

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
ESCUELA POLITÈCNICA SUPERIOR DE ALCOY



**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

CAMPUS D'ALCