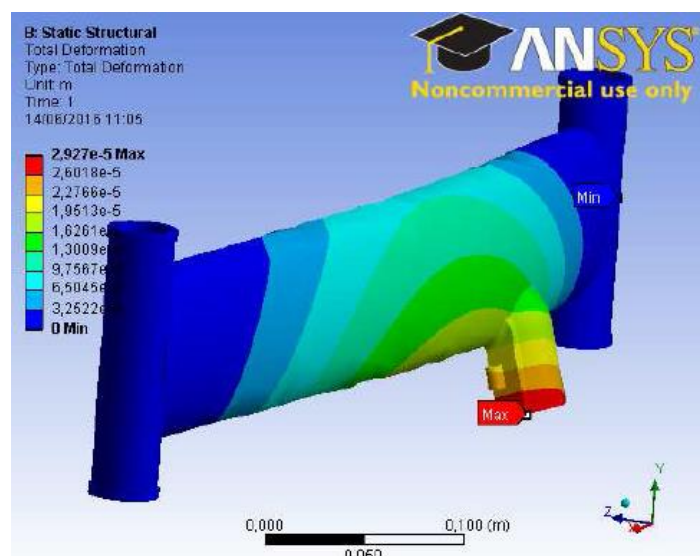


Figura 61.

El valor más desfavorable de deformación, es inferior a un mm, por tanto, no la tendremos en cuenta en el análisis.

11.3 Impacto en la rueda trasera.

En este análisis, vamos a simular que el bastidor de barras rectas recibe un impacto de 100 kg en la rueda trasera. Este, se transmitirá a la pieza en el lugar donde va encajada la rueda.

11.3.1 Equivalente de tensión de Von Misses.

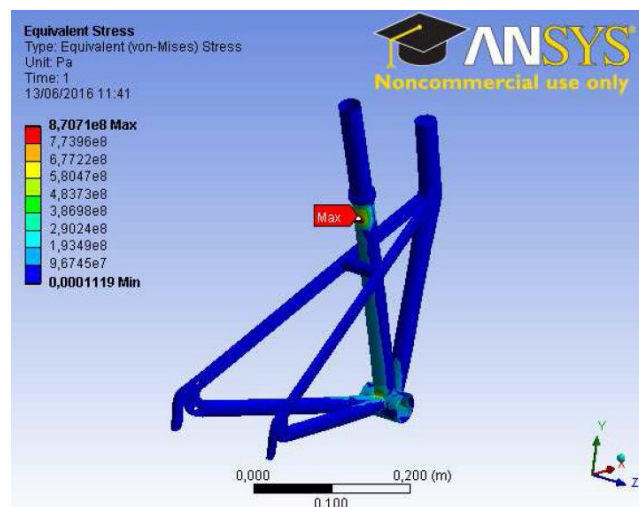


Figura 62

En este análisis sí que tenemos un punto de mayor tensión (87 MPa) que se produce cuando la barra de refuerzo llega a entrar en contacto con la “barra del sillín”.

11.3.2 Deformación total.

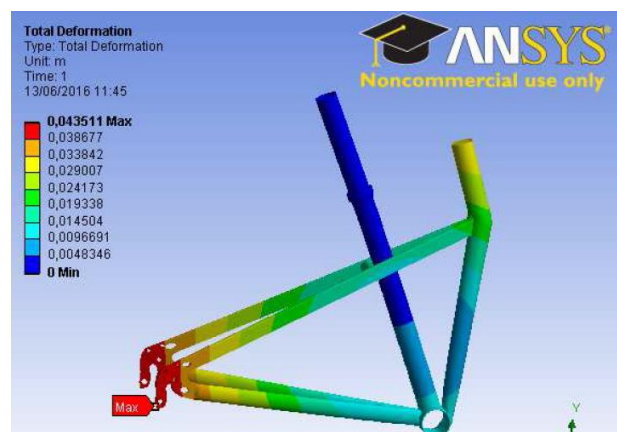


Figura 63.

El desplazamiento en este análisis es de aproximadamente 4 cm, siendo este un dato que analizaremos posteriormente.

11.4 Fuerza de pedaleo.

En este análisis vamos a simular la fuerza que haría una persona de 100 kg pedaleando, estando apoyada únicamente en la zona hueca en la que va el pedalier.

11.4.1 Equivalente de tensión de Von Mises.

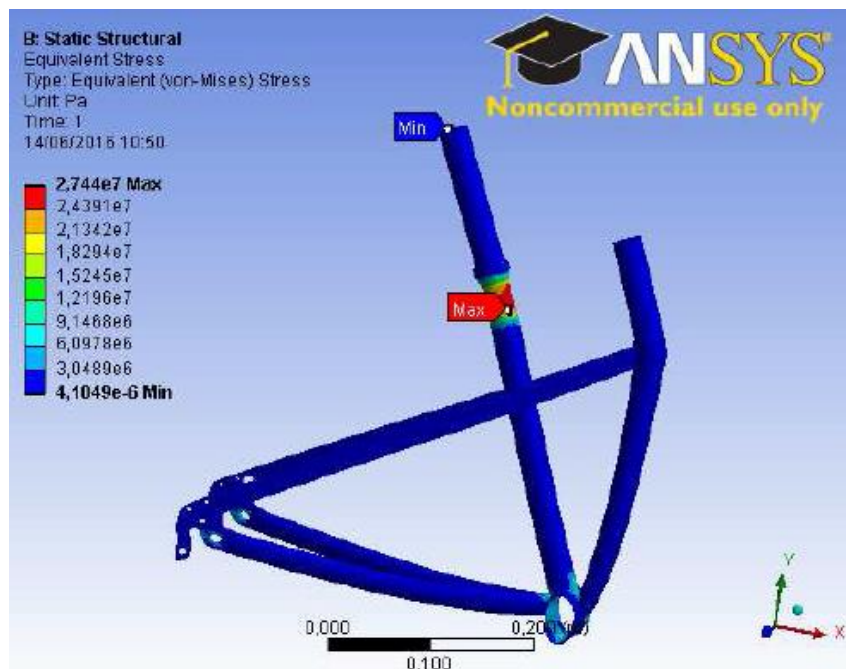


Figura 64.

La condición más desfavorable tendría un valor de 27 MPa, lejos aún de la zona plástica del aluminio.

11.4.2 Deformación total.

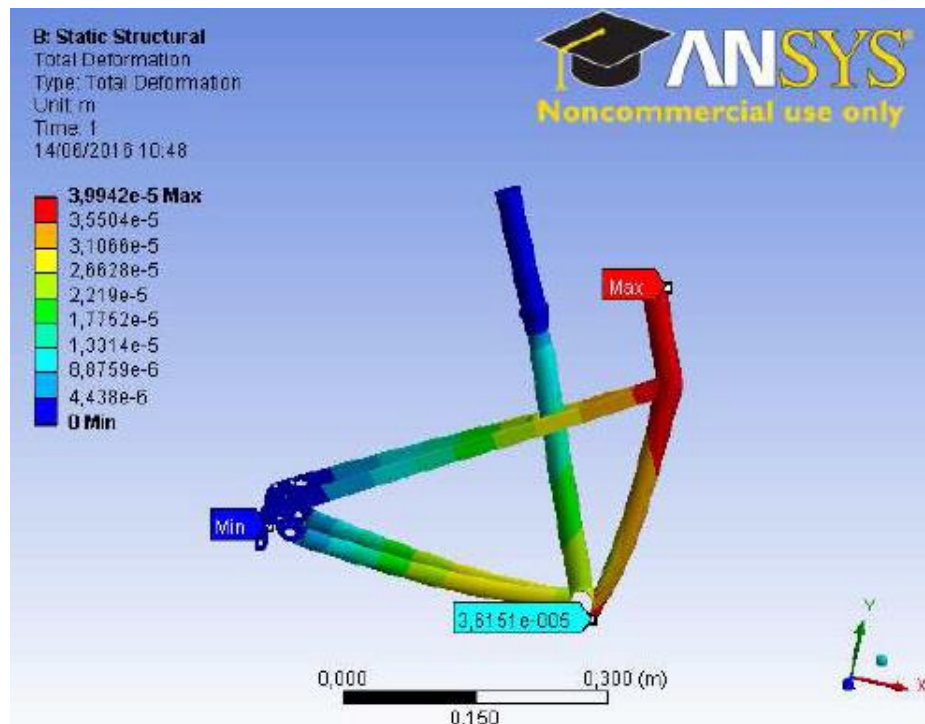


Figura 65.

La deformación máxima no llega al mm, ni en el punto más desfavorable ni en el hueco del eje del pedalier.

11.5 Impacto muy desfavorable.

Analizando los resultados de un impacto de 100 kg, vamos a hacer un análisis con una fuerza de 200 kg. Esta fuerza, sería un golpe cayendo desde una altura bastante grande, en la que el ciclista posiblemente se cayera de la bicicleta debido al impacto. Hacemos el análisis en la pieza para ver hasta qué punto podría aguantar.

11.5.1 Equivalente de tensión de Von Misses.

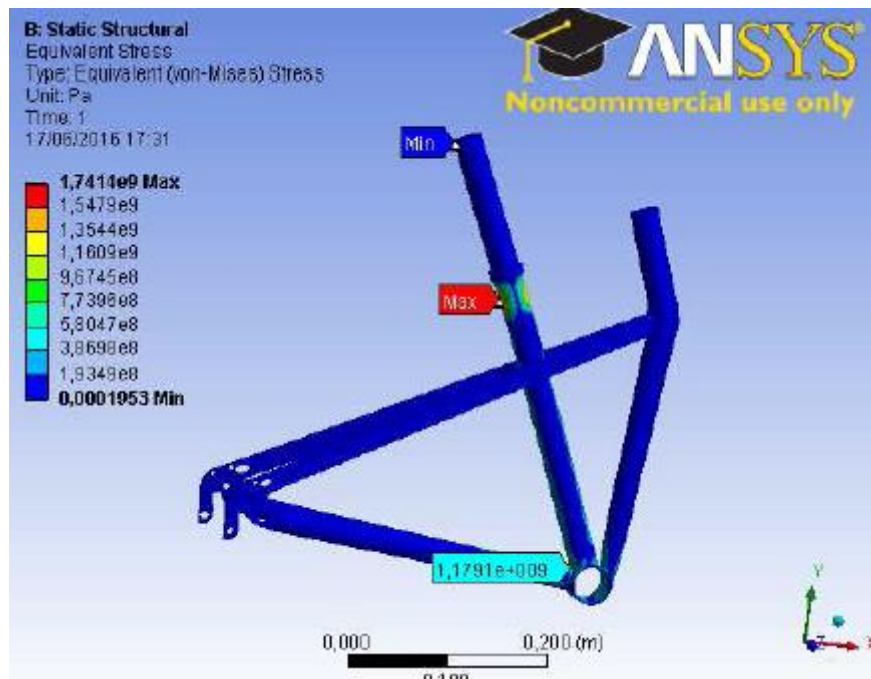


Figura 66.

El valor de tensión es de 174 MPa. Y se produce al tocar la barra de refuerzo con la barra del sillín.

11.5.2 Deformación total.

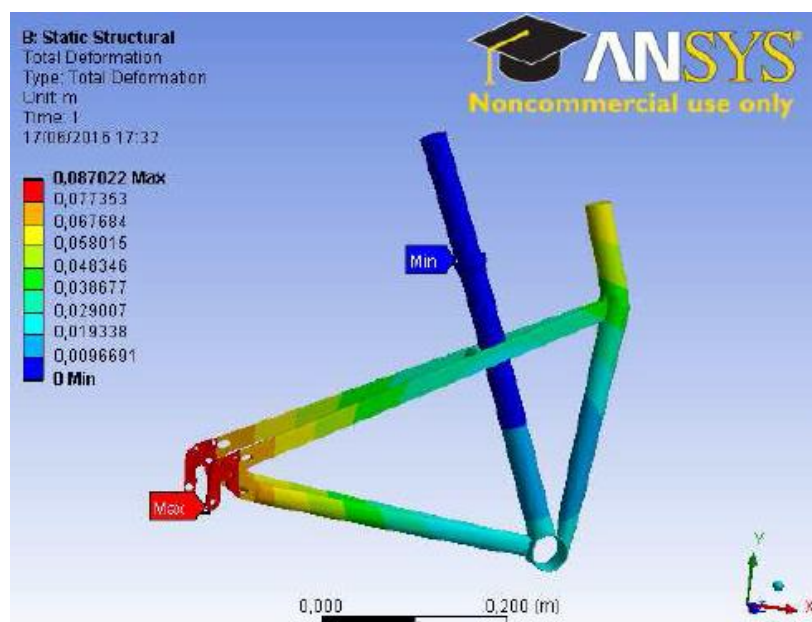


Figura 67.

Se obtiene una deformación máxima de 8 cm. Lo que podría darnos problemas en este caso.

11.6 Análisis de los resultados.

La condición más desfavorable que con probabilidad sucederá, se da en el caso de impacto en la rueda trasera. En el resto de casos, el cuadro aguantará perfectamente. Por tanto, vamos a estudiar los valores obtenidos en este caso, especialmente el de deformación.

En cuanto a la tensión máxima, podemos estar tranquilos, ya que los 87 MPa que se generan están muy lejos de los 241 MPa que tiene como límite elástico el aluminio 6061 T6.

El porcentaje de elongación hasta rotura es de un 8-10%. Por tanto, a pesar de que estamos dentro de un límite, se puede producir un fallo por fatiga con el tiempo y deberemos tomar medidas preventivas en un futuro relacionadas con este hecho.

En una condición de golpe extremo (200 kg en la rueda trasera) aparte de que es muy probable que incluso la llanta de la rueda se doble, los valores de tensión y deformación que obtendríamos son los siguientes:

- 174 MPa de tensión, por lo que aún no llegaríamos al límite elástico del material.
- 8 cm de deformación. Lo que muy posiblemente haría que nuestra pieza almacenara una cantidad considerable de energía en la que estaría cerca de la rotura. Además, si se dieran este tipo de golpes varias veces (la bicicleta no está pensada como bicicleta para acrobacias aéreas o descenso extremo) se produciría un fallo por fatiga.

12 Prototipado rápido.

Una vez definido nuestro diseño, el siguiente paso fue prototiparlo en la impresora 3D de poliamida para ver realmente el volumen que ocupa el cuadro una vez plegado, conocer la precisión del ajuste del cierre y otros aspectos que únicamente se pueden apreciar físicamente y no en la pantalla del ordenador.

Debemos decir, que no prototipamos todas las piezas del cuadro en escala 1:1 ya que el precio habría aumentado considerablemente.

Únicamente hicimos en escala 1:5 para ver el plegado y colocación de las piezas:

- Barra superior.
- Bastidor de barras rectas.

Y en escala 1:1, para ver bien toda la parte de cierre:

- Corte de la barra superior que únicamente tuviera el tramo donde apoya la otra barra.
- Tapa del cierre.
- Pieza pequeña cierre.
- Pieza grande cierre.
- Las 3 barras que se introducen para montar el cierre.

Los resultados fueron los siguientes:



Figura 68. Piezas prototipadas.

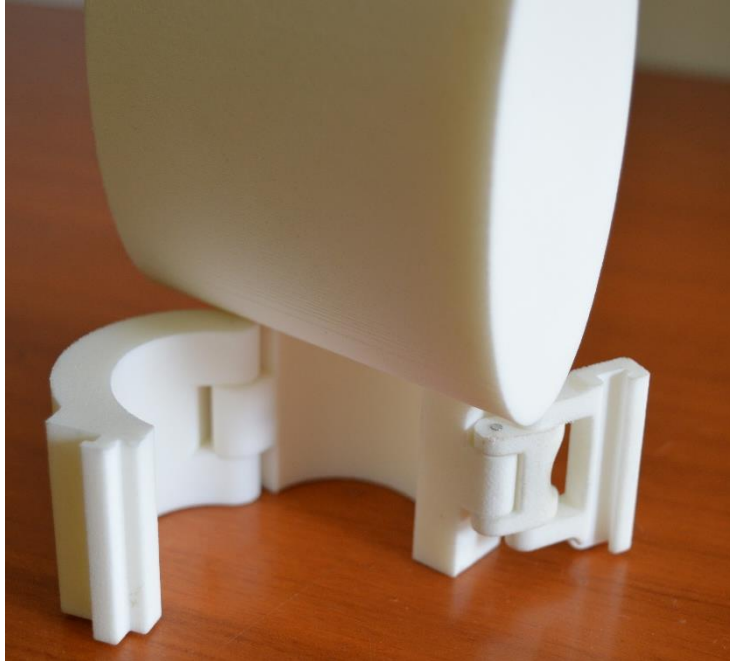


Figura 69. Escala 1:1



Figura 70 Escala 1:5.

12.1 Presupuesto del prototipado.

Para calcular el presupuesto del prototipo, debemos tener en cuenta el volumen de las piezas que hemos impreso y el precio medio de imprimir un cm^3 de material.

El precio medio es de $1.7 \text{ €} / \text{cm}^3 + \text{IVA}$.

$$674.781 \text{cm}^3 * 1.7 \text{ €} * 1.21 = 1388 \text{ €}$$

Tabla 5 Desglose de los volúmenes prototipados.

Escala 1:1	Volumen (cm3)
Barra corta cierre	0,059
Barra grande cierre	0,439
Barra larga cierre	0,087
Barra superior cortada	233,389
Pieza grande cierre	2,389
Pieza pequeña cierre	0,823
Tapa cierre.	20,185
Escala 1:5	
Barra superior	274,45
Bastidor barras rectas.	142,96
Total	674,781

13 Plan de ventas.

Una vez desarrollado nuestro cuadro, debemos decidir cómo vamos a comercializarlo y a quién va a ir dedicado. Haciendo un análisis de la historia de este tipo de bicicletas y de cómo está el mercado hoy en día, podemos hacer una diferenciación muy clara. Por un lado, podemos tratar de llegar a acuerdos con el estado español, para que las suministre al ejército, tanto para la división de tierra como de aire. La otra opción, es sacarla a la venta para cualquier persona dispuesta a adquirir una bicicleta de montaña plegable, que se adapte al vehículo en el que va a desplazarse hasta el campo, al hogar en que vive y que sea una de las más fáciles y rápidas para plegarlas y montarlas.

13.1 Venta al ejército.

Tenemos dos opciones muy claras y una que puede ser menos viable de llevar a la práctica, por un lado, la bicicleta con el tono verde militar clásico y por otro, una bicicleta que pudiera ser utilizada en operaciones en zonas más áridas con un diseño más desértico. Los siguientes renders son ejemplos de cómo podría quedar la bicicleta.



Figura 71. Verde militar.



Figura 72. Desértica.

La opción que puede ser menos viable es la de operaciones de montaña, con un “estampado” de camuflaje de nieve. En España, puede ser que no tuviera mucha aceptación, pero en el resto del mundo sería factible.



Figura 73. Alta montaña.

13.2 Venta al público general.

A la hora de lanzar la bicicleta al mercado general, deberemos tener en cuenta que no estamos vendiendo únicamente un cuadro y que el precio, dependerá en gran medida de la gama y calidad del resto de componentes que montemos a nuestra bicicleta.

Podremos crear una serie de acabados para el cuadro que den la sensación de que sea de más alta gama o menos. Ya sea por los colores que seleccionemos, el entorno en el que lo vendamos etc.

13.2.1 Alta gama.

Para el cuadro de alta gama, vamos a utilizar principalmente el negro, que es un color que representa el poder y la elegancia. Además, le daremos el toque de contraste con el fondo verde y el detalle en amarillo para darle agresividad y hacer una diferenciación con respecto al resto de bicicletas del mercado.



Figura 74

13.2.2 Gama media.

En la gama media, utilizaremos colores menos llamativos, y un fondo más neutro. Lo que hará que el primer vistazo de la gente siempre se vaya a la gama alta, aumentando las probabilidades de vender esa bicicleta.

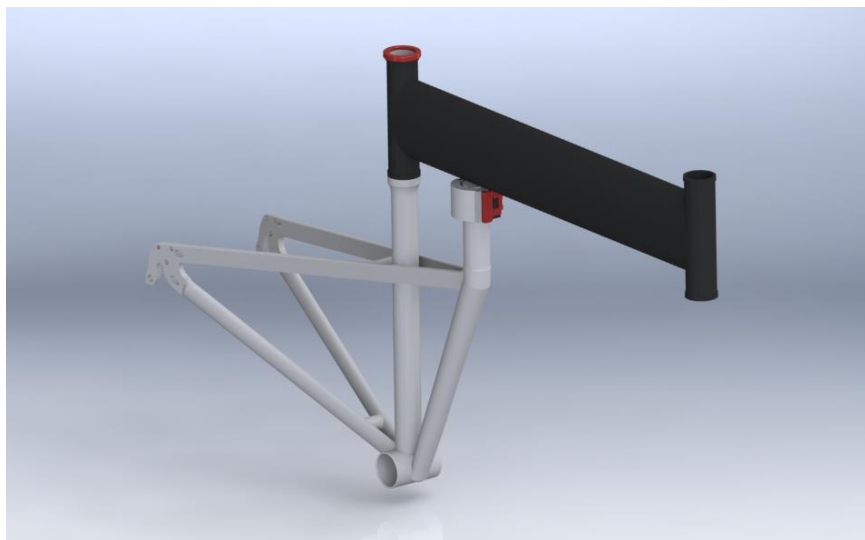


Figura 75

13.2.3 Otras posibilidades.

La otra alternativa que podemos ofrecer es que el cliente decida que colores quiere en cada una de las piezas que componen el cuadro de la bici al igual que ocurre cuando vas a elegir el color de la carrocería al comprar un coche.

Varios ejemplos de cuadros con combinaciones de colores menos convencionales serían los siguientes ejemplos:

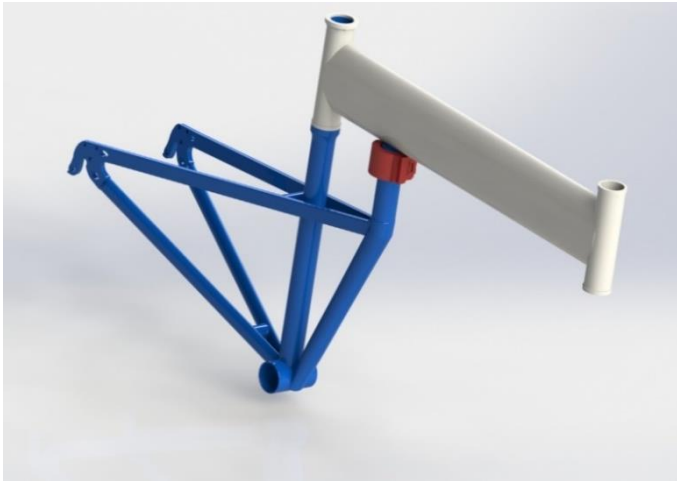


Figura 76 Colores franceses-rusos



Figura 77 Acabados metálicos

Y por supuesto, no podía faltar una bici de la tierra, navarrica y con el logotipo de la universidad pública de Navarra.



Figura 78 La navarrica.

14 Líneas a seguir para avanzar el proyecto.

En este apartado de la memoria, vamos a definir cuáles serían los pasos a seguir para poder avanzar con este proyecto y llegar a lanzar una bicicleta completa al mercado:

- Decidir que componentes vamos a incluir en la bicicleta en función de la gama que vayamos a montar.
- Desarrollar el análisis por el método de elementos finitos del cuadro de la bicicleta, pero haciendo el análisis como conjunto y no abstracciones de las diversas piezas por separado.
- Elegir un sitio donde vayamos a comenzar a fabricar nuestras bicicletas (no hablamos de presupuesto de fábrica ya que es un tema fuera de nuestro proyecto, tal vez podría fabricarse dentro de una de las compañías ya existentes en el mercado).
- Tomar la decisión de cómo vamos a fabricar el cuadro de la bicicleta, eligiendo principalmente entre el hidroformado o la extrusión más soldadura de tubos. Para la barra superior, recomendaríamos el hidroformado ya que evitaríamos muchas soldaduras que podrían mejorar las propiedades a fatiga. Y en el bastidor de la rueda trasera, optaríamos por la soldadura entre componentes, principalmente con soldadura TIG (tungsten inert gas).
- Hacer un análisis de mercado y estudiar la rentabilidad que se podría obtener de cada bicicleta, decidiendo el PVP (Precio Venta al Público) y tratando de llegar a acuerdos con diversos ejércitos del mundo.
- Lanzar la bicicleta el mercado, primero a través de una plataforma digital y luego, contactando con diversos distribuidores físicos.

15 Conclusiones.

- Desconocíamos por completo todo el trabajo que lleva desarrollar un producto desde cero, sin ninguna directriz marcada de cómo debe ser el diseño. Además de todas las pruebas, simulaciones etc. que deben llevarse a cabo antes de dar por finalizado un diseño.
- Es muy importante conocer que hay ya en el mercado, que se vende bien y que no tan bien, para no cometer “errores” que otros han cometido antes que nosotros. Además, esto nos dará información sobre cuál puede ser la aceptación de nuestro producto en la sociedad.
- Conocer el mundo que rodea a nuestro objeto (materiales, sistemas de cierre del mercado etc.) nos abrirá varias vías a la hora de tomar decisiones sobre el proyecto, no limitándonos a un único camino.
- Hay que tener muy claro que normalmente la primera idea que tengamos no va a ser la definitiva y vamos a tener que hacer varios rediseños hasta obtener el diseño definitivo que lancemos al mundo.
- Disponer de la posibilidad de imprimir un modelo físico de nuestro diseño nos aporta una gran ventaja respecto a verlo en la pantalla del ordenador, ya que podemos apreciar fallos que pueden surgir en nuestro diseño.

16 Bibliografía

- 25km/h.* (2016). Recuperado el 16 de Junio de 2016, de <http://www.25kmh.es/goes-ebike-cc.php>
- Bike.* (5 de Diciembre de 2014). *mountainbike.es*. Recuperado el 2016 de Abril de 2016, de <http://www.mountainbike.es/galerias/Bicis-historicas-Trek-9000-1992#imagegallery-592-548190aed9c6c.jpg>
- bikezona.* (2 de Marzo de 2007). Obtenido de <http://www.bikezona.com/foro-ciclismo/aluminio-6061-vs-7005-toda-la-verdad/10/385614/1/>
- bktr.* (2014). *bike-treks.co.uk*. Recuperado el 27 de 04 de 2016, de <http://www.bike-treks.co.uk/content/history-of-the-specialized-stumpjumper.aspx>
- Change bike.* (2015). Recuperado el 15 de Junio de 2016, de <http://www.changebike.com/df-602bf>
- Cortes, J.* (s.f.). *Delmetal*. Recuperado el 5 de Junio de 2016, de www.delmetal.com.ar
- De máquinas y herramientas.* (2014). Recuperado el Junio de 2016, de <http://www.demaquinasyherramientas.com/soldadura/como-soldar-aluminio-con-tig>
- Decathlon.* (s.f.). Recuperado el 16 de Mayo de 2016, de https://www.decathlon.es/bicicleta-plegable-tilt-720-negro-id_8300122.html
- Decathlon.* (2016). Recuperado el 27 de Mayo de 2016, de https://www.decathlon.es/camara-deportiva-g-eye-2-discover-full-hd-1080p-30-fps--id_8324986.html
- Fkitch.* (22 de Abril de 2013). *Embelezia*. Recuperado el 29 de Abril de 2016, de <http://www.embelezia.com/deportes/bicicleta-plegable-montague-paratrooper-la-bici-de-los-paracas-americanos>
- García Romeo, J.* (Julio de 2010). Diseño de un cuadro de bicicleta de montaña. Navarra, España: UPNA. Recuperado el 2016
- La bici urbana.* (2016). Recuperado el 16 de Mayo de 2016, de <http://www.labiciurbana.com/tienda/?308,beixo-x-town>
- Light in the box.* (2016). Recuperado el 16 de Junio de 2016, de http://www.lightinthebox.com/es/jindie-21-velocidades-26-bicicleta-de-montana-5-radios-de-la-rueda-bicicleta-plegable_p1656647.html
- Mondragón, U.* (25 de Julio de 2013). *Interempresas*. Recuperado el 27 de Mayo de 2016, de <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/112422-Mecanizado-de-aleaciones-de-titanio-empleadas-en-aeronautica.html>
- Montague.* (2016). Recuperado el 16 de Junio de 2016, de <https://www.montaguebikes.com/paratrooper-pro-folding-bike.html>

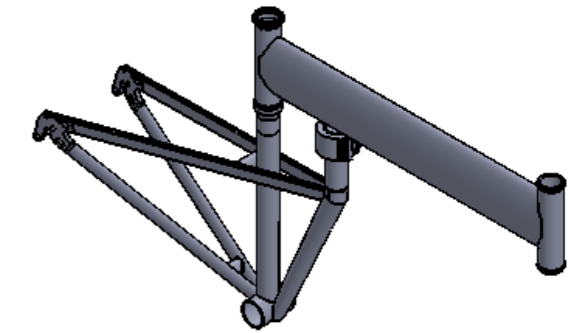
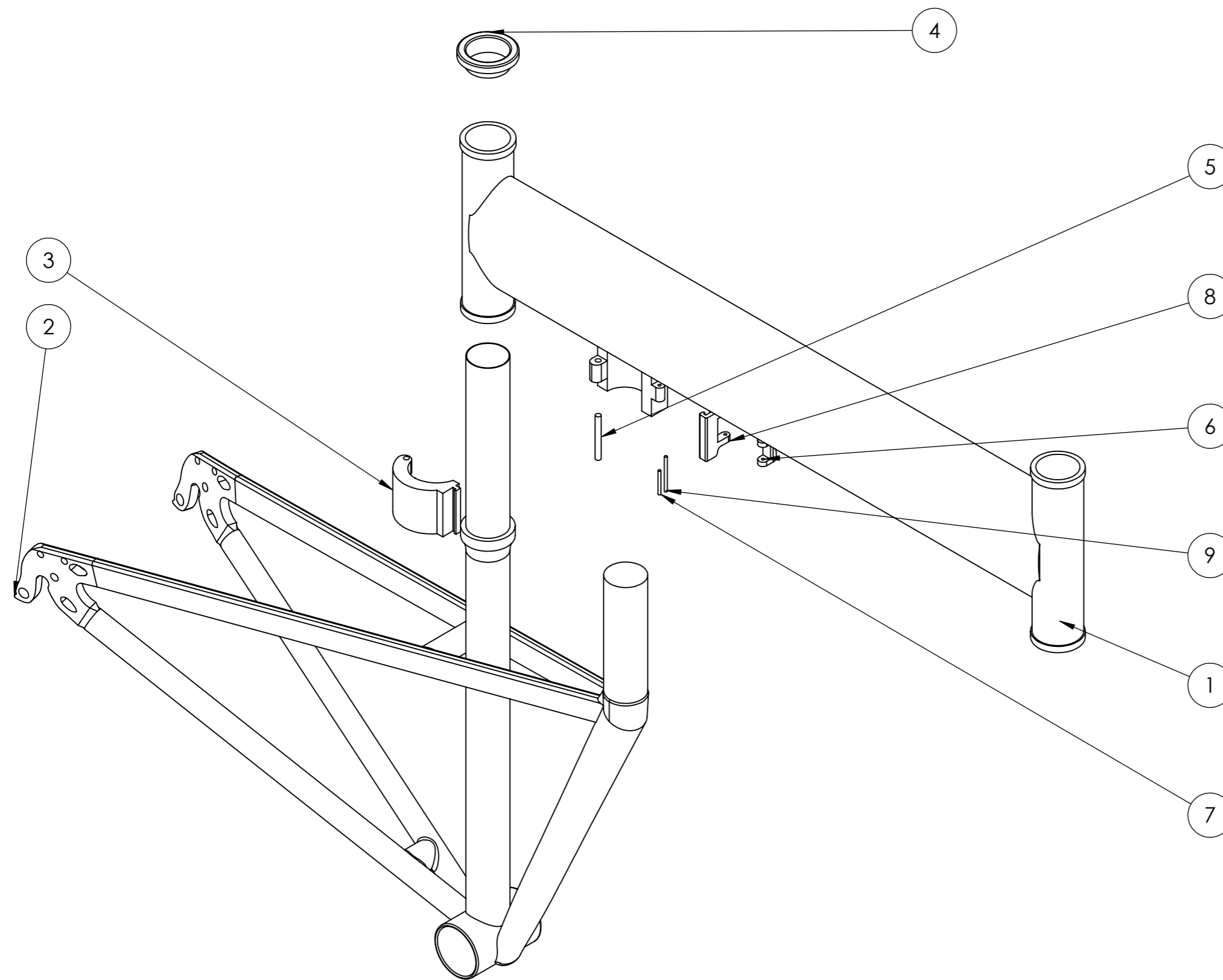
- Montague.* (2016). Recuperado el 16 de Junio de 2016, de <https://www.montaguebikes.com/swissbike-x70-mountain-folding-bicycles.html>
- Montague.* (2016). *montaguebikes*. Recuperado el 29 de Abril de 2016, de <https://www.montaguebikes.com/paratrooper-folding-military-bike.html>
- Plegabike.* (2016). Recuperado el 16 de Mayo de 2016, de <http://www.plegabike.com/cast/teq-bickerton-portables.html>
- Plegabike.* (2016). Recuperado el 16 de Mayo de 2016, de <http://www.plegabike.com/cast/dahon-pop.html>
- Rajapack.* (14 de Abril de 2015). Recuperado el Junio de 2016, de <http://www.rajapack.es/blog-es/curiosidades/diferencias-entre-polipropileno-polietileno/>
- Retrobike.* (2010). *retrobike.co.uk*. Recuperado el 04 de 27 de 2016, de <http://www.retrobike.co.uk/forum/viewtopic.php?f=6&t=278922>
- Ruiz, M.* (5 de Julio de 2013). *jodidorepecho.blogspot*. Recuperado el 27 de Abril de 2016, de <http://jodidorepecho.blogspot.com.es/2013/07/la-historia-de-la-bicicleta-de-montana.html>
- sombra, E.* (s.f.). *Ediciones sombra*. Recuperado el 28 de Abril de 2016, de <http://www.edsombra.com/index.asp?apa=99&numrev=111&seccion=6&pagina=1>
- Tucanobikes.* (s.f.). Recuperado el 16 de Junio de 2016, de http://www.tucanobikes.com/bicicletas_electricas_tucano___hide_bike_mtb.ws
- Wikipedia.* (28 de Noviembre de 2015). Recuperado el Junio de 2016, de https://es.wikipedia.org/wiki/Aluminio_6061
- Wikipedia.* (2 de Diciembre de 2015). Recuperado el Junio de 2016, de <https://es.wikipedia.org/wiki/Hidroconformado>
- Wikipedia.* (29 de Julio de 2015). *Wikipedia*. Recuperado el 28 de Abril de 2016, de https://es.wikipedia.org/wiki/Bicicleta_plegable#cite_note-Mitos_e_hitos-2
- Wikipedia.* (27 de Abril de 2016). *Wikipedia*. Recuperado el 27 de Abril de 2016, de <https://es.wikipedia.org/wiki/Bicicleta>

ANEXO I

PLANOS

Índice de planos.

1. Explosionado.
2. Barra superior.
3. Detalle de la barra superior.
4. Bastidor de barras rectas.
5. Tapa cierre.
6. Tapón de barras.
7. Barra grande cierre.
8. Pieza pequeña cierre.
9. Barra corta del cierre.
10. Pieza grande cierre.
11. Barra larga cierre.



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Barra superior	1
2	Bastidor barras rectas	1
3	Tapa cierre	1
4	Tapón barras	1
5	Barra grande cierre	1
6	Piezapequeña cierre	1
7	Barra corta cierre	1
8	Pieza grande cierre	1
9	Barra larga cierre	1

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

	NOMBRE	FECHA
DIBUJ.	Jesús Úcar Hernández	
VERIF.		
APROB.		
FIRMA		

MATERIAL:

PESO:

upna
 Universidad
 Pública de Navarra
 Nafarroako
 Unibertsitate Publikoa

TÍTULO:

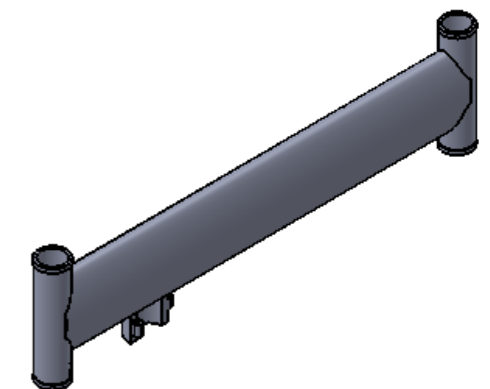
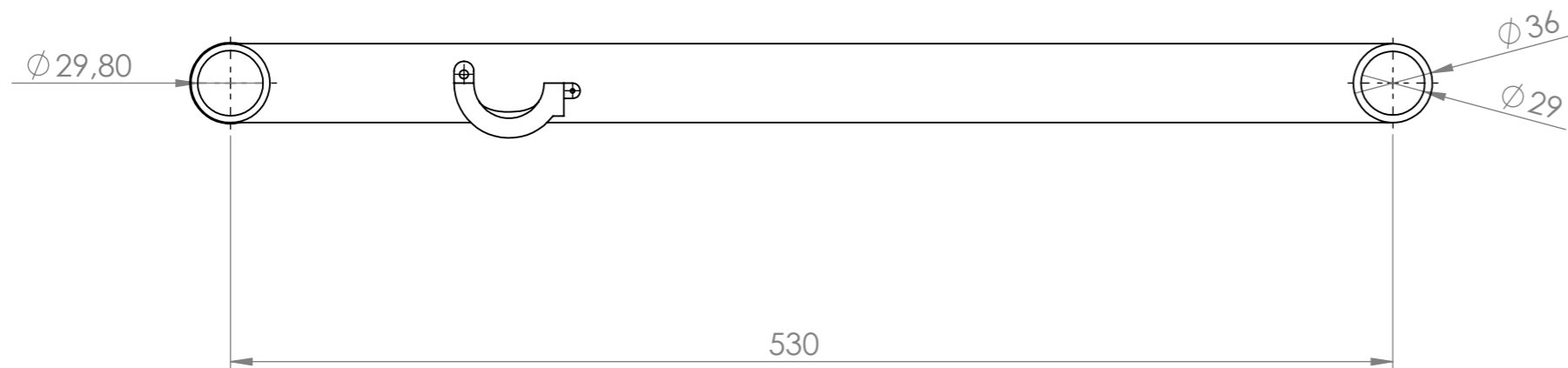
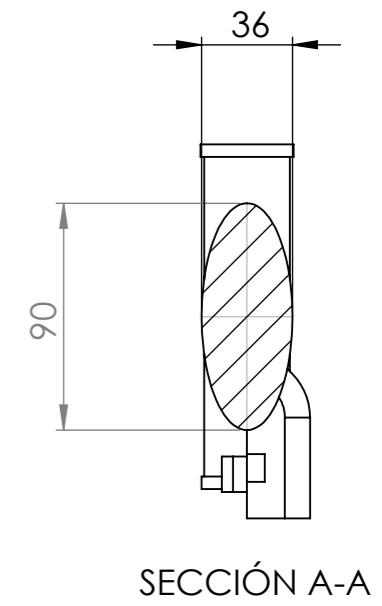
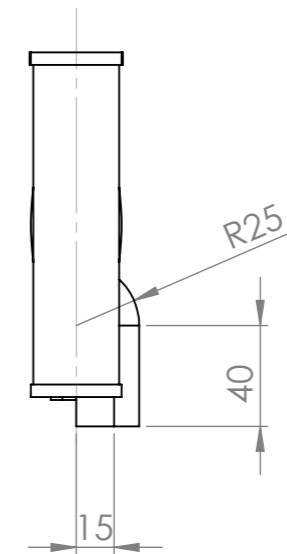
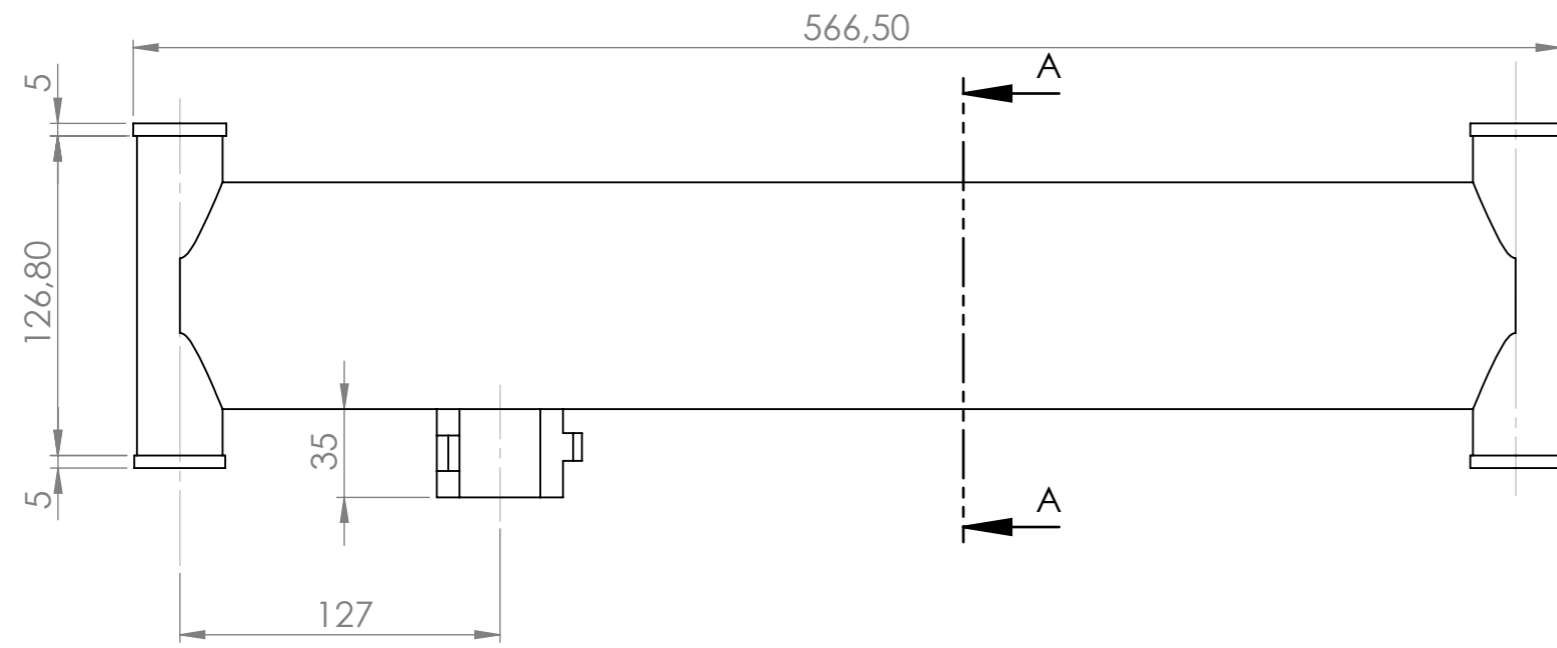
N.º DE DIBUJO


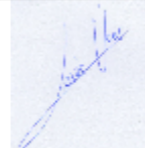
Explosionado

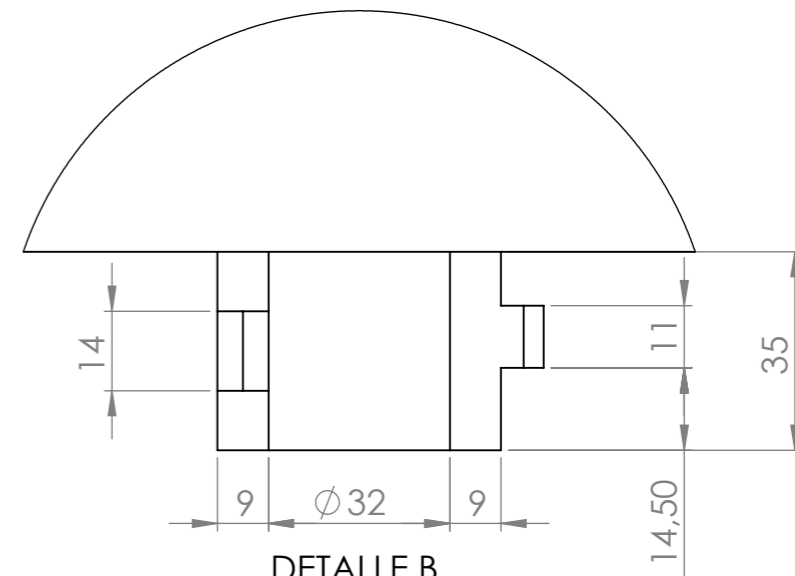
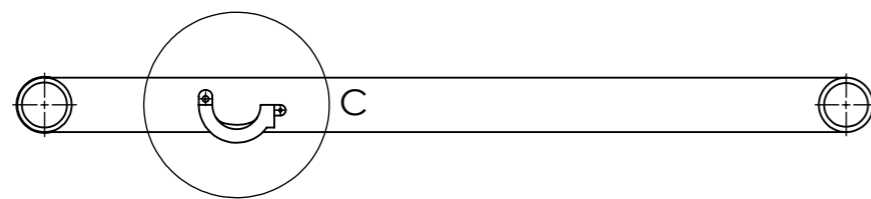
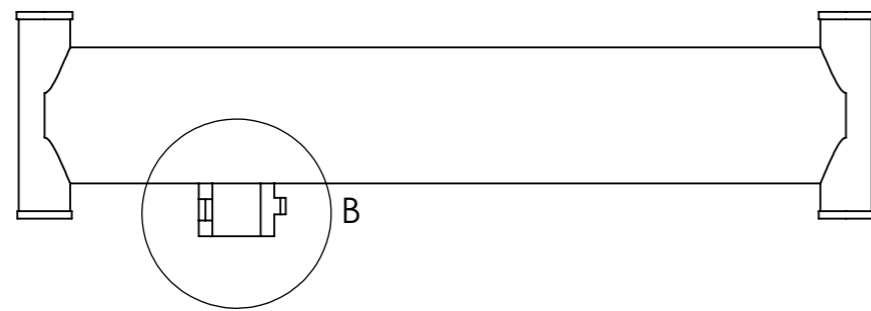
A3

ESCALA:1:3

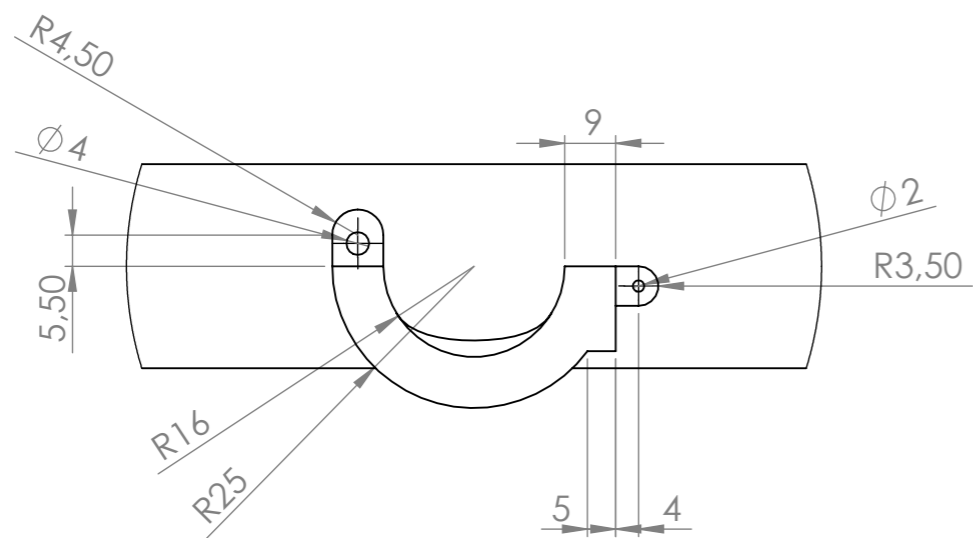
HOJA 1 DE 1





SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				 upna Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	
	NOMBRE	FECHA	TÍTULO:		
DIBUJ.	Jesús Úcar Hernández	14/06/2016	Barra superior		
VERIF.					
APROB.					
FIRMA		MATERIAL:	N.º DE DIBUJO	Pieza N.º 1	A3
		Al 6061 T6	ESCALA:1:3		HOJA 1 DE 1
		PESO:			

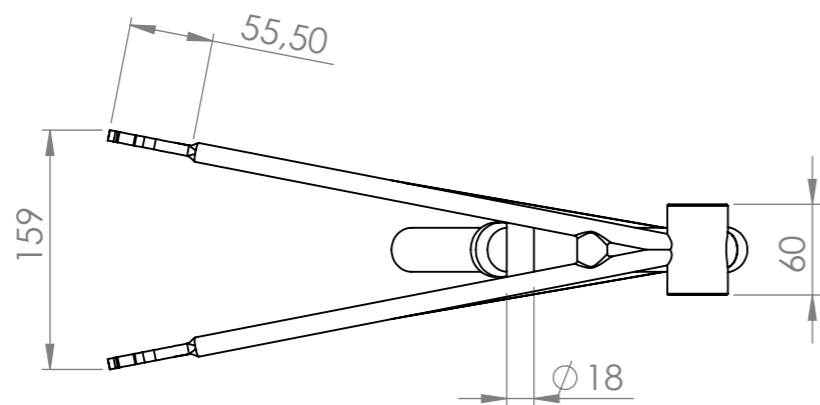
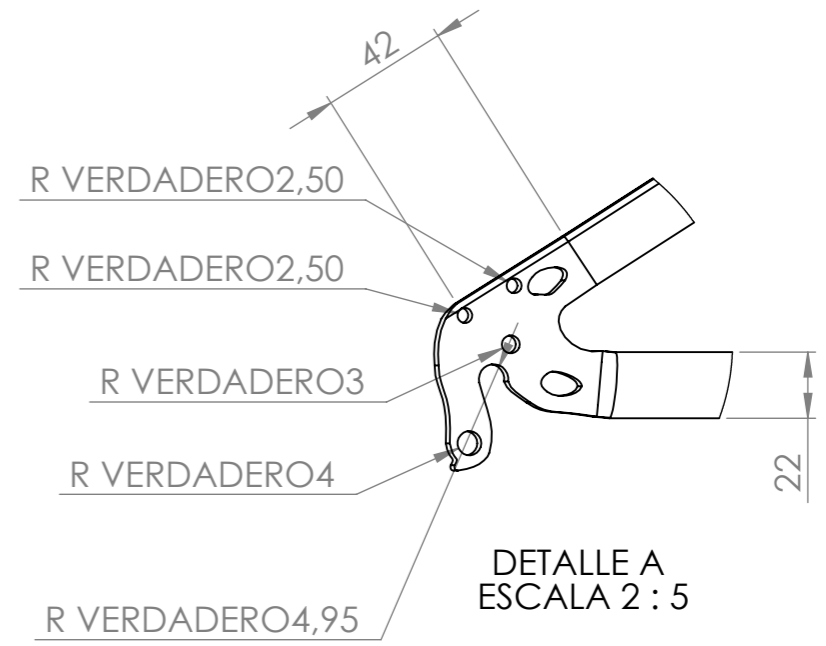
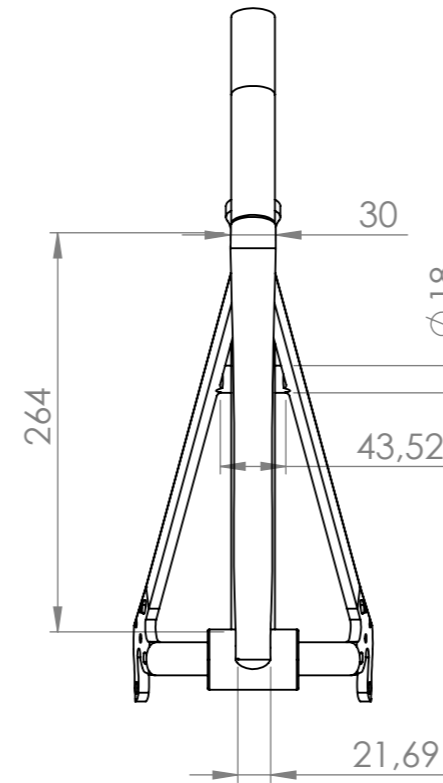
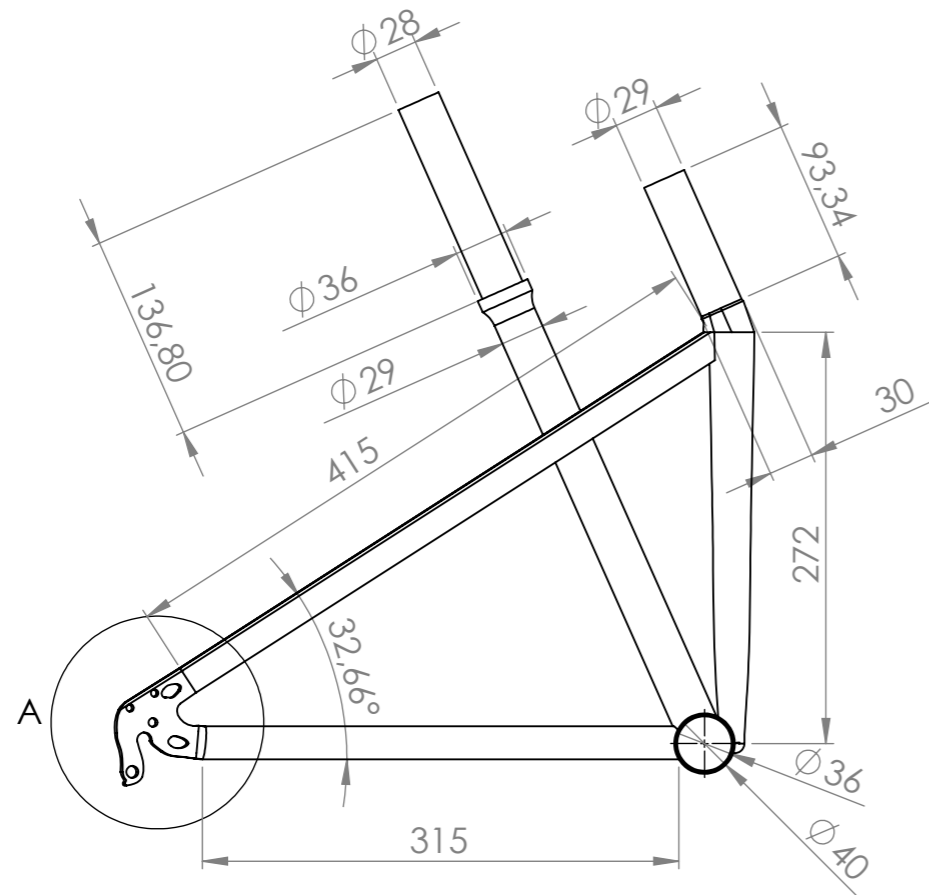


DETALLE B
ESCALA 3 : 4




DETALLE C
ESCALA 3 : 4

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	
	NOMBRE	FECHA	TÍTULO:		
DIBUJ.	Jesús Úcar Hernández	14/06/2016	Barra superior		
VERIF.					
APROB.					
FIRMA		MATERIAL:	N.º DE DIBUJO	A3	
		Al 6061 T6	Detalles pieza 1		
		PESO:	ESCALA:1:5	HOJA 1 DE 1	



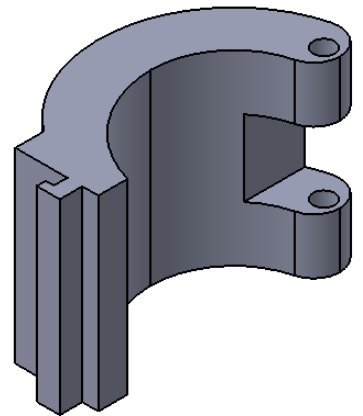
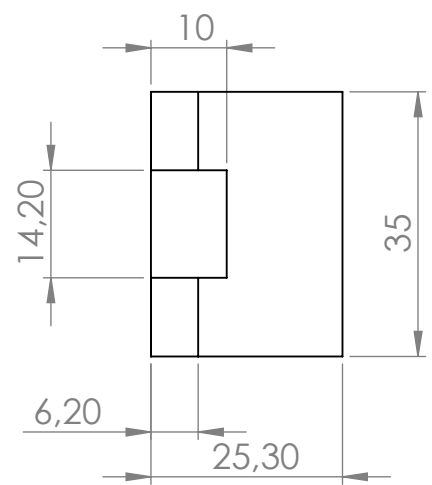
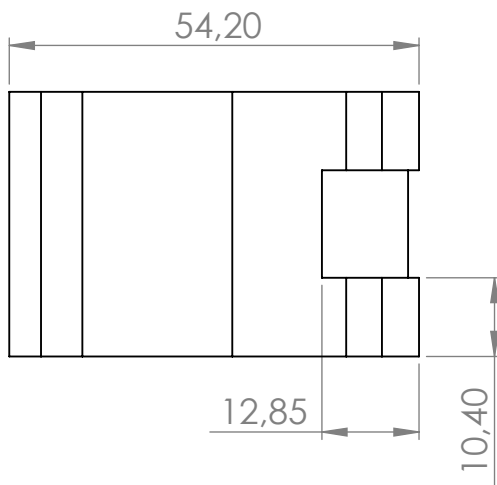
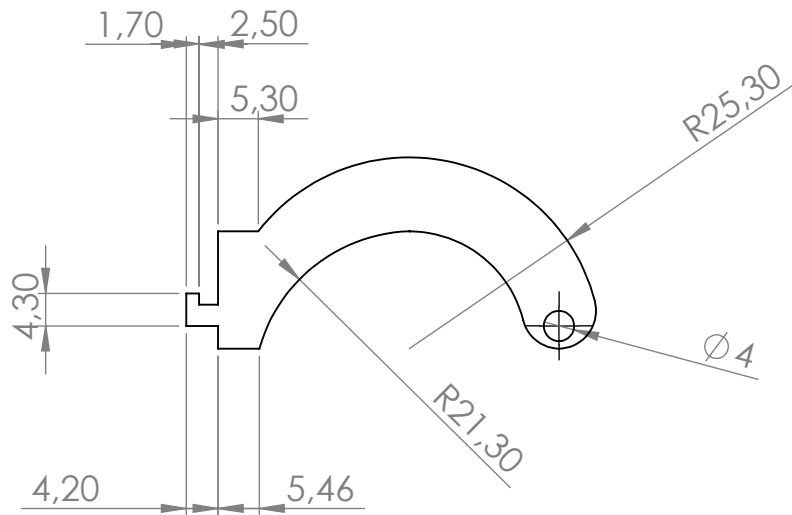
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

	NOMBRE	FECHA	
DIBUJ.	Jesús Úcar Hernández	14/06/2016	
VERIF.			
APROB.			
FIRMA			
	MATERIAL:		
	Al 6061 T6		
	PESO:		

upna
 Universidad
 Pública de Navarra
 Nafarroako
 Unibertsitate Publikoa

TÍTULO:
Bastidor barras rectas

N.º DE DIBUJO	Pieza N.º 2	A3
ESCALA: 1:5		HOJA 1 DE 1

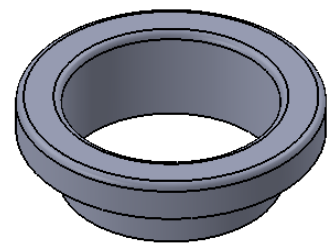
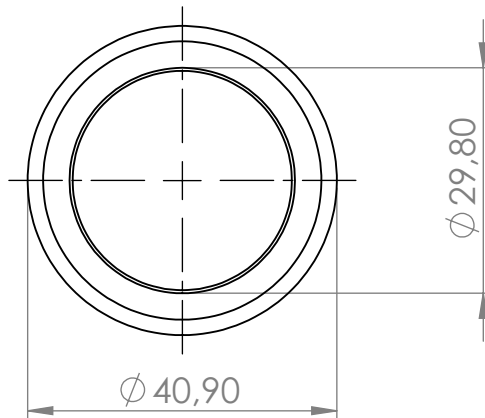
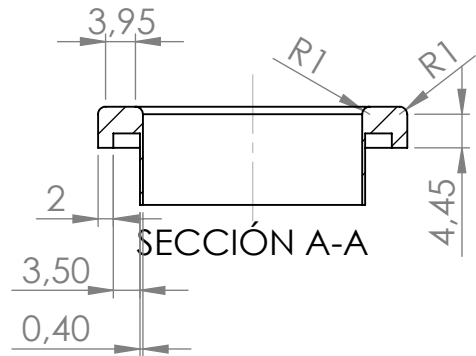
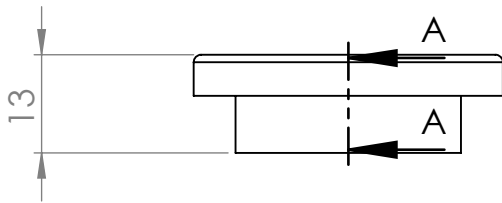


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS:
LINEAL:
ANGULAR:


upna
Universidad
Pública de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

	NOMBRE	FECHA
DIBUJ.	Jesús Úcar Hernández	14/06/2016
VERIF.		
APROB.		
FIRMA		
	MATERIAL:	AI 6061 T6
	PESO:	

TÍTULO:	Tapa cierre	
N.º DE DIBUJO	Pieza N° 3	A4
ESCALA: 1:1	HOJA 1 DE 1	

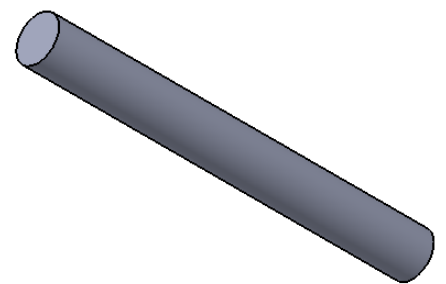
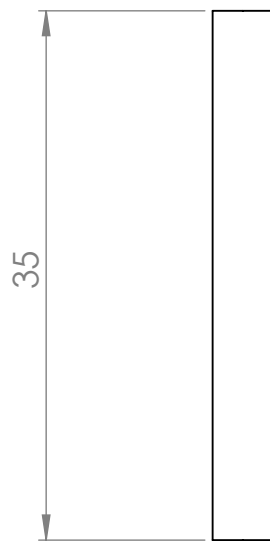
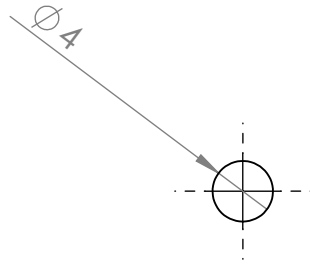


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

	NOMBRE	FECHA	
DIBUJ.	Jesús Úcar Hernández	14/06/2016	
VERIF.			
APROB.			
FIRMA			MATERIAL: HDPE
			PESO:



TÍTULO:	Tapón barras	
N.º DE DIBUJO	Pieza N° 4	A4
ESCALA: 1:1	HOJA 1 DE 1	



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:



	NOMBRE	FECHA
DIBUJ.	Jesús Úcar Hernández	14/06/2016
VERIF.		
APROB.		

TÍTULO:
Barra grande cierre

FIRMA


MATERIAL:
Acero S275

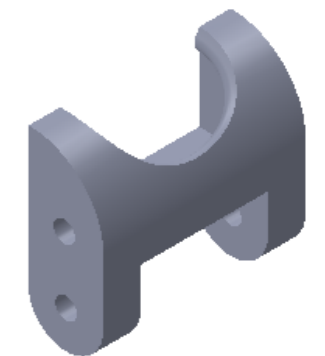
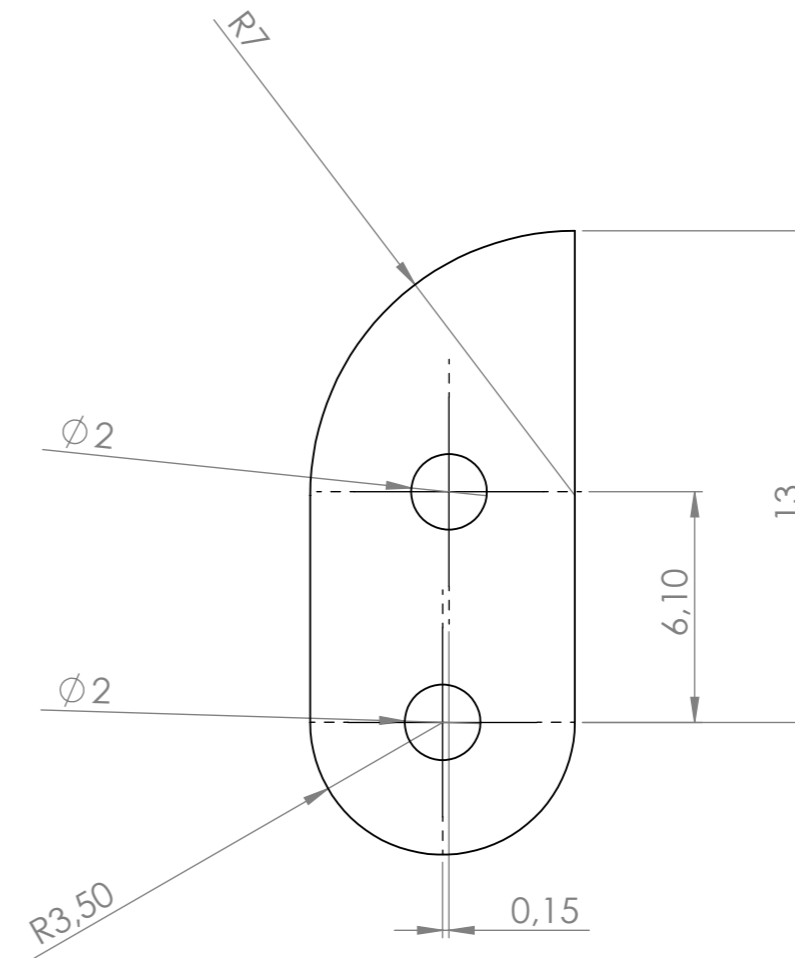
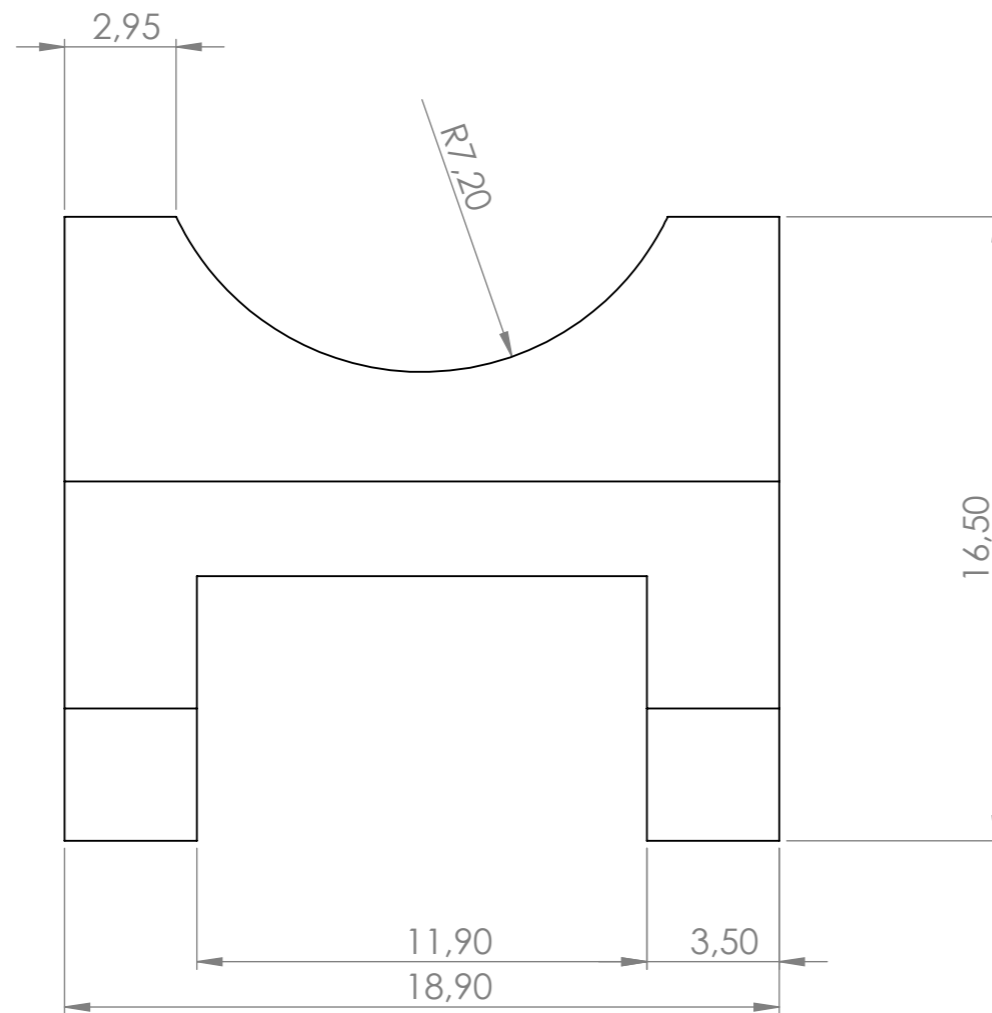
PESO:


N.º DE DIBUJO
Pieza N° 5

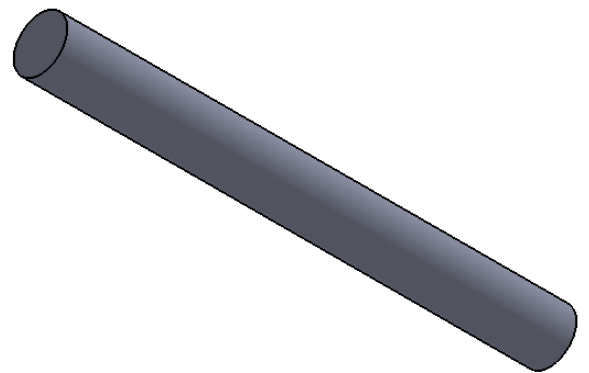
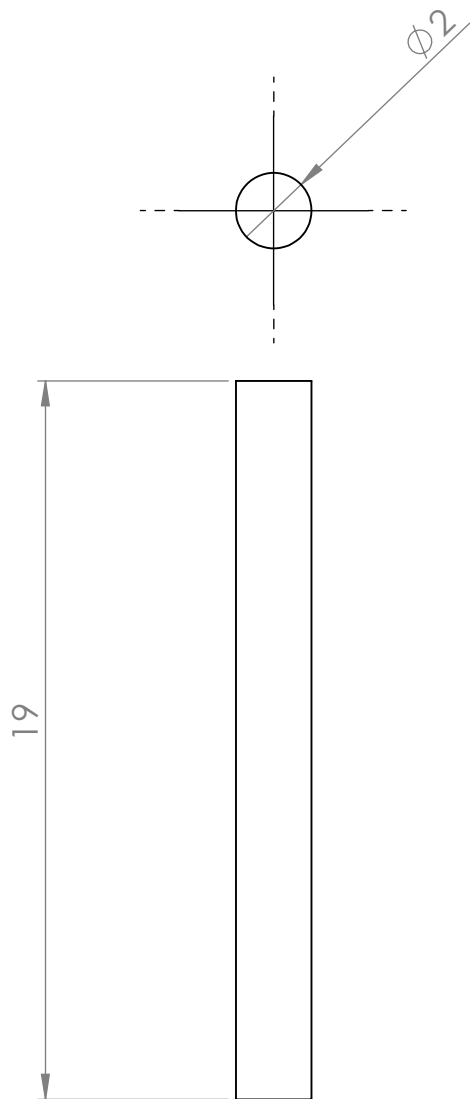
ESCALA:2:1

HOJA 1 DE 1

A4




SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				 upna Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	
	NOMBRE	FECHA		TÍTULO:	
DIBUJ.	Jesús Úcar Hernández	14/06/2016		Pieza pequeña cierre	
VERIF.					
APROB.					
FIRMA			MATERIAL:	N.º DE DIBUJO	
			HDPE	Pieza N.º 6	A3
			PESO:	ESCALA:5:1	HOJA 1 DE 1

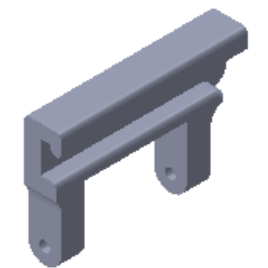
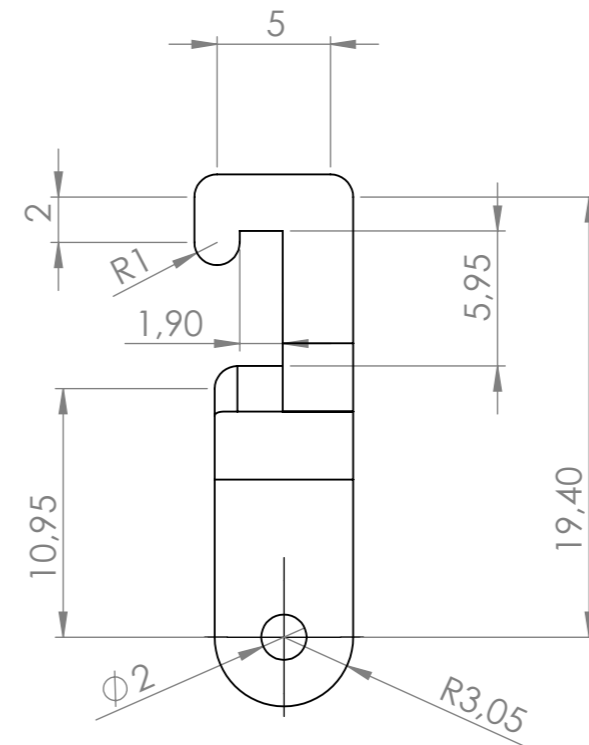
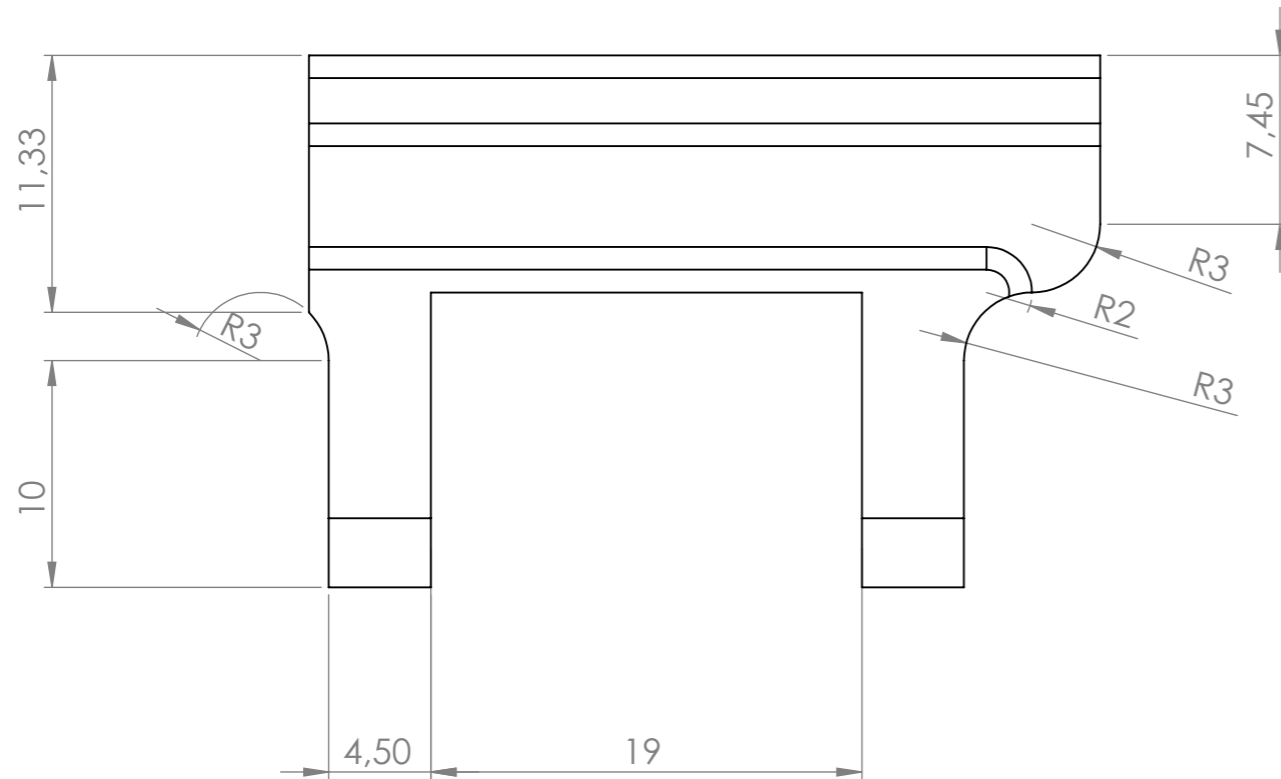
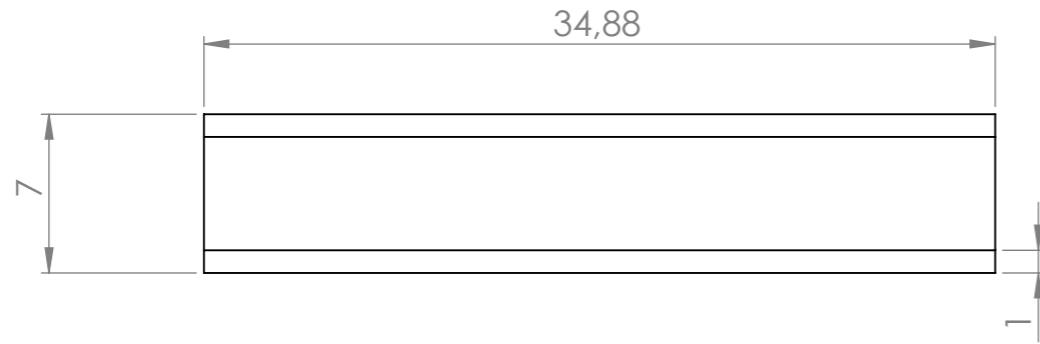


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:



	NOMBRE	FECHA	
DIBUJ.	Jesús Úcar Hernández	14/06/2016	
VERIF.			
APROB.			
FIRMA			
	MATERIAL:		
	Acero S275		
	PESO:		

TÍTULO:	Barra corta del cierre.	
N.º DE DIBUJO	Pieza nº 7	A4
ESCALA:5:1	HOJA 1 DE 1	



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS:
LINEAL:
ANGULAR:

	NOMBRE	FECHA
DIBUJ.	Jesús Úcar Hernández	14/06/2016
VERIF.		
APROB.		

FIRMA



MATERIAL:
HDPE

PESO:

upna
Universidad
Pública de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

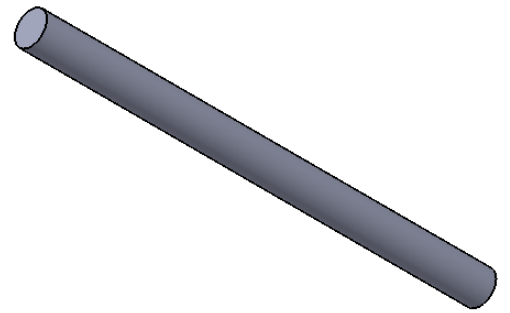
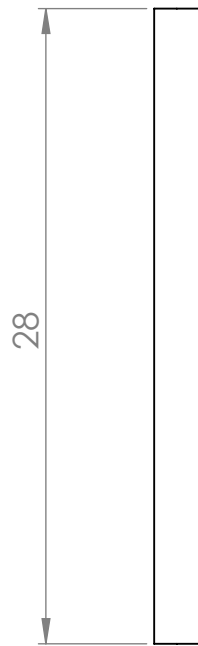
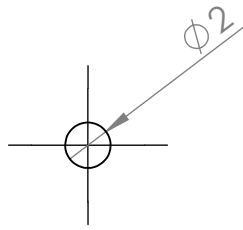
TÍTULO:
Pieza grande cierre

N.º DE DIBUJO
Pieza N.º 8

A3


ESCALA:3:1

HOJA 1 DE 1



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:



	NOMBRE	FECHA	
DIBUJ.	Jesús Úcar Hernández	16/06/2016	
VERIF.			
APROB.			
FIRMA			
	MATERIAL:	Acero S275	
	PESO:		

TÍTULO:	Barra larga cierre		
N.º DE DIBUJO	Pieza N° 9	A4	
ESCALA:3:1	HOJA 1 DE 1		

ANEXO II

**RESULTADOS DE ANSYS DEL ANÁLISIS
DE ELEMENTOS FINITOS.**

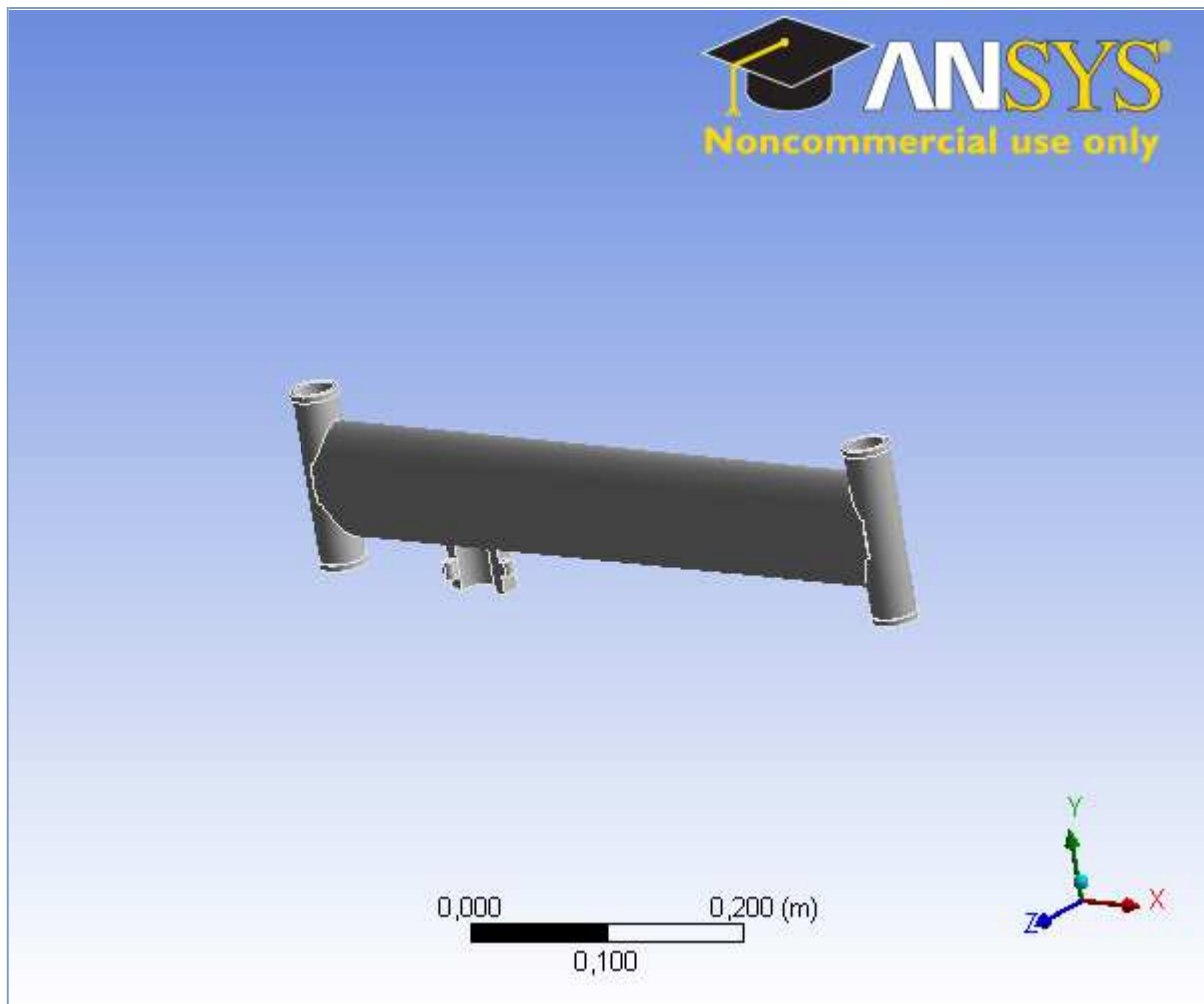
Primer análisis.

Análisis de las fuerzas y deformaciones que genera un impacto de 50 kg en la barra superior a través de un impacto en la rueda delantera.



Project

First Saved	Monday, June 13, 2016
Last Saved	Monday, June 13, 2016
Product Version	14.0 Release
Save Project Before Solution	No
Save Project After Solution	No



Contents

- Units
- Model (B4)
 - Geometry
 - Barra superior
 - Coordinate Systems
 - Mesh
 - Static Structural (B5)
 - Analysis Settings
 - Loads
 - Solution (B6)
 - Solution Information
 - Results
- Material Data
 - AL 6061-T6

Units

TABLE 1

Unit System	Metric (m, kg, N, s, V, A) Degrees rad/s Celsius
Angle	Degrees
Rotational Velocity	rad/s
Temperature	Celsius

Model (B4)

Geometry

TABLE 2
Model (B4) > Geometry

Object Name	<i>Geometry</i>
State	Fully Defined
Definition	
Source	C:\Users\Labora3\Desktop\Rediseño\Barra superior.SLDPRT
Type	SolidWorks
Length Unit	Meters
Element Control	Program Controlled
Display Style	Body Color
Bounding Box	
Length X	0,5665 m
Length Y	0,1484 m
Length Z	4,3481e-002 m
Properties	
Volume	1,3723e-003 m ³
Mass	3,7092 kg
Scale Factor Value	1,
Statistics	
Bodies	1
Active Bodies	1
Nodes	7750
Elements	3963

Mesh Metric	None
Basic Geometry Options	
Solid Bodies	Yes
Surface Bodies	Yes
Line Bodies	No
Parameters	Yes
Parameter Key	DS
Attributes	No
Named Selections	No
Material Properties	No
Advanced Geometry Options	
Use Associativity	Yes
Coordinate Systems	No
Reader Mode Saves Updated File	No
Use Instances	Yes
Smart CAD Update	No
Attach File Via Temp File	Yes
Temporary Directory	C:\Users\Labora3\AppData\Local\Temp
Analysis Type	3-D
Mixed Import Resolution	None
Decompose Disjoint Faces	Yes
Enclosure and Symmetry Processing	Yes

TABLE 3
Model (B4) > Geometry > Parts

Object Name	<i>Barra superior</i>
State	Meshed
Graphics Properties	
Visible	Yes
Transparency	1
Definition	
Suppressed	No
Stiffness Behavior	Flexible
Coordinate System	Default Coordinate System
Reference Temperature	By Environment
Material	
Assignment	AL 6061-T6
Nonlinear Effects	Yes
Thermal Strain Effects	Yes
Bounding Box	
Length X	0,5665 m
Length Y	0,1484 m
Length Z	4,3481e-002 m
Properties	
Volume	1,3723e-003 m ³
Mass	3,7092 kg
Centroid X	-0,26705 m
Centroid Y	-1,1964e-003 m
Centroid Z	-2,8107e-004 m
Moment of Inertia Ip1	2,5985e-003 kg·m ²
Moment of Inertia Ip2	8,6459e-002 kg·m ²
Moment of Inertia Ip3	8,8422e-002 kg·m ²
Statistics	
Nodes	7750
Elements	3963
Mesh Metric	None

Coordinate Systems

TABLE 4
Model (B4) > Coordinate Systems > Coordinate System

Object Name	<i>Global Coordinate System</i>
State	Fully Defined
Definition	
Type	Cartesian
Coordinate System ID	0,
Origin	
Origin X	0, m
Origin Y	0, m
Origin Z	0, m
Directional Vectors	
X Axis Data	[1, 0, 0,]
Y Axis Data	[0, 1, 0,]
Z Axis Data	[0, 0, 1,]

Mesh

TABLE 5
Model (B4) > Mesh

Object Name	<i>Mesh</i>
State	Solved
Defaults	
Physics Preference	Mechanical
Relevance	0
Sizing	
Use Advanced Size Function	Off
Relevance Center	Coarse
Element Size	Default
Initial Size Seed	Active Assembly
Smoothing	Medium
Transition	Fast
Span Angle Center	Coarse
Minimum Edge Length	4,e-003 m
Inflation	
Use Automatic Inflation	None
Inflation Option	Smooth Transition
Transition Ratio	0,272
Maximum Layers	5
Growth Rate	1,2
Inflation Algorithm	Pre
View Advanced Options	No
Patch Conforming Options	
Triangle Surface Mesher	Program Controlled
Advanced	
Shape Checking	Standard Mechanical
Element Midside Nodes	Program Controlled
Straight Sided Elements	No
Number of Retries	Default (4)
Extra Retries For Assembly	Yes
Rigid Body Behavior	Dimensionally Reduced
Mesh Morphing	Disabled
Defeaturing	
Pinch Tolerance	Please Define

Generate Pinch on Refresh	No
Automatic Mesh Based Defeaturing	On
Defeaturing Tolerance	Default
Statistics	
Nodes	7750
Elements	3963
Mesh Metric	None

Static Structural (B5)

TABLE 6
Model (B4) > Analysis

Object Name	<i>Static Structural (B5)</i>
State	Solved
Definition	
Physics Type	Structural
Analysis Type	Static Structural
Solver Target	Mechanical APDL
Options	
Environment Temperature	22, °C
Generate Input Only	No

TABLE 7
Model (B4) > Static Structural (B5) > Analysis Settings

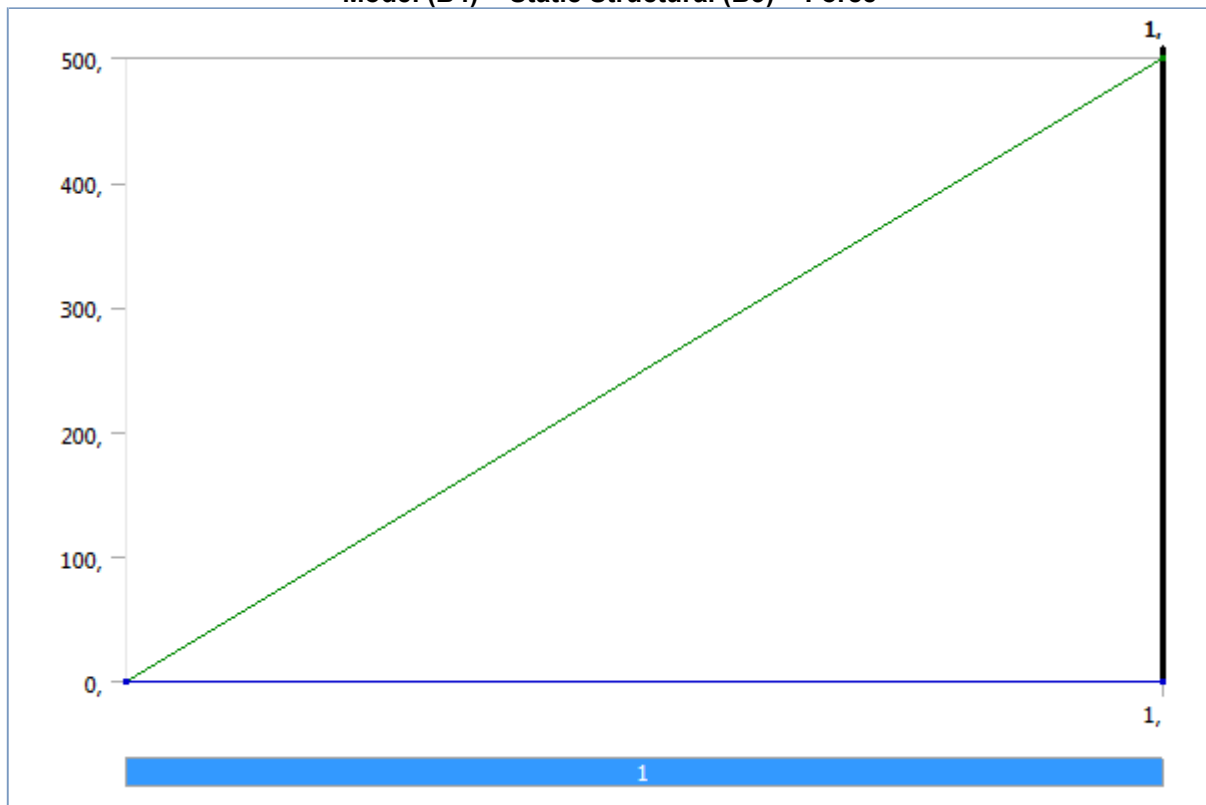
Object Name	<i>Analysis Settings</i>
State	Fully Defined
Step Controls	
Number Of Steps	1,
Current Step Number	1,
Step End Time	1, s
Auto Time Stepping	Program Controlled
Solver Controls	
Solver Type	Program Controlled
Weak Springs	Program Controlled
Large Deflection	Off
Inertia Relief	Off
Restart Controls	
Generate Restart Points	Program Controlled
Retain Files After Full Solve	No
Nonlinear Controls	
Force Convergence	Program Controlled
Moment Convergence	Program Controlled
Displacement Convergence	Program Controlled
Rotation Convergence	Program Controlled
Line Search	Program Controlled
Stabilization	Off
Output Controls	
Stress	Yes
Strain	Yes
Nodal Forces	No
Contact Miscellaneous	No
General Miscellaneous	No
Calculate Results At	All Time Points

Max Number of Result Sets	Program Controlled
Analysis Data Management	
Solver Files Directory	C:\Users\Labora3\AppData\Local\Temp\WB_OFITEC04_3740_2 \unsaved_project_files\dp0\SYS\MECH\
Future Analysis	None
Scratch Solver Files Directory	
Save MAPDL db	No
Delete Unneeded Files	Yes
Nonlinear Solution	No
Solver Units	Active System
Solver Unit System	mks

TABLE 8
Model (B4) > Static Structural (B5) > Loads

Object Name	<i>Fixed Support</i>	<i>Force</i>
State	Fully Defined	
Scope		
Scoping Method	Geometry Selection	
Geometry	1 Face	
Definition		
Type	Fixed Support	Force
Suppressed	No	
Define By		Components
Coordinate System		Global Coordinate System
X Component		0, N (ramped)
Y Component		500, N (ramped)
Z Component		0, N (ramped)

FIGURE 1
Model (B4) > Static Structural (B5) > Force



Solution (B6)

TABLE 9
Model (B4) > Static Structural (B5) > Solution

Object Name	<i>Solution (B6)</i>
State	Solved
Adaptive Mesh Refinement	
Max Refinement Loops	1,
Refinement Depth	2,
Information	
Status	Done

TABLE 10
Model (B4) > Static Structural (B5) > Solution (B6) > Solution Information

Object Name	<i>Solution Information</i>
State	Solved
Solution Information	
Solution Output	Solver Output
Newton-Raphson Residuals	0
Update Interval	2,5 s
Display Points	All
FE Connection Visibility	
Activate Visibility	Yes
Display	All FE Connectors
Draw Connections Attached To	All Nodes
Line Color	Connection Type
Visible on Results	No
Line Thickness	Single
Display Type	Lines

TABLE 11
Model (B4) > Static Structural (B5) > Solution (B6) > Results

Object Name	<i>Total Deformation</i>	<i>Equivalent Stress</i>
State	Solved	
Scope		
Scoping Method	Geometry Selection	
Geometry	All Bodies	
Definition		
Type	Total Deformation	Equivalent (von-Mises) Stress
By	Time	
Display Time	Last	
Calculate Time History	Yes	
Identifier		
Suppressed	No	
Results		
Minimum	0, m	55,697 Pa
Maximum	2,9282e-004 m	1,3494e+007 Pa
Information		
Time	1, s	
Load Step	1	
Substep	1	
Iteration Number	1	
Integration Point Results		
Display Option	Averaged	

Material Data

AL 6061-T6

TABLE 12
AL 6061-T6 > Constants

Density	2703, kg m ⁻³
Specific Heat	885, J kg ⁻¹ C ⁻¹

TABLE 13
AL 6061-T6 > Shock EOS Linear

Gruneisen Coefficient	Parameter C1 m s ⁻¹	Parameter S1	Parameter Quadratic S2 s m ⁻¹
1,97	5240,	1,4	0,

TABLE 14
AL 6061-T6 > Steinberg Guinan Strength

Initial Yield Stress Y Pa	Maximum Yield Stress Ymax Pa	Hardening Constant B	Hardening Exponent n	Derivative dG/dP G'P	Derivative dG/dT G'T Pa C ⁻¹	Derivative dY/dP Y'P	Melting Temperature Tmelt C
2,9e+008	6,8e+008	125,	0,1	1,8	-1,7e+007	1,8908e-002	946,85

TABLE 15
AL 6061-T6 > Shear Modulus

Shear Modulus Pa
2,76e+010

TABLE 16
AL 6061-T6 > Isotropic Elasticity

Temperature C	Young's Modulus Pa	Poisson's Ratio	Bulk Modulus Pa	Shear Modulus Pa
	6,95e+010	0,33	6,8137e+010	2,6128e+010

Equivalent Stress

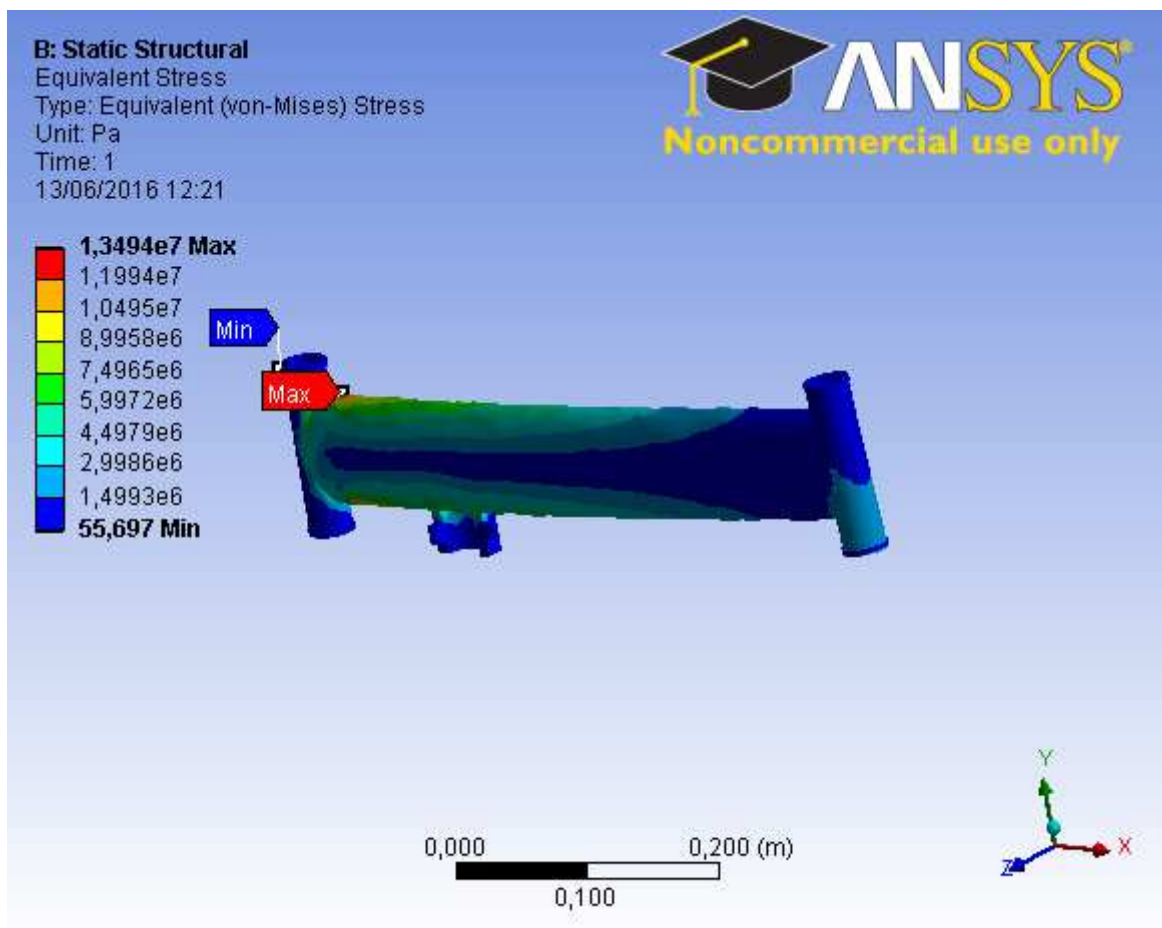
Subject:

Author:

Prepared For:

Date Monday, June 13, 2016

Comments:



Total Deformation

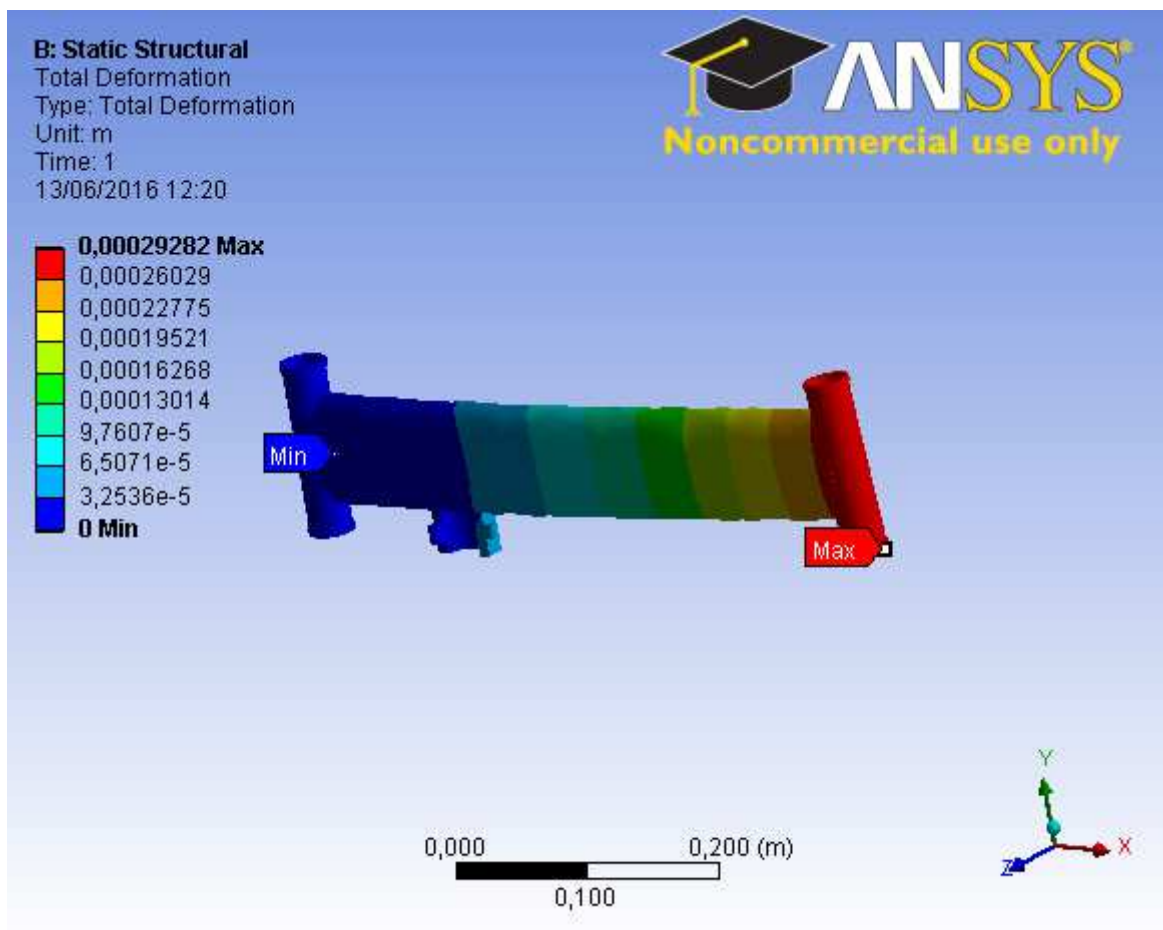
Subject:

Author:

Prepared For:

Date Monday, June 13, 2016

Comments:



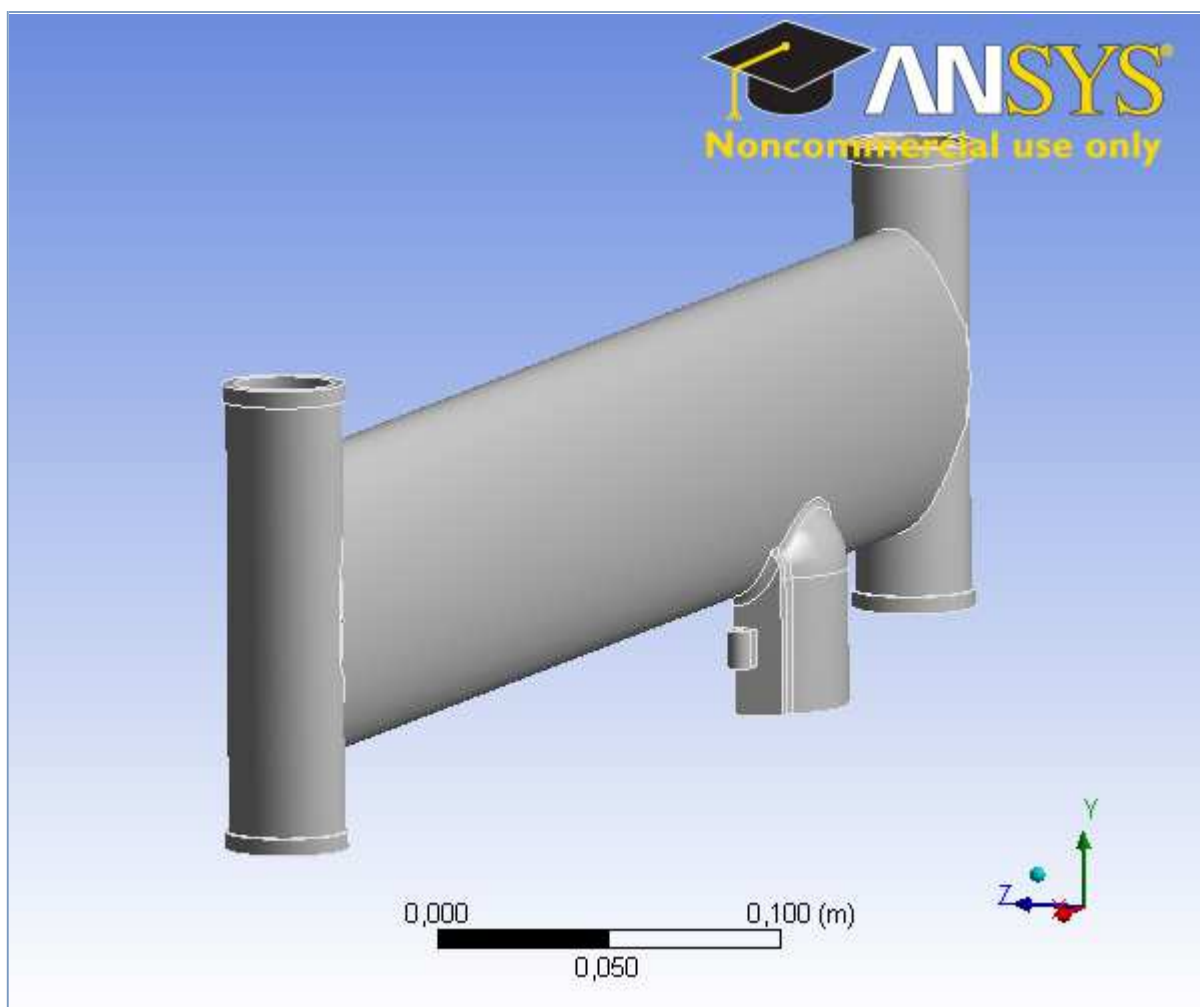
Segundo análisis.

Análisis de las fuerzas y deformaciones que genera un impacto de 60 kg en la zona del cierre de la barra superior a través de una fuerza normal a la zona en que apoyaría la barra del bastidor.



Project

First Saved	Tuesday, June 14, 2016
Last Saved	Tuesday, June 14, 2016
Product Version	14.0 Release
Save Project Before Solution	No
Save Project After Solution	No



Contents

- [Units](#)
- [Model \(B4\)](#)
 - [Geometry](#)
 - [Barra superior](#)
 - [Coordinate Systems](#)
 - [Mesh](#)
 - [Refinement](#)
 - [Static Structural \(B5\)](#)
 - [Analysis Settings](#)
 - [Loads](#)
 - [Solution \(B6\)](#)
 - [Solution Information](#)
 - [Results](#)
- [Material Data](#)
 - [AL 6061-T6](#)

Units

TABLE 1

Unit System	Metric (m, kg, N, s, V, A) Degrees rad/s Celsius
Angle	Degrees
Rotational Velocity	rad/s
Temperature	Celsius

Model (B4)

Geometry

TABLE 2
Model (B4) > Geometry

Object Name	<i>Geometry</i>
State	Fully Defined
Definition	
Source	C:\Users\Labora3\Desktop\Rediseño\Barra superior.SLDPRT
Type	SolidWorks
Length Unit	Meters
Element Control	Program Controlled
Display Style	Body Color
Bounding Box	
Length X	0,5665 m
Length Y	0,1484 m
Length Z	4,3493e-002 m
Properties	
Volume	1,3724e-003 m ³
Mass	3,7095 kg
Scale Factor Value	1,
Statistics	
Bodies	1
Active Bodies	1
Nodes	11045

Elements	6015
Mesh Metric	None
Basic Geometry Options	
Solid Bodies	Yes
Surface Bodies	Yes
Line Bodies	No
Parameters	Yes
Parameter Key	DS
Attributes	No
Named Selections	No
Material Properties	No
Advanced Geometry Options	
Use Associativity	Yes
Coordinate Systems	No
Reader Mode Saves Updated File	No
Use Instances	Yes
Smart CAD Update	No
Attach File Via Temp File	Yes
Temporary Directory	C:\Users\Labora3\AppData\Local\Temp
Analysis Type	3-D
Mixed Import Resolution	None
Decompose Disjoint Faces	Yes
Enclosure and Symmetry Processing	Yes

TABLE 3
Model (B4) > Geometry > Parts

Object Name	<i>Barra superior</i>
State	Meshed
Graphics Properties	
Visible	Yes
Transparency	1
Definition	
Suppressed	No
Stiffness Behavior	Flexible
Coordinate System	Default Coordinate System
Reference Temperature	By Environment
Material	
Assignment	AL 6061-T6
Nonlinear Effects	Yes
Thermal Strain Effects	Yes
Bounding Box	
Length X	0,5665 m
Length Y	0,1484 m
Length Z	4,3493e-002 m
Properties	
Volume	1,3724e-003 m ³
Mass	3,7095 kg
Centroid X	-0,26708 m
Centroid Y	-1,2058e-003 m
Centroid Z	-2,8417e-004 m
Moment of Inertia Ip1	2,6001e-003 kg·m ²
Moment of Inertia Ip2	8,6471e-002 kg·m ²
Moment of Inertia Ip3	8,8435e-002 kg·m ²
Statistics	
Nodes	11045
Elements	6015

Mesh Metric	None
-------------	------

Coordinate Systems

TABLE 4
Model (B4) > Coordinate Systems > Coordinate System

Object Name	<i>Global Coordinate System</i>
State	Fully Defined
Definition	
Type	Cartesian
Coordinate System ID	0,
Origin	
Origin X	0, m
Origin Y	0, m
Origin Z	0, m
Directional Vectors	
X Axis Data	[1, 0, 0,]
Y Axis Data	[0, 1, 0,]
Z Axis Data	[0, 0, 1,]

Mesh

TABLE 5
Model (B4) > Mesh

Object Name	<i>Mesh</i>
State	Solved
Defaults	
Physics Preference	Mechanical
Relevance	0
Sizing	
Use Advanced Size Function	Off
Relevance Center	Coarse
Element Size	Default
Initial Size Seed	Active Assembly
Smoothing	Medium
Transition	Fast
Span Angle Center	Coarse
Minimum Edge Length	2,5041e-003 m
Inflation	
Use Automatic Inflation	None
Inflation Option	Smooth Transition
Transition Ratio	0,272
Maximum Layers	5
Growth Rate	1,2
Inflation Algorithm	Pre
View Advanced Options	No
Patch Conforming Options	
Triangle Surface Mesher	Program Controlled
Advanced	
Shape Checking	Standard Mechanical
Element Midside Nodes	Program Controlled
Straight Sided Elements	No
Number of Retries	Default (4)
Extra Retries For Assembly	Yes
Rigid Body Behavior	Dimensionally Reduced
Mesh Morphing	Disabled

Defeaturing	
Pinch Tolerance	Please Define
Generate Pinch on Refresh	No
Automatic Mesh Based Defeaturing	On
Defeaturing Tolerance	Default
Statistics	
Nodes	11045
Elements	6015
Mesh Metric	None

TABLE 6
Model (B4) > Mesh > Mesh Controls

Object Name	<i>Refinement</i>
State	Fully Defined
Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Face
Definition	
Suppressed	No
Refinement	1

Static Structural (B5)

TABLE 7
Model (B4) > Analysis

Object Name	<i>Static Structural (B5)</i>
State	Solved
Definition	
Physics Type	Structural
Analysis Type	Static Structural
Solver Target	Mechanical APDL
Options	
Environment Temperature	22, °C
Generate Input Only	No

TABLE 8
Model (B4) > Static Structural (B5) > Analysis Settings

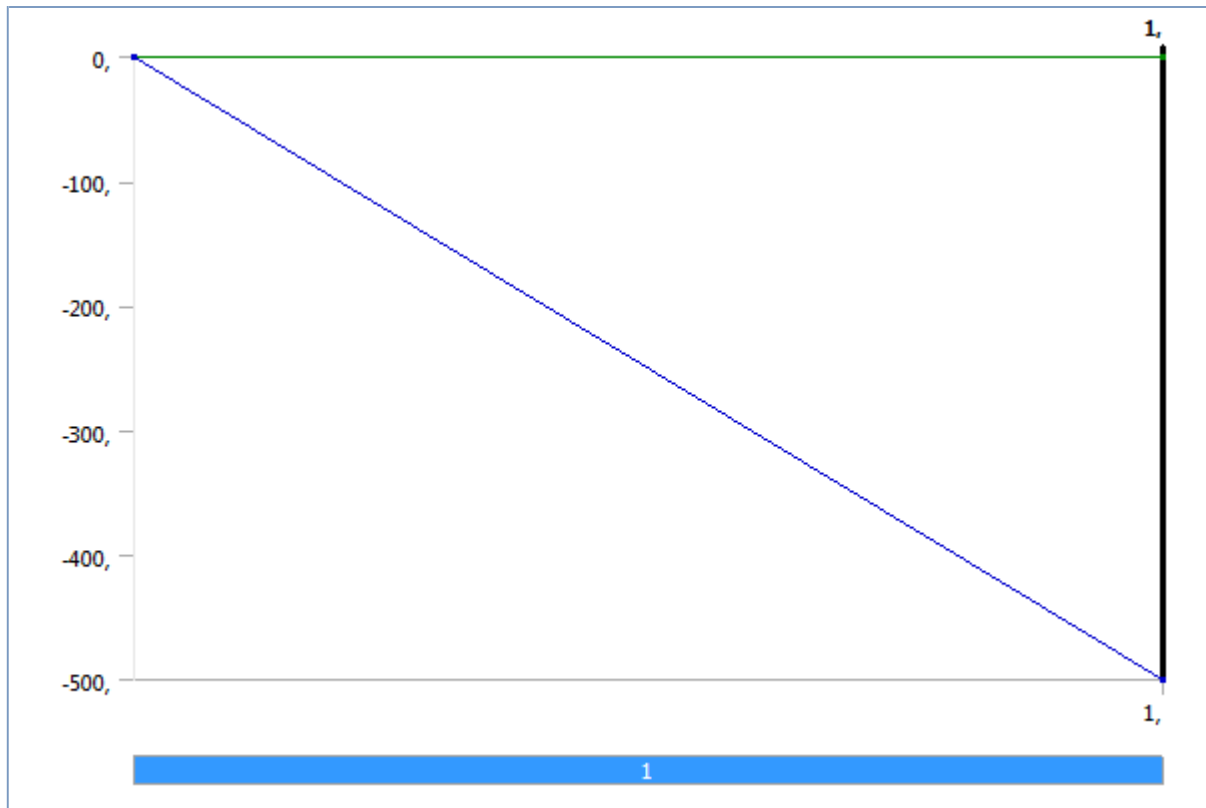
Object Name	<i>Analysis Settings</i>
State	Fully Defined
Step Controls	
Number Of Steps	1,
Current Step Number	1,
Step End Time	1, s
Auto Time Stepping	Program Controlled
Solver Controls	
Solver Type	Program Controlled
Weak Springs	Program Controlled
Large Deflection	Off
Inertia Relief	Off
Restart Controls	
Generate Restart Points	Program Controlled
Retain Files After Full Solve	No
Nonlinear Controls	
Force Convergence	Program Controlled
Moment Convergence	Program Controlled

Displacement Convergence	Program Controlled
Rotation Convergence	Program Controlled
Line Search	Program Controlled
Stabilization	Off
Output Controls	
Stress	Yes
Strain	Yes
Nodal Forces	No
Contact Miscellaneous	No
General Miscellaneous	No
Calculate Results At	All Time Points
Max Number of Result Sets	Program Controlled
Analysis Data Management	
Solver Files Directory	C:\Users\Labora3\Desktop\Impacto pieza cierre\impacto pieza cierre_files\dp0\SYSMECH\
Future Analysis	None
Scratch Solver Files Directory	
Save MAPDL db	No
Delete Unneeded Files	Yes
Nonlinear Solution	No
Solver Units	Active System
Solver Unit System	mks

TABLE 9
Model (B4) > Static Structural (B5) > Loads

Object Name	<i>Fixed Support 2</i>	<i>Fixed Support</i>	<i>Force</i>
State	Fully Defined		
Scope			
Scoping Method	Geometry Selection		
Geometry	1 Face		
Definition			
Type	Fixed Support	Force	
Suppressed	No		
Define By	Components		
Coordinate System	Global Coordinate System		
X Component	0, N (ramped)		
Y Component	0, N (ramped)		
Z Component	-500, N (ramped)		

FIGURE 1
Model (B4) > Static Structural (B5) > Force



Solution (B6)

TABLE 10
Model (B4) > Static Structural (B5) > Solution

Object Name	<i>Solution (B6)</i>
State	Solved
Adaptive Mesh Refinement	
Max Refinement Loops	1,
Refinement Depth	2,
Information	
Status	Done

TABLE 11
Model (B4) > Static Structural (B5) > Solution (B6) > Solution Information

Object Name	<i>Solution Information</i>
State	Solved
Solution Information	
Solution Output	Solver Output
Newton-Raphson Residuals	0
Update Interval	2,5 s
Display Points	All
FE Connection Visibility	
Activate Visibility	Yes
Display	All FE Connectors
Draw Connections Attached To	All Nodes
Line Color	Connection Type
Visible on Results	No
Line Thickness	Single
Display Type	Lines

TABLE 12
Model (B4) > Static Structural (B5) > Solution (B6) > Results

Object Name	Total Deformation	Equivalent Stress
State	Solved	
Scope		
Scoping Method	Geometry Selection	
Geometry	All Bodies	
Definition		
Type	Total Deformation	Equivalent (von-Mises) Stress
By	Time	
Display Time	Last	
Calculate Time History	Yes	
Identifier		
Suppressed	No	
Results		
Minimum	0, m	4,728 Pa
Maximum	2,927e-005 m	1,1942e+007 Pa
Information		
Time	1, s	
Load Step	1	
Substep	1	
Iteration Number	1	
Integration Point Results		
Display Option	Averaged	

Material Data

AL 6061-T6

TABLE 13
AL 6061-T6 > Constants

Density	2703, kg m ⁻³
Specific Heat	885, J kg ⁻¹ C ⁻¹

TABLE 14
AL 6061-T6 > Shock EOS Linear

Gruneisen Coefficient	Parameter C1 m s ⁻¹	Parameter S1	Parameter Quadratic S2 s m ⁻¹
1,97	5240,	1,4	0,

TABLE 15
AL 6061-T6 > Steinberg Guinan Strength

Initial Yield Stress Y Pa	Maximum Yield Stress Ymax Pa	Hardening Constant B	Hardening Exponent n	Derivative dG/dP G'P	Derivative dG/dT G'T Pa C ⁻¹	Derivative dY/dP Y'P	Melting Temperature Tmelt C
2,9e+008	6,8e+008	125,	0,1	1,8	-1,7e+007	1,8908e-002	946,85

TABLE 16
AL 6061-T6 > Shear Modulus

Shear Modulus Pa
2,76e+010

TABLE 17
AL 6061-T6 > Isotropic Elasticity

Temperature C	Young's Modulus Pa	Poisson's Ratio	Bulk Modulus Pa	Shear Modulus Pa
	6,95e+010	0,33	6,8137e+010	2,6128e+010

Equivalent Stress

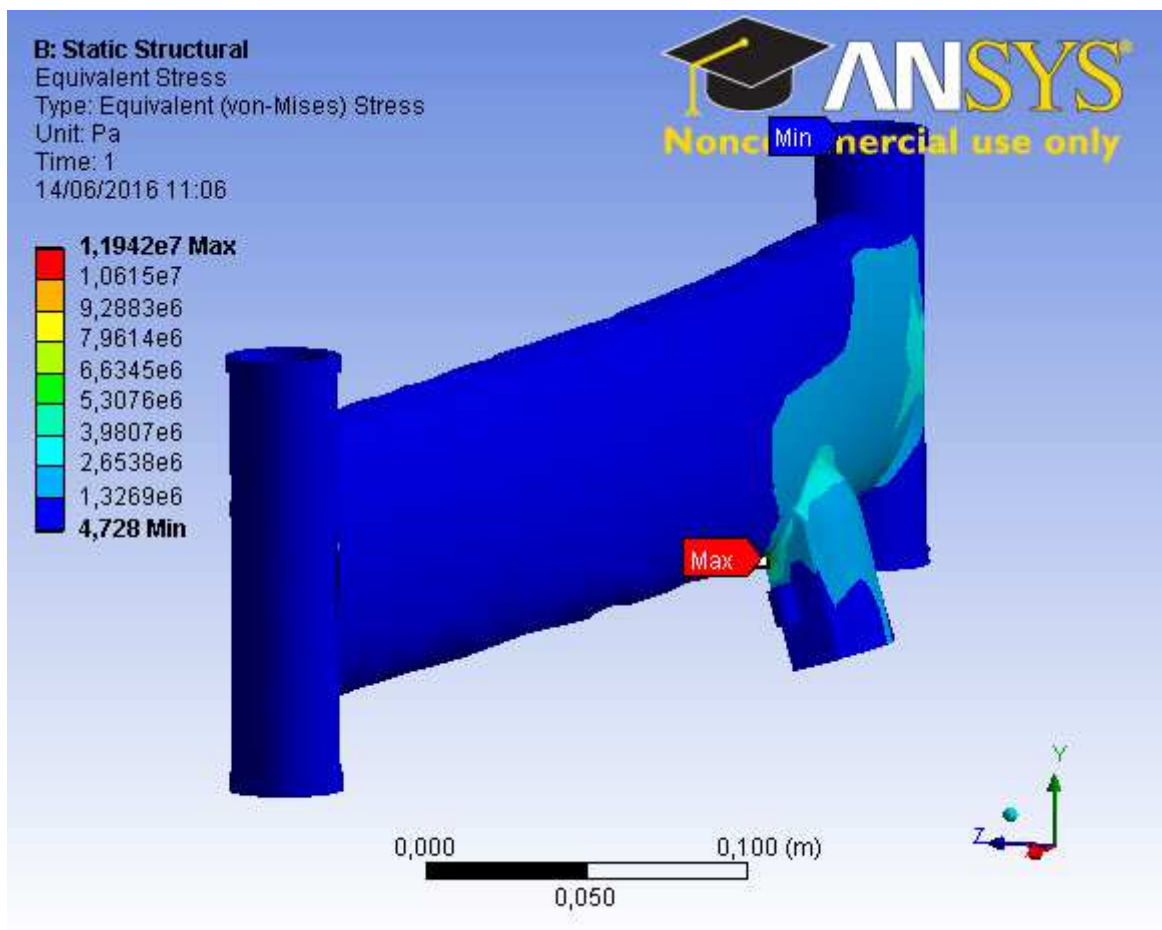
Subject:

Author:

Prepared For:

Date Tuesday, June 14, 2016

Comments:



Total Deformation

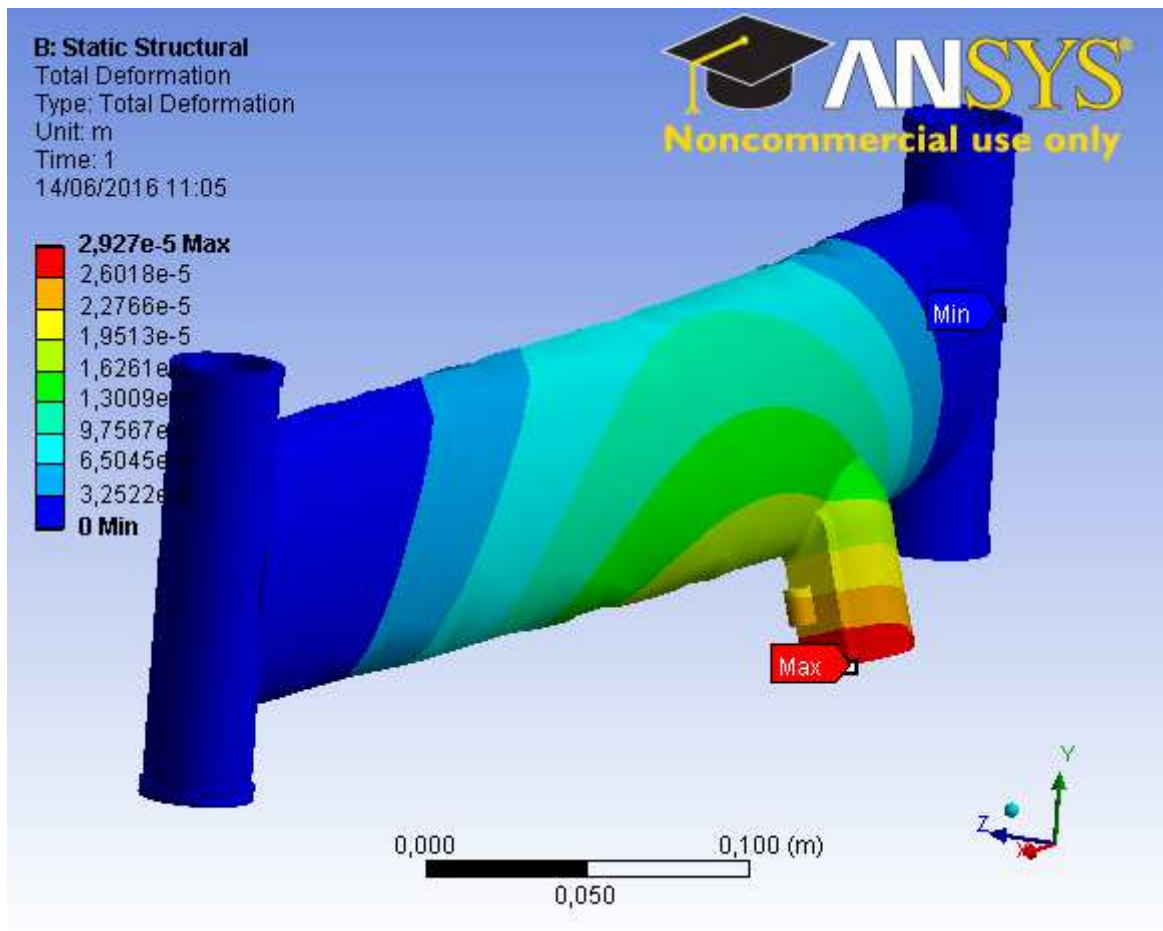
Subject:

Author:

Prepared For:

Date Tuesday, June 14, 2016

Comments:



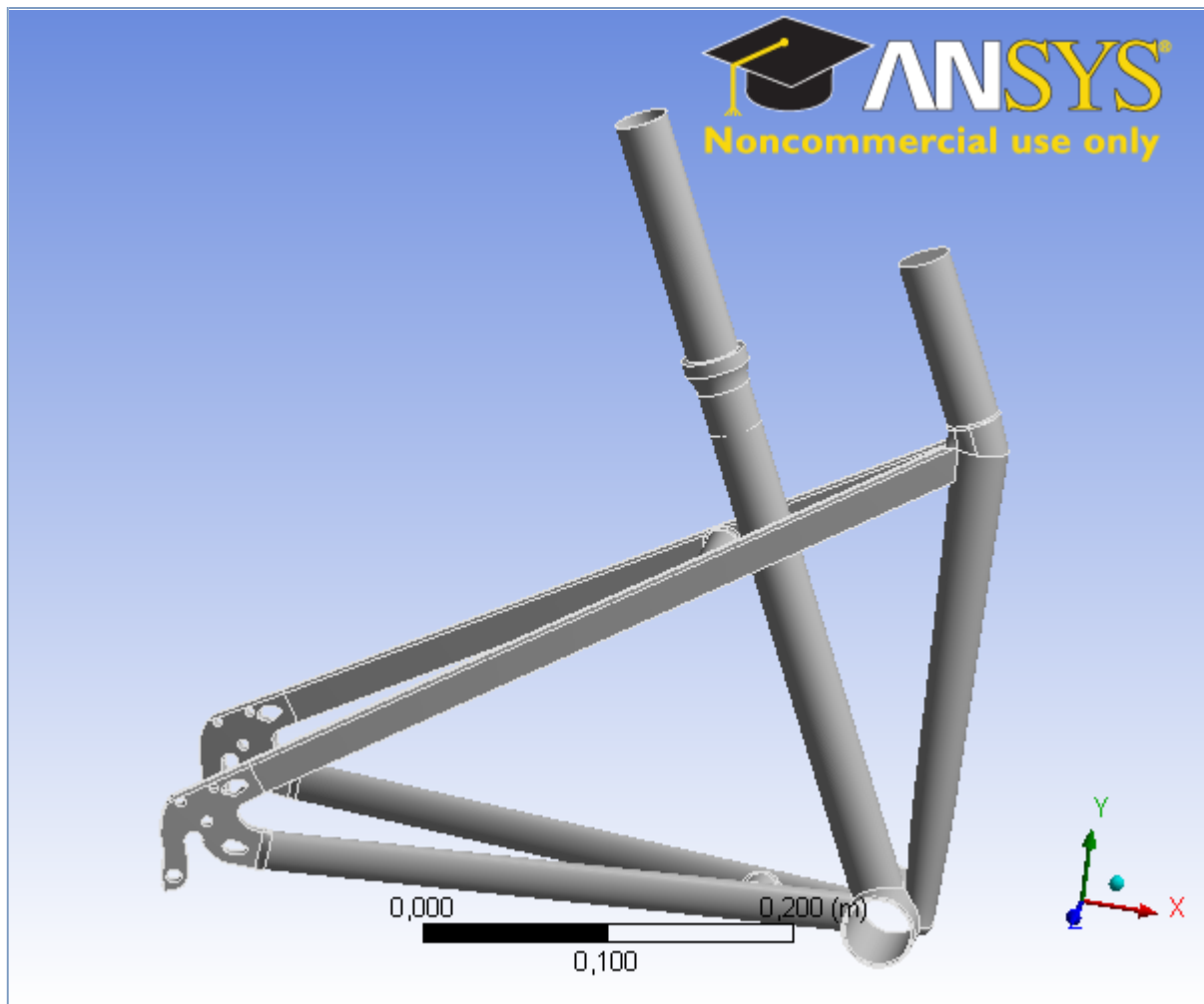
Tercer análisis.

Análisis de las fuerzas y deformaciones que genera un impacto de 100 kg en el bastidor de la rueda trasera a través de un golpe en la rueda.



Project

First Saved	Monday, June 13, 2016
Last Saved	Monday, June 13, 2016
Product Version	14.0 Release
Save Project Before Solution	No
Save Project After Solution	No



Contents

- [Units](#)
- [Model \(B4\)](#)
 - [Geometry](#)
 - [Bastidor barras rectas](#)
 - [Coordinate Systems](#)
 - [Mesh](#)
 - [Static Structural \(B5\)](#)
 - [Analysis Settings](#)
 - [Loads](#)
 - [Solution \(B6\)](#)
 - [Solution Information](#)
 - [Results](#)
- [Material Data](#)
 - [AL 6061-T6](#)

Units

TABLE 1

Unit System	Metric (m, kg, N, s, V, A) Degrees rad/s Celsius
Angle	Degrees
Rotational Velocity	rad/s
Temperature	Celsius

Model (B4)

Geometry

TABLE 2
Model (B4) > Geometry

Object Name	<i>Geometry</i>
State	Fully Defined
Definition	
Source	C:\Users\Labora3\Desktop\Rediseño\Bastidor barras rectas.SLDPRT
Type	SolidWorks
Length Unit	Meters
Element Control	Program Controlled
Display Style	Body Color
Bounding Box	
Length X	0,42297 m
Length Y	0,45847 m
Length Z	0,15822 m
Properties	
Volume	7,1481e-004 m ³
Mass	1,9321 kg
Scale Factor Value	1,
Statistics	
Bodies	1
Active Bodies	1
Nodes	31294
Elements	16008

Mesh Metric	None
Basic Geometry Options	
Solid Bodies	Yes
Surface Bodies	Yes
Line Bodies	No
Parameters	Yes
Parameter Key	DS
Attributes	No
Named Selections	No
Material Properties	No
Advanced Geometry Options	
Use Associativity	Yes
Coordinate Systems	No
Reader Mode Saves Updated File	No
Use Instances	Yes
Smart CAD Update	No
Attach File Via Temp File	Yes
Temporary Directory	C:\Users\Labora3\AppData\Local\Temp
Analysis Type	3-D
Mixed Import Resolution	None
Decompose Disjoint Faces	Yes
Enclosure and Symmetry Processing	Yes

TABLE 3
Model (B4) > Geometry > Parts

Object Name	<i>Bastidor barras rectas</i>
State	Meshed
Graphics Properties	
Visible	Yes
Transparency	1
Definition	
Suppressed	No
Stiffness Behavior	Flexible
Coordinate System	Default Coordinate System
Reference Temperature	By Environment
Material	
Assignment	AL 6061-T6
Nonlinear Effects	Yes
Thermal Strain Effects	Yes
Bounding Box	
Length X	0,42297 m
Length Y	0,45847 m
Length Z	0,15822 m
Properties	
Volume	7,1481e-004 m ³
Mass	1,9321 kg
Centroid X	-9,355e-002 m
Centroid Y	0,16251 m
Centroid Z	5,9052e-006 m
Moment of Inertia Ip1	1,487e-002 kg·m ²
Moment of Inertia Ip2	3,5451e-002 kg·m ²
Moment of Inertia Ip3	4,7301e-002 kg·m ²
Statistics	
Nodes	31294
Elements	16008
Mesh Metric	None

Coordinate Systems

TABLE 4
Model (B4) > Coordinate Systems > Coordinate System

Object Name	<i>Global Coordinate System</i>
State	Fully Defined
Definition	
Type	Cartesian
Coordinate System ID	0,
Origin	
Origin X	0, m
Origin Y	0, m
Origin Z	0, m
Directional Vectors	
X Axis Data	[1, 0, 0,]
Y Axis Data	[0, 1, 0,]
Z Axis Data	[0, 0, 1,]

Mesh

TABLE 5
Model (B4) > Mesh

Object Name	<i>Mesh</i>
State	Solved
Defaults	
Physics Preference	Mechanical
Relevance	0
Sizing	
Use Advanced Size Function	Off
Relevance Center	Coarse
Element Size	Default
Initial Size Seed	Active Assembly
Smoothing	Medium
Transition	Fast
Span Angle Center	Coarse
Minimum Edge Length	1,6013e-007 m
Inflation	
Use Automatic Inflation	None
Inflation Option	Smooth Transition
Transition Ratio	0,272
Maximum Layers	5
Growth Rate	1,2
Inflation Algorithm	Pre
View Advanced Options	No
Patch Conforming Options	
Triangle Surface Mesher	Program Controlled
Advanced	
Shape Checking	Standard Mechanical
Element Midside Nodes	Program Controlled
Straight Sided Elements	No
Number of Retries	Default (4)
Extra Retries For Assembly	Yes
Rigid Body Behavior	Dimensionally Reduced
Mesh Morphing	Disabled
Defeaturing	
Pinch Tolerance	Please Define

Generate Pinch on Refresh	No
Automatic Mesh Based Defeaturing	On
Defeaturing Tolerance	Default
Statistics	
Nodes	31294
Elements	16008
Mesh Metric	None

Static Structural (B5)

TABLE 6
Model (B4) > Analysis

Object Name	<i>Static Structural (B5)</i>
State	Solved
Definition	
Physics Type	Structural
Analysis Type	Static Structural
Solver Target	Mechanical APDL
Options	
Environment Temperature	22, °C
Generate Input Only	No

TABLE 7
Model (B4) > Static Structural (B5) > Analysis Settings

Object Name	<i>Analysis Settings</i>
State	Fully Defined
Step Controls	
Number Of Steps	1,
Current Step Number	1,
Step End Time	1, s
Auto Time Stepping	Program Controlled
Solver Controls	
Solver Type	Program Controlled
Weak Springs	Program Controlled
Large Deflection	Off
Inertia Relief	Off
Restart Controls	
Generate Restart Points	Program Controlled
Retain Files After Full Solve	No
Nonlinear Controls	
Force Convergence	Program Controlled
Moment Convergence	Program Controlled
Displacement Convergence	Program Controlled
Rotation Convergence	Program Controlled
Line Search	Program Controlled
Stabilization	Off
Output Controls	
Stress	Yes
Strain	Yes
Nodal Forces	No
Contact Miscellaneous	No
General Miscellaneous	No
Calculate Results At	All Time Points
Max Number of Result Sets	Program Controlled
Analysis Data Management	
Solver Files Directory	C:\Users\Labora3\Desktop\Rueda trasera AI 6061 T6_files\dp0\SYS\MECH\

Future Analysis	None
Scratch Solver Files Directory	
Save MAPDL db	No
Delete Unneeded Files	Yes
Nonlinear Solution	No
Solver Units	Active System
Solver Unit System	mks

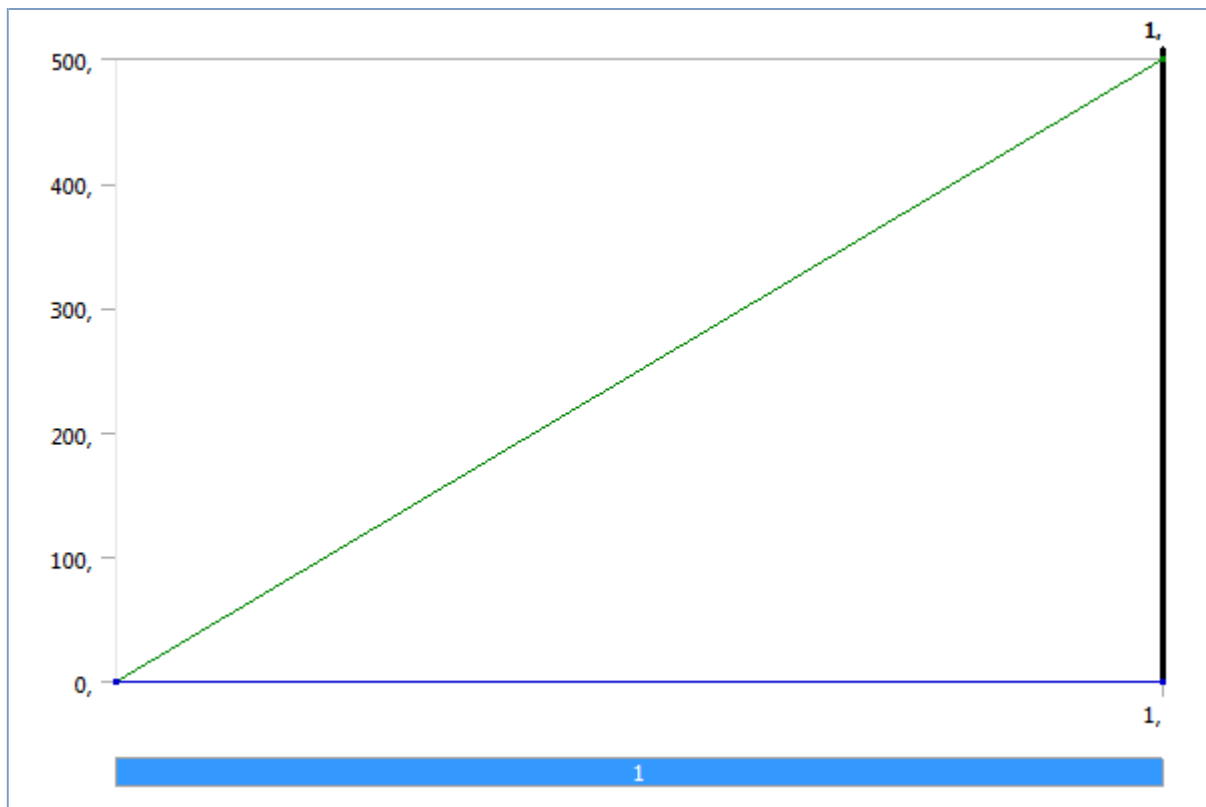
TABLE 8
Model (B4) > Static Structural (B5) > Loads

Object Name	<i>Fixed Support</i>	<i>Force</i>	<i>Force 2</i>
State	Fully Defined		
Scope			
Scoping Method	Geometry Selection		
Geometry	1 Face		
Definition			
Type	Fixed Support	Force	
Suppressed	No		
Define By		Components	
Coordinate System		Global Coordinate System	
X Component		0, N (ramped)	
Y Component		500, N (ramped)	
Z Component		0, N (ramped)	

FIGURE 1
Model (B4) > Static Structural (B5) > Force



FIGURE 2
Model (B4) > Static Structural (B5) > Force 2



Solution (B6)

TABLE 9
Model (B4) > Static Structural (B5) > Solution

Object Name	<i>Solution (B6)</i>
State	Solved
Adaptive Mesh Refinement	
Max Refinement Loops	1,
Refinement Depth	2,
Information	
Status	Done

TABLE 10
Model (B4) > Static Structural (B5) > Solution (B6) > Solution Information

Object Name	<i>Solution Information</i>
State	Solved
Solution Information	
Solution Output	Solver Output
Newton-Raphson Residuals	0
Update Interval	2,5 s
Display Points	All
FE Connection Visibility	
Activate Visibility	Yes
Display	All FE Connectors
Draw Connections Attached To	All Nodes
Line Color	Connection Type
Visible on Results	No
Line Thickness	Single
Display Type	Lines

TABLE 11
Model (B4) > Static Structural (B5) > Solution (B6) > Results

Object Name	<i>Equivalent Stress</i>		<i>Total Deformation</i>
State	Solved		
Scope			
Scoping Method	Geometry Selection		
Geometry	All Bodies		
Definition			
Type	Equivalent (von-Mises) Stress	Total Deformation	
By	Time		
Display Time	Last		
Calculate Time History	Yes		
Identifier			
Suppressed	No		
Integration Point Results			
Display Option	Averaged		
Results			
Minimum	1,119e-004 Pa	0, m	
Maximum	8,7071e+008 Pa	4,3511e-002 m	
Information			
Time	1, s		
Load Step	1		
Substep	1		
Iteration Number	1		

Material Data

AL 6061-T6

TABLE 12
AL 6061-T6 > Constants

Density	2703, kg m ⁻³
Specific Heat	885, J kg ⁻¹ C ⁻¹

TABLE 13
AL 6061-T6 > Shock EOS Linear

Gruneisen Coefficient	Parameter C1 m s ⁻¹	Parameter S1	Parameter Quadratic S2 s m ⁻¹
1,97	5240,	1,4	0,

TABLE 14
AL 6061-T6 > Steinberg Guinan Strength

Initial Yield Stress Y Pa	Maximum Yield Stress Ymax Pa	Hardening Constant B	Hardening Exponent n	Derivative dG/dP G'P	Derivative dG/dT G'T Pa C ⁻¹	Derivative dY/dP Y'P	Melting Temperature Tmelt C
2,9e+008	6,8e+008	125,	0,1	1,8	-1,7e+007	1,8908e-002	946,85

TABLE 15
AL 6061-T6 > Shear Modulus

Shear Modulus Pa
2,76e+010

TABLE 16
AL 6061-T6 > Isotropic Elasticity

Temperature C	Young's Modulus Pa	Poisson's Ratio	Bulk Modulus Pa	Shear Modulus Pa
	6,95e+010	0,33	6,8137e+010	2,6128e+010

Equivalent Stress

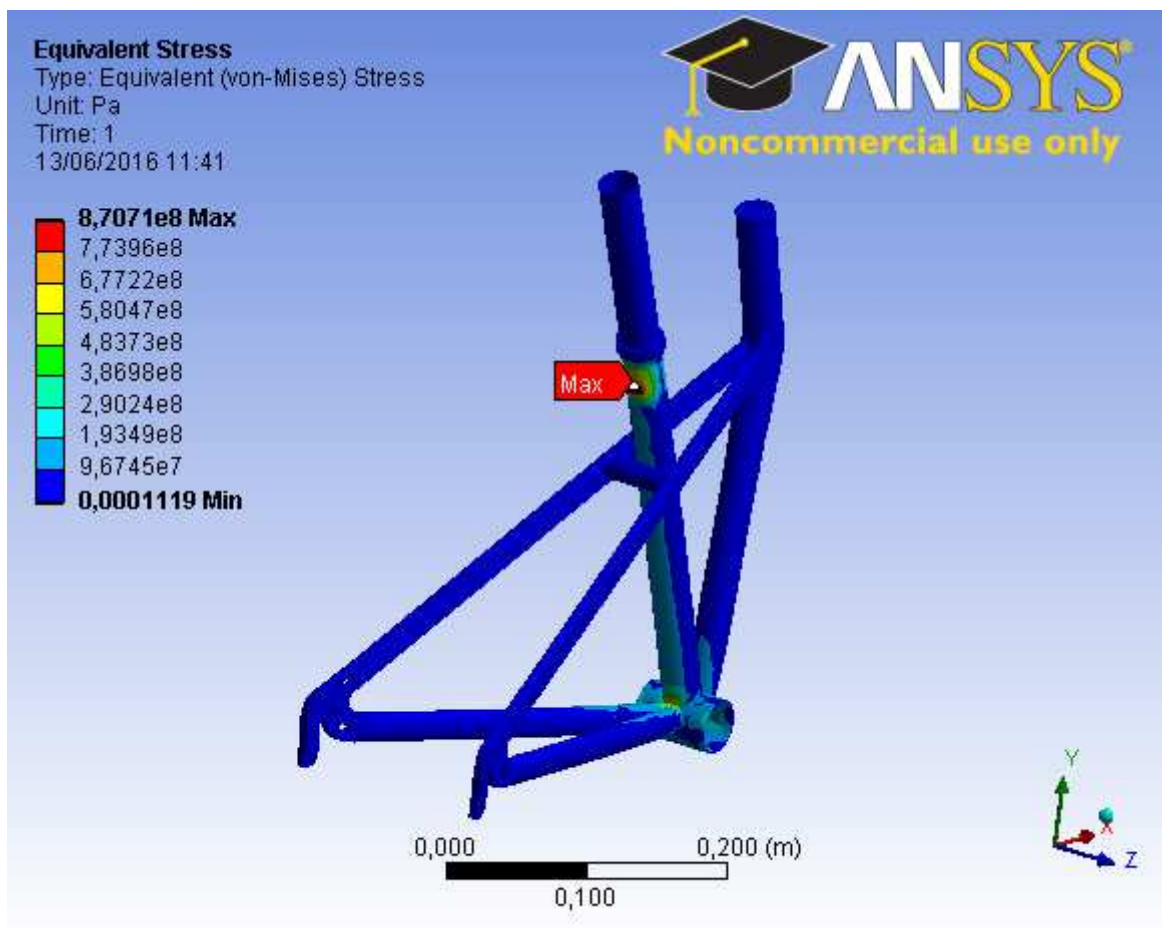
Subject:

Author:

Prepared For:

Date Monday, June 13, 2016

Comments:



Total Deformation

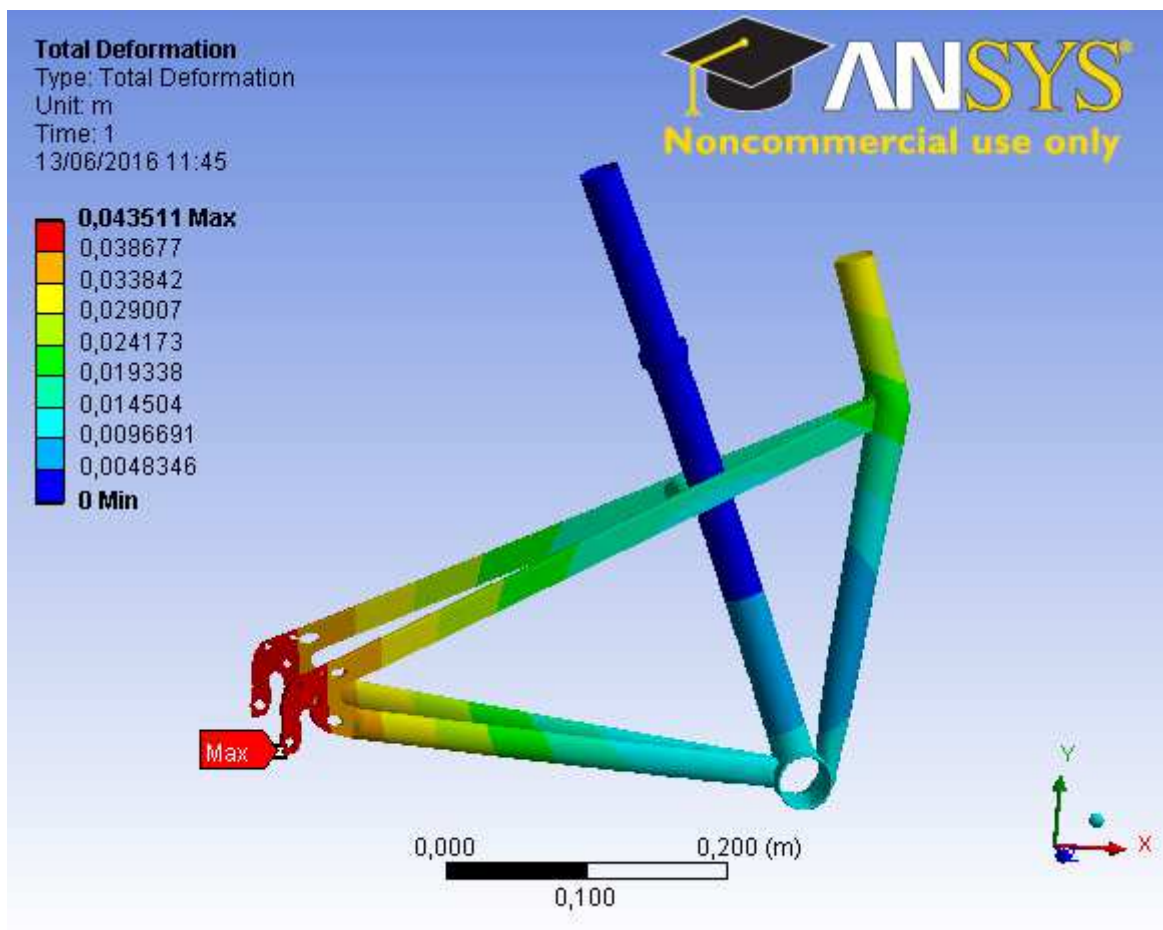
Subject:

Author:

Prepared For:

Date Monday, June 13, 2016

Comments:



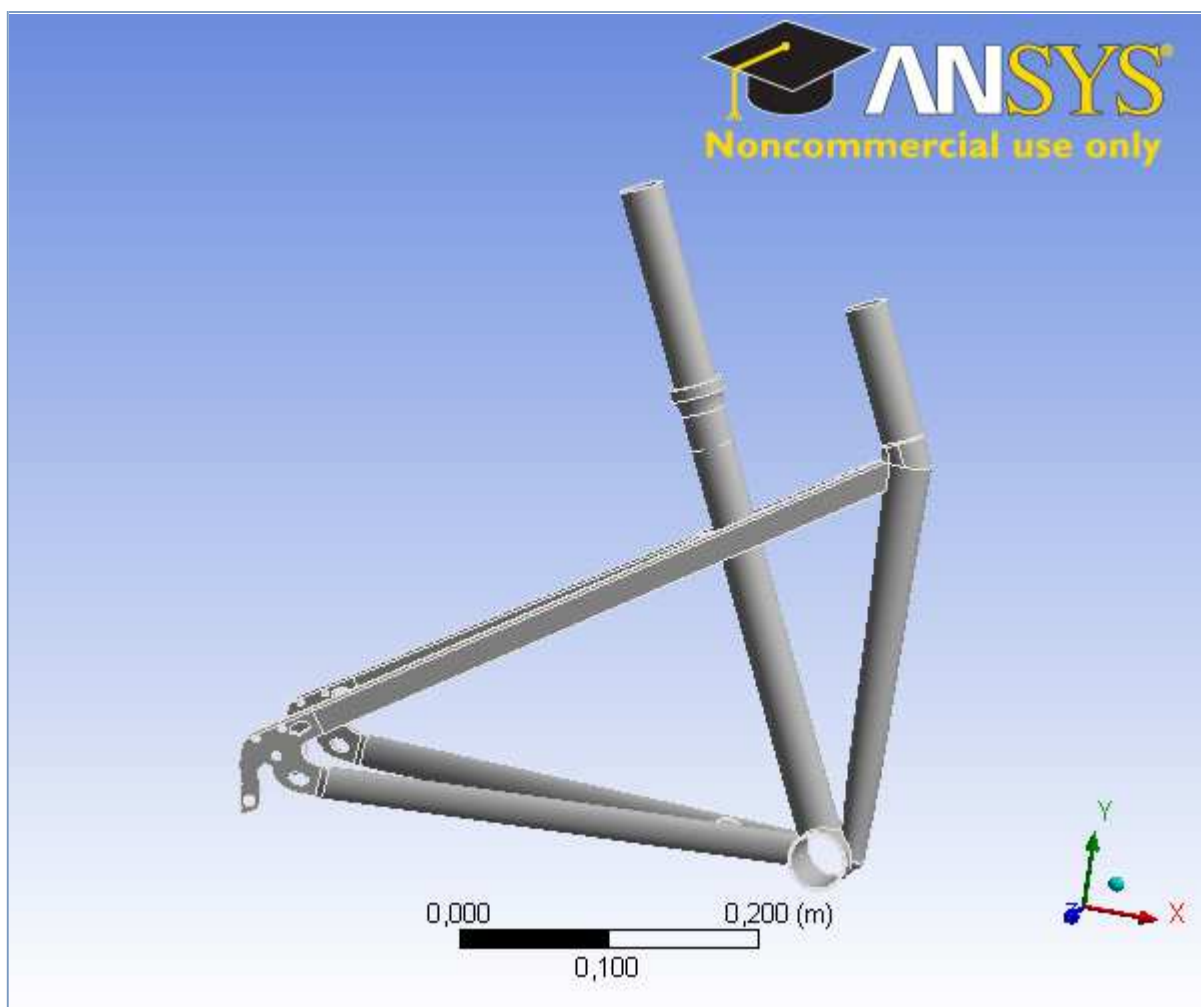
Cuarto análisis.

Análisis de las fuerzas y deformaciones que genera la fuerza de pedaleo de una persona 100 kg en el bastidor de barras rectas a través de la zona donde iría el eje de los pedales.



Project

First Saved	Tuesday, June 14, 2016
Last Saved	Tuesday, June 14, 2016
Product Version	14.0 Release
Save Project Before Solution	No
Save Project After Solution	No



Contents

- [Units](#)
- [Model \(B4\)](#)
 - [Geometry](#)
 - [Bastidor barras rectas](#)
 - [Coordinate Systems](#)
 - [Mesh](#)
 - [Static Structural \(B5\)](#)
 - [Analysis Settings](#)
 - [Loads](#)
 - [Solution \(B6\)](#)
 - [Solution Information](#)
 - [Results](#)
- [Material Data](#)
 - [AL 6061-T6](#)

Units

TABLE 1

Unit System	Metric (m, kg, N, s, V, A) Degrees rad/s Celsius
Angle	Degrees
Rotational Velocity	rad/s
Temperature	Celsius

Model (B4)

Geometry

TABLE 2
Model (B4) > Geometry

Object Name	<i>Geometry</i>
State	Fully Defined
Definition	
Source	C:\Users\Labora3\Desktop\Rediseño\Bastidor barras rectas.SLDPRT
Type	SolidWorks
Length Unit	Meters
Element Control	Program Controlled
Display Style	Body Color
Bounding Box	
Length X	0,42297 m
Length Y	0,45847 m
Length Z	0,15822 m
Properties	
Volume	7,1481e-004 m ³
Mass	1,9321 kg
Scale Factor Value	1,
Statistics	
Bodies	1
Active Bodies	1
Nodes	31710
Elements	16160

Mesh Metric	None
Basic Geometry Options	
Solid Bodies	Yes
Surface Bodies	Yes
Line Bodies	No
Parameters	Yes
Parameter Key	DS
Attributes	No
Named Selections	No
Material Properties	No
Advanced Geometry Options	
Use Associativity	Yes
Coordinate Systems	No
Reader Mode Saves Updated File	No
Use Instances	Yes
Smart CAD Update	No
Attach File Via Temp File	Yes
Temporary Directory	C:\Users\Labora3\AppData\Local\Temp
Analysis Type	3-D
Mixed Import Resolution	None
Decompose Disjoint Faces	Yes
Enclosure and Symmetry Processing	Yes

TABLE 3
Model (B4) > Geometry > Parts

Object Name	<i>Bastidor barras rectas</i>
State	Meshed
Graphics Properties	
Visible	Yes
Transparency	1
Definition	
Suppressed	No
Stiffness Behavior	Flexible
Coordinate System	Default Coordinate System
Reference Temperature	By Environment
Material	
Assignment	AL 6061-T6
Nonlinear Effects	Yes
Thermal Strain Effects	Yes
Bounding Box	
Length X	0,42297 m
Length Y	0,45847 m
Length Z	0,15822 m
Properties	
Volume	7,1481e-004 m ³
Mass	1,9321 kg
Centroid X	-9,355e-002 m
Centroid Y	0,16251 m
Centroid Z	5,9052e-006 m
Moment of Inertia Ip1	1,487e-002 kg·m ²
Moment of Inertia Ip2	3,5451e-002 kg·m ²
Moment of Inertia Ip3	4,7301e-002 kg·m ²
Statistics	
Nodes	31710
Elements	16160
Mesh Metric	None

Coordinate Systems

TABLE 4
Model (B4) > Coordinate Systems > Coordinate System

Object Name	<i>Global Coordinate System</i>
State	Fully Defined
Definition	
Type	Cartesian
Coordinate System ID	0,
Origin	
Origin X	0, m
Origin Y	0, m
Origin Z	0, m
Directional Vectors	
X Axis Data	[1, 0, 0,]
Y Axis Data	[0, 1, 0,]
Z Axis Data	[0, 0, 1,]

Mesh

TABLE 5
Model (B4) > Mesh

Object Name	<i>Mesh</i>
State	Solved
Defaults	
Physics Preference	Mechanical
Relevance	0
Sizing	
Use Advanced Size Function	Off
Relevance Center	Coarse
Element Size	Default
Initial Size Seed	Active Assembly
Smoothing	Medium
Transition	Fast
Span Angle Center	Coarse
Minimum Edge Length	1,6013e-007 m
Inflation	
Use Automatic Inflation	None
Inflation Option	Smooth Transition
Transition Ratio	0,272
Maximum Layers	5
Growth Rate	1,2
Inflation Algorithm	Pre
View Advanced Options	No
Patch Conforming Options	
Triangle Surface Mesher	Program Controlled
Advanced	
Shape Checking	Standard Mechanical
Element Midside Nodes	Program Controlled
Straight Sided Elements	No
Number of Retries	Default (4)
Extra Retries For Assembly	Yes
Rigid Body Behavior	Dimensionally Reduced
Mesh Morphing	Disabled
Defeaturing	
Pinch Tolerance	Please Define

Generate Pinch on Refresh	No
Automatic Mesh Based Defeaturing	On
Defeaturing Tolerance	Default
Statistics	
Nodes	31710
Elements	16160
Mesh Metric	None

Static Structural (B5)

TABLE 6
Model (B4) > Analysis

Object Name	<i>Static Structural (B5)</i>
State	Solved
Definition	
Physics Type	Structural
Analysis Type	Static Structural
Solver Target	Mechanical APDL
Options	
Environment Temperature	22, °C
Generate Input Only	No

TABLE 7
Model (B4) > Static Structural (B5) > Analysis Settings

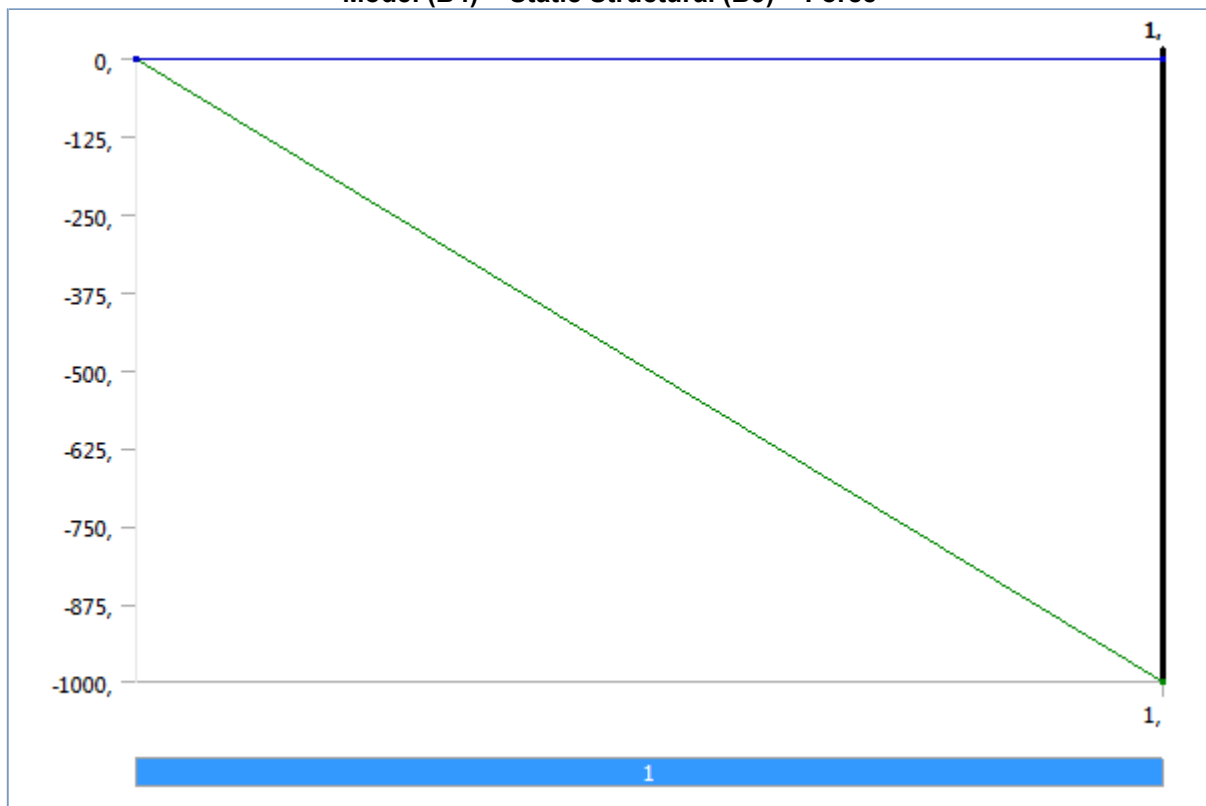
Object Name	<i>Analysis Settings</i>
State	Fully Defined
Step Controls	
Number Of Steps	1,
Current Step Number	1,
Step End Time	1, s
Auto Time Stepping	Program Controlled
Solver Controls	
Solver Type	Program Controlled
Weak Springs	Program Controlled
Large Deflection	Off
Inertia Relief	Off
Restart Controls	
Generate Restart Points	Program Controlled
Retain Files After Full Solve	No
Nonlinear Controls	
Force Convergence	Program Controlled
Moment Convergence	Program Controlled
Displacement Convergence	Program Controlled
Rotation Convergence	Program Controlled
Line Search	Program Controlled
Stabilization	Off
Output Controls	
Stress	Yes
Strain	Yes
Nodal Forces	No
Contact Miscellaneous	No
General Miscellaneous	No
Calculate Results At	All Time Points
Max Number of Result Sets	Program Controlled
Analysis Data Management	
	C:\Users\Labora3\Desktop\Fuerza de pedaleo\Fuerza pedaleo_files\dp0

Solver Files Directory	\\SYS\MECH\
Future Analysis	None
Scratch Solver Files Directory	
Save MAPDL db	No
Delete Unneeded Files	Yes
Nonlinear Solution	No
Solver Units	Active System
Solver Unit System	mks

TABLE 8
Model (B4) > Static Structural (B5) > Loads

Object Name	<i>Fixed Support</i>	<i>Fixed Support 2</i>	<i>Fixed Support 3</i>	<i>Force</i>
State	Fully Defined			
Scope				
Scoping Method	Geometry Selection			
Geometry	1 Face			
Definition				
Type	Fixed Support			Force
Suppressed	No			
Define By				Components
Coordinate System				Global Coordinate System
X Component				0, N (ramped)
Y Component				-1000, N (ramped)
Z Component				0, N (ramped)

FIGURE 1
Model (B4) > Static Structural (B5) > Force



Solution (B6)

TABLE 9
Model (B4) > Static Structural (B5) > Solution

Object Name	<i>Solution (B6)</i>
State	Solved
Adaptive Mesh Refinement	
Max Refinement Loops	1,
Refinement Depth	2,
Information	
Status	Done

TABLE 10
Model (B4) > Static Structural (B5) > Solution (B6) > Solution Information

Object Name	<i>Solution Information</i>
State	Solved
Solution Information	
Solution Output	Solver Output
Newton-Raphson Residuals	0
Update Interval	2,5 s
Display Points	All
FE Connection Visibility	
Activate Visibility	Yes
Display	All FE Connectors
Draw Connections Attached To	All Nodes
Line Color	Connection Type
Visible on Results	No
Line Thickness	Single
Display Type	Lines

TABLE 11
Model (B4) > Static Structural (B5) > Solution (B6) > Results

Object Name	<i>Total Deformation</i>	<i>Equivalent Stress</i>
State	Solved	
Scope		
Scoping Method	Geometry Selection	
Geometry	All Bodies	
Definition		
Type	Total Deformation	Equivalent (von-Mises) Stress
By	Time	
Display Time	Last	
Calculate Time History	Yes	
Identifier		
Suppressed	No	
Results		
Minimum	0, m	4,1049e-006 Pa
Maximum	3,9942e-005 m	2,744e+007 Pa
Information		
Time	1, s	
Load Step	1	
Substep	1	
Iteration Number	1	
Integration Point Results		
Display Option		Averaged

Material Data

AL 6061-T6

TABLE 12

AL 6061-T6 > Constants

Density	2703, kg m ⁻³
Specific Heat	885, J kg ⁻¹ C ⁻¹

TABLE 13**AL 6061-T6 > Shock EOS Linear**

Gruneisen Coefficient	Parameter C1 m s ⁻¹	Parameter S1	Parameter Quadratic S2 s m ⁻¹
1,97	5240,	1,4	0,

TABLE 14**AL 6061-T6 > Steinberg Guinan Strength**

Initial Yield Stress Y Pa	Maximum Yield Stress Ymax Pa	Hardening Constant B	Hardening Exponent n	Derivative dG/dP G'P	Derivative dG/dT G'T Pa C ⁻¹	Derivative dY/dP Y'P	Melting Temperature Tmelt C
2,9e+008	6,8e+008	125,	0,1	1,8	-1,7e+007	1,8908e-002	946,85

TABLE 15**AL 6061-T6 > Shear Modulus**

Shear Modulus Pa
2,76e+010

TABLE 16**AL 6061-T6 > Isotropic Elasticity**

Temperature C	Young's Modulus Pa	Poisson's Ratio	Bulk Modulus Pa	Shear Modulus Pa
	6,95e+010	0,33	6,8137e+010	2,6128e+010

Equivalent Stress

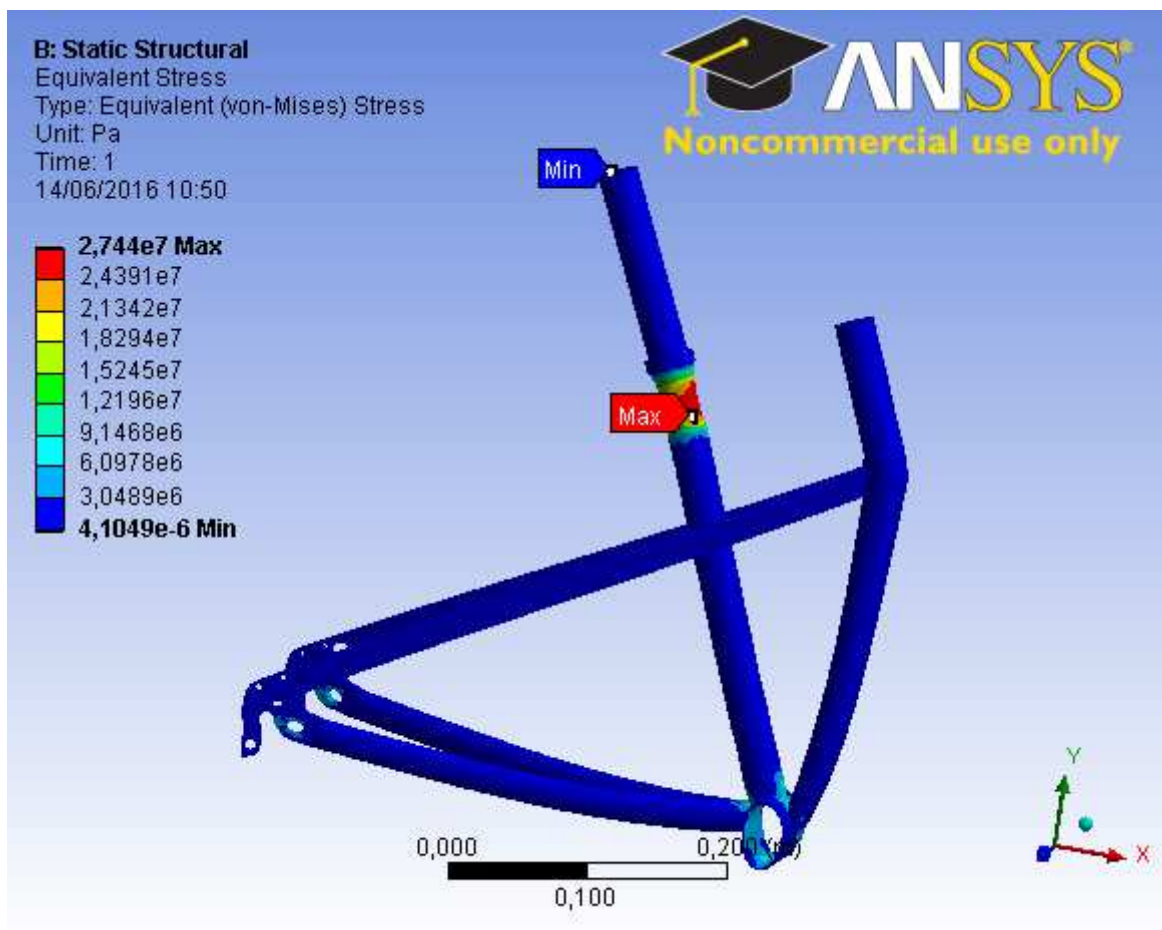
Subject:

Author:

Prepared For:

Date Tuesday, June 14, 2016

Comments:



Total Deformation

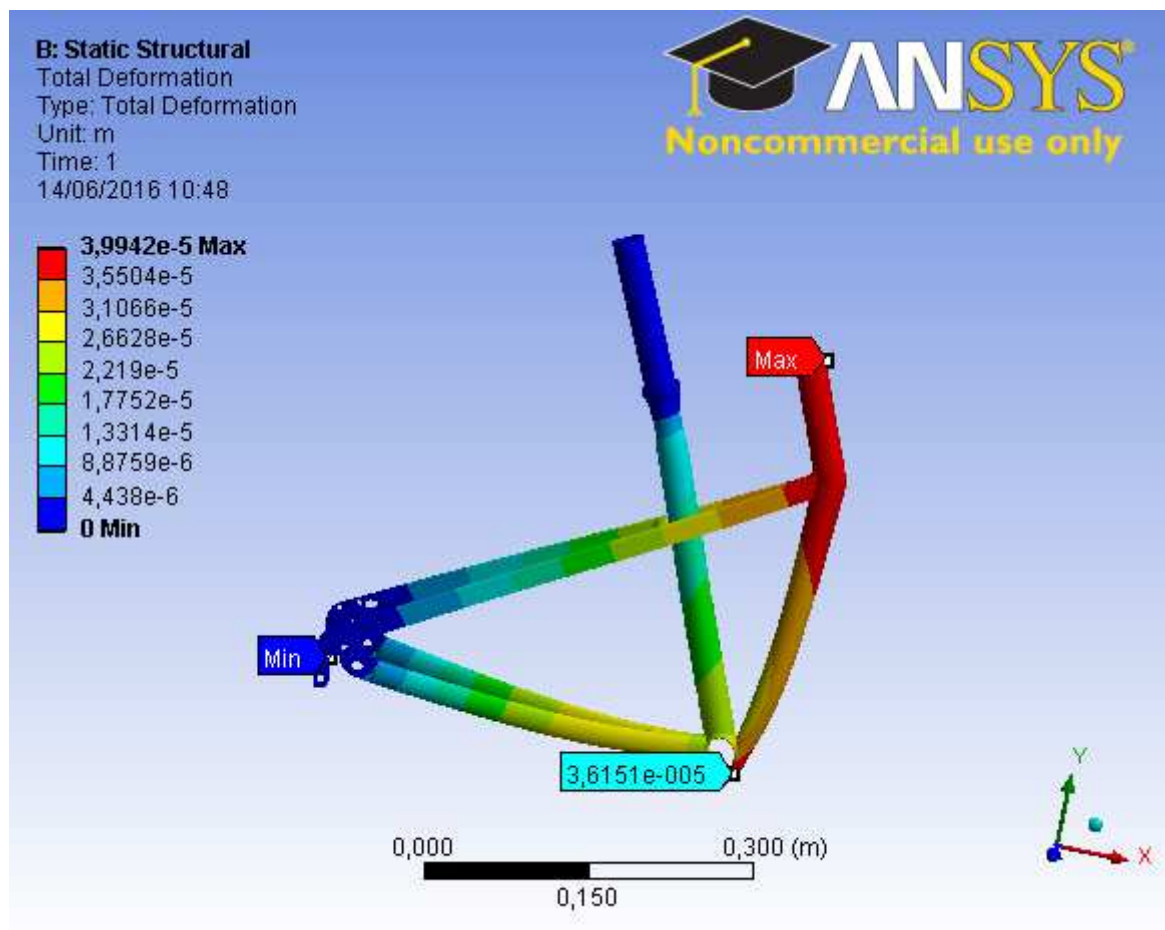
Subject:

Author:

Prepared For:

Date Tuesday, June 14, 2016

Comments:



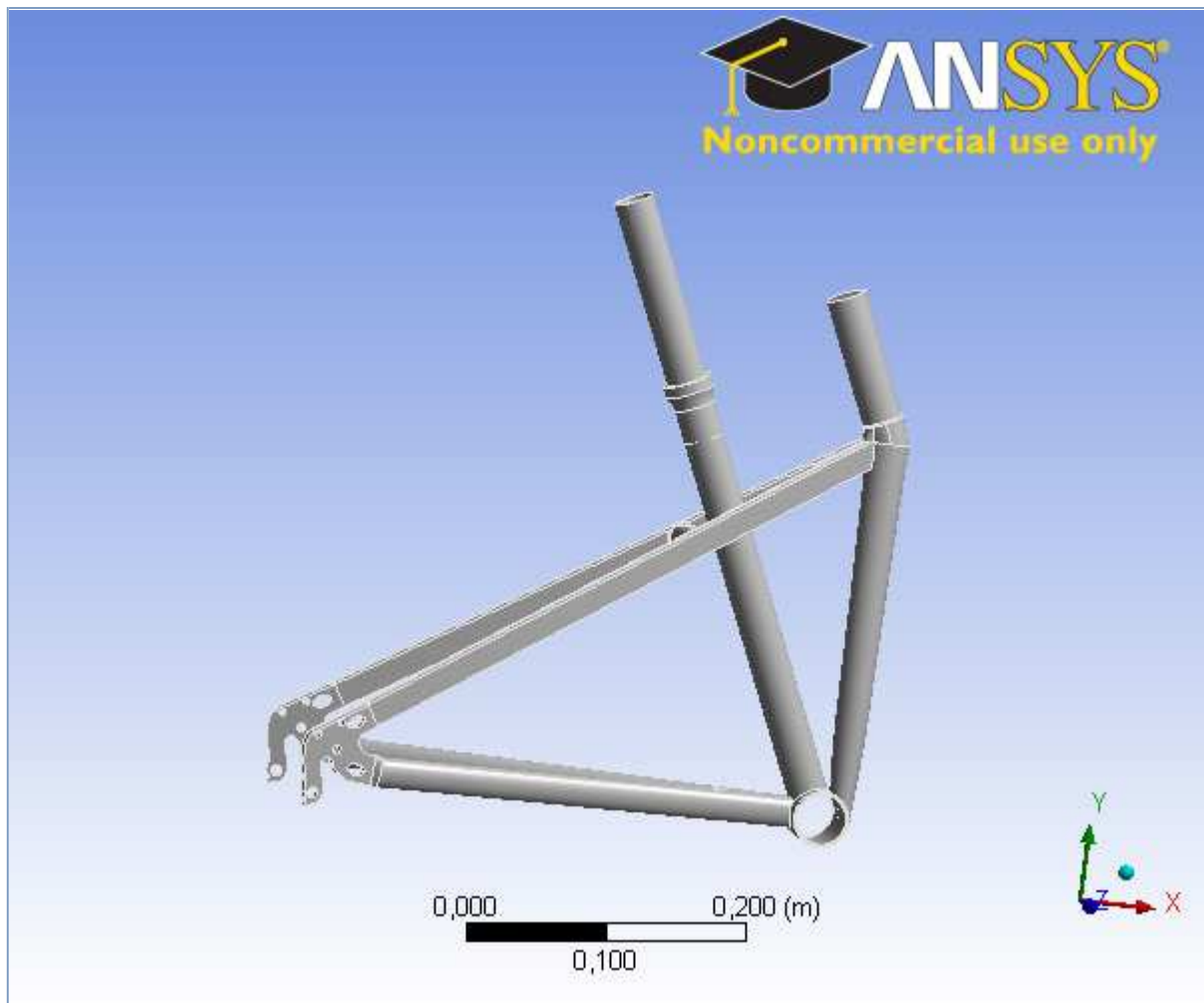
Quinto análisis.

Análisis de las fuerzas y deformaciones que genera un impacto de 200 kg en el bastidor de barras rectas para poder comparar con el impacto de 100 kg en la rueda trasera y ver las diferencias.



Project

First Saved	Monday, June 13, 2016
Last Saved	Monday, June 13, 2016
Product Version	14.0 Release
Save Project Before Solution	No
Save Project After Solution	No



Contents

- [Units](#)
- [Model \(B4\)](#)
 - [Geometry](#)
 - [Bastidor barras rectas](#)
 - [Coordinate Systems](#)
 - [Mesh](#)
 - [Static Structural \(B5\)](#)
 - [Analysis Settings](#)
 - [Loads](#)
 - [Solution \(B6\)](#)
 - [Solution Information](#)
 - [Results](#)
- [Material Data](#)
 - [AL 6061-T6](#)

Units

TABLE 1

Unit System	Metric (m, kg, N, s, V, A) Degrees rad/s Celsius
Angle	Degrees
Rotational Velocity	rad/s
Temperature	Celsius

Model (B4)

Geometry

TABLE 2
Model (B4) > Geometry

Object Name	<i>Geometry</i>
State	Fully Defined
Definition	
Source	C:\Users\Labora3\Desktop\Rediseño\Bastidor barras rectas.SLDPRT
Type	SolidWorks
Length Unit	Meters
Element Control	Program Controlled
Display Style	Body Color
Bounding Box	
Length X	0,42297 m
Length Y	0,45847 m
Length Z	0,15822 m
Properties	
Volume	7,1481e-004 m ³
Mass	1,9321 kg
Scale Factor Value	1,
Statistics	
Bodies	1
Active Bodies	1
Nodes	31294
Elements	16008

Mesh Metric	None
Basic Geometry Options	
Solid Bodies	Yes
Surface Bodies	Yes
Line Bodies	No
Parameters	Yes
Parameter Key	DS
Attributes	No
Named Selections	No
Material Properties	No
Advanced Geometry Options	
Use Associativity	Yes
Coordinate Systems	No
Reader Mode Saves Updated File	No
Use Instances	Yes
Smart CAD Update	No
Attach File Via Temp File	Yes
Temporary Directory	C:\Users\Labora3\AppData\Local\Temp
Analysis Type	3-D
Mixed Import Resolution	None
Decompose Disjoint Faces	Yes
Enclosure and Symmetry Processing	Yes

TABLE 3
Model (B4) > Geometry > Parts

Object Name	<i>Bastidor barras rectas</i>
State	Meshed
Graphics Properties	
Visible	Yes
Transparency	1
Definition	
Suppressed	No
Stiffness Behavior	Flexible
Coordinate System	Default Coordinate System
Reference Temperature	By Environment
Material	
Assignment	AL 6061-T6
Nonlinear Effects	Yes
Thermal Strain Effects	Yes
Bounding Box	
Length X	0,42297 m
Length Y	0,45847 m
Length Z	0,15822 m
Properties	
Volume	7,1481e-004 m ³
Mass	1,9321 kg
Centroid X	-9,355e-002 m
Centroid Y	0,16251 m
Centroid Z	5,9052e-006 m
Moment of Inertia Ip1	1,487e-002 kg·m ²
Moment of Inertia Ip2	3,5451e-002 kg·m ²
Moment of Inertia Ip3	4,7301e-002 kg·m ²
Statistics	
Nodes	31294
Elements	16008
Mesh Metric	None

Coordinate Systems

TABLE 4
Model (B4) > Coordinate Systems > Coordinate System

Object Name	<i>Global Coordinate System</i>
State	Fully Defined
Definition	
Type	Cartesian
Coordinate System ID	0,
Origin	
Origin X	0, m
Origin Y	0, m
Origin Z	0, m
Directional Vectors	
X Axis Data	[1, 0, 0,]
Y Axis Data	[0, 1, 0,]
Z Axis Data	[0, 0, 1,]

Mesh

TABLE 5
Model (B4) > Mesh

Object Name	<i>Mesh</i>
State	Solved
Defaults	
Physics Preference	Mechanical
Relevance	0
Sizing	
Use Advanced Size Function	Off
Relevance Center	Coarse
Element Size	Default
Initial Size Seed	Active Assembly
Smoothing	Medium
Transition	Fast
Span Angle Center	Coarse
Minimum Edge Length	1,6013e-007 m
Inflation	
Use Automatic Inflation	None
Inflation Option	Smooth Transition
Transition Ratio	0,272
Maximum Layers	5
Growth Rate	1,2
Inflation Algorithm	Pre
View Advanced Options	No
Patch Conforming Options	
Triangle Surface Mesher	Program Controlled
Advanced	
Shape Checking	Standard Mechanical
Element Midside Nodes	Program Controlled
Straight Sided Elements	No
Number of Retries	Default (4)
Extra Retries For Assembly	Yes
Rigid Body Behavior	Dimensionally Reduced
Mesh Morphing	Disabled
Defeaturing	
Pinch Tolerance	Please Define

Generate Pinch on Refresh	No
Automatic Mesh Based Defeaturing	On
Defeaturing Tolerance	Default
Statistics	
Nodes	31294
Elements	16008
Mesh Metric	None

Static Structural (B5)

TABLE 6
Model (B4) > Analysis

Object Name	<i>Static Structural (B5)</i>
State	Solved
Definition	
Physics Type	Structural
Analysis Type	Static Structural
Solver Target	Mechanical APDL
Options	
Environment Temperature	22, °C
Generate Input Only	No

TABLE 7
Model (B4) > Static Structural (B5) > Analysis Settings

Object Name	<i>Analysis Settings</i>
State	Fully Defined
Step Controls	
Number Of Steps	1,
Current Step Number	1,
Step End Time	1, s
Auto Time Stepping	Program Controlled
Solver Controls	
Solver Type	Program Controlled
Weak Springs	Program Controlled
Large Deflection	Off
Inertia Relief	Off
Restart Controls	
Generate Restart Points	Program Controlled
Retain Files After Full Solve	No
Nonlinear Controls	
Force Convergence	Program Controlled
Moment Convergence	Program Controlled
Displacement Convergence	Program Controlled
Rotation Convergence	Program Controlled
Line Search	Program Controlled
Stabilization	Off
Output Controls	
Stress	Yes
Strain	Yes
Nodal Forces	No
Contact Miscellaneous	No
General Miscellaneous	No
Calculate Results At	All Time Points
Max Number of Result	Program Controlled

Sets	
Analysis Data Management	
Solver Files Directory	C:\Users\Labora3\Desktop\Impacto muy desfavorable\impacto muy desfavorable_files\dp0\SYS\MECH\
Future Analysis	None
Scratch Solver Files Directory	
Save MAPDL db	No
Delete Unneeded Files	Yes
Nonlinear Solution	No
Solver Units	Active System
Solver Unit System	mks

TABLE 8
Model (B4) > Static Structural (B5) > Loads

Object Name	<i>Fixed Support</i>	<i>Force</i>	<i>Force 2</i>
State	Fully Defined		
Scope			
Scoping Method	Geometry Selection		
Geometry	1 Face		
Definition			
Type	Fixed Support	Force	
Suppressed	No		
Define By		Components	
Coordinate System		Global Coordinate System	
X Component		0, N (ramped)	
Y Component		1000, N (ramped)	
Z Component		0, N (ramped)	

FIGURE 1
Model (B4) > Static Structural (B5) > Force

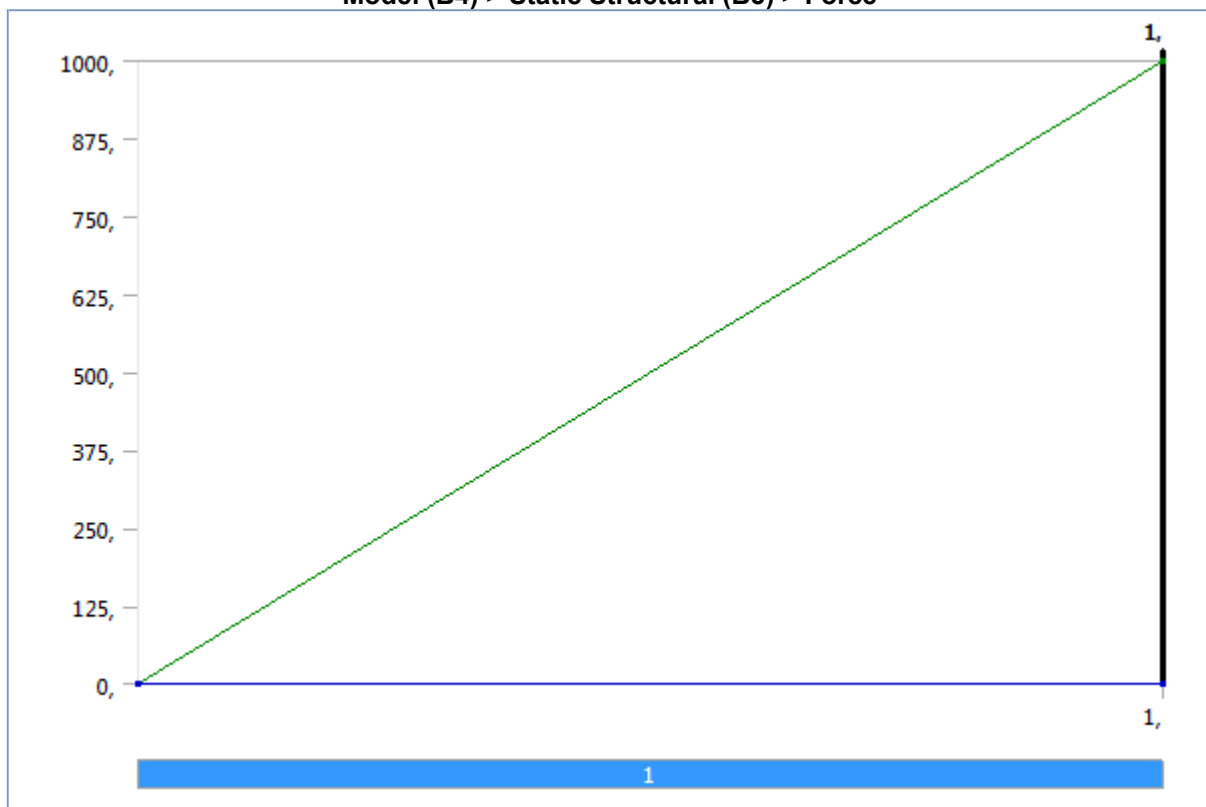
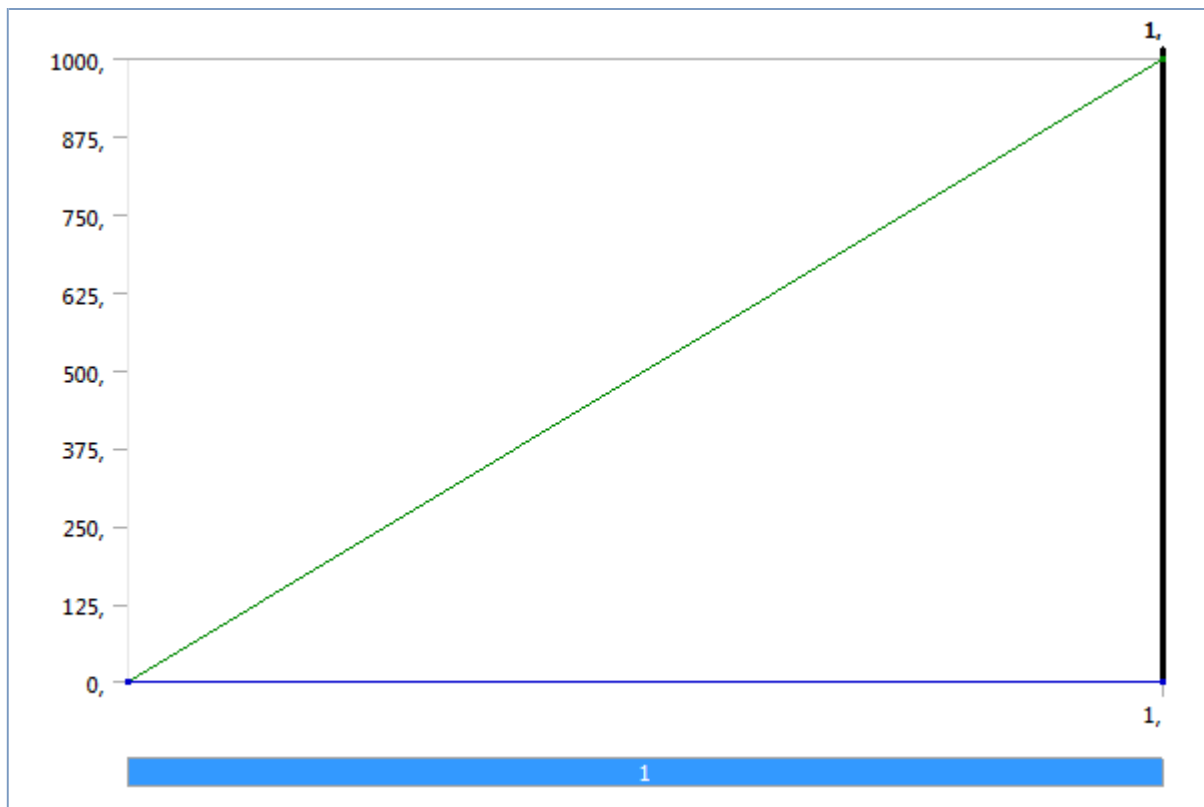


FIGURE 2
Model (B4) > Static Structural (B5) > Force 2



Solution (B6)

TABLE 9
Model (B4) > Static Structural (B5) > Solution

Object Name	<i>Solution (B6)</i>
State	Solved
Adaptive Mesh Refinement	
Max Refinement Loops	1,
Refinement Depth	2,
Information	
Status	Done

TABLE 10
Model (B4) > Static Structural (B5) > Solution (B6) > Solution Information

Object Name	<i>Solution Information</i>
State	Solved
Solution Information	
Solution Output	Solver Output
Newton-Raphson Residuals	0
Update Interval	2,5 s
Display Points	All
FE Connection Visibility	
Activate Visibility	Yes
Display	All FE Connectors
Draw Connections Attached To	All Nodes
Line Color	Connection Type
Visible on Results	No
Line Thickness	Single
Display Type	Lines

TABLE 11
Model (B4) > Static Structural (B5) > Solution (B6) > Results

Object Name	<i>Equivalent Stress</i>		<i>Total Deformation</i>
State	Solved		
Scope			
Scoping Method	Geometry Selection		
Geometry	All Bodies		
Definition			
Type	Equivalent (von-Mises) Stress	Total Deformation	
By	Time		
Display Time	Last		
Calculate Time History	Yes		
Identifier			
Suppressed	No		
Integration Point Results			
Display Option	Averaged		
Results			
Minimum	1,953e-004 Pa	0, m	
Maximum	1,7414e+009 Pa	8,7022e-002 m	
Information			
Time	1, s		
Load Step	1		
Substep	1		
Iteration Number	1		

Material Data

AL 6061-T6

TABLE 12
AL 6061-T6 > Constants

Density	2703, kg m ⁻³
Specific Heat	885, J kg ⁻¹ C ⁻¹

TABLE 13
AL 6061-T6 > Shock EOS Linear

Gruneisen Coefficient	Parameter C1 m s ⁻¹	Parameter S1	Parameter Quadratic S2 s m ⁻¹
1,97	5240,	1,4	0,

TABLE 14
AL 6061-T6 > Steinberg Guinan Strength

Initial Yield Stress Y Pa	Maximum Yield Stress Ymax Pa	Hardening Constant B	Hardening Exponent n	Derivative dG/dP G'P	Derivative dG/dT G'T Pa C ⁻¹	Derivative dY/dP Y'P	Melting Temperature Tmelt C
2,9e+008	6,8e+008	125,	0,1	1,8	-1,7e+007	1,8908e-002	946,85

TABLE 15
AL 6061-T6 > Shear Modulus

Shear Modulus Pa
2,76e+010

TABLE 16
AL 6061-T6 > Isotropic Elasticity

Temperature C	Young's Modulus Pa	Poisson's Ratio	Bulk Modulus Pa	Shear Modulus Pa
	6,95e+010	0,33	6,8137e+010	2,6128e+010

Equivalent Stress

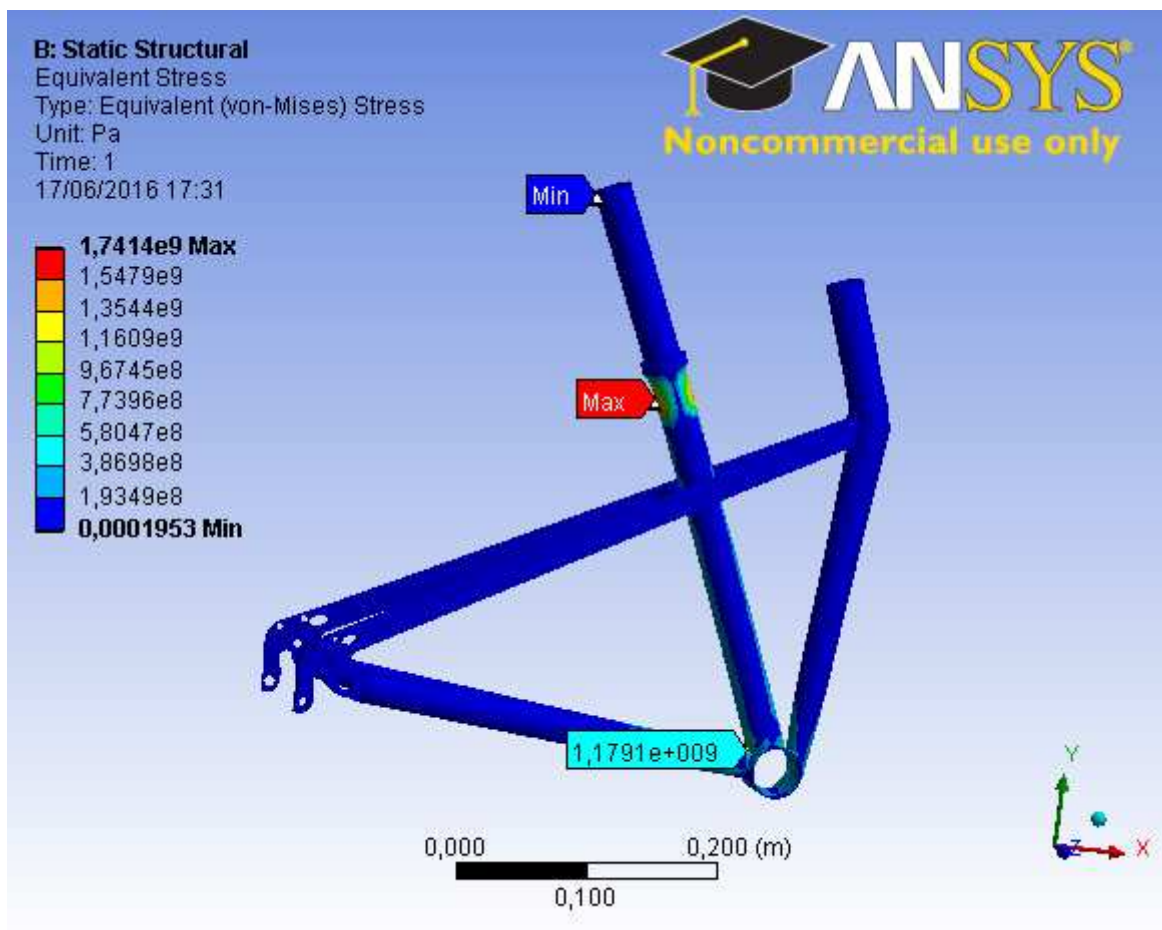
Subject:

Author:

Prepared For:

Date Monday, June 13, 2016

Comments:



Total Deformation

Subject:

Author:

Prepared For:

Date Monday, June 13, 2016

Comments:

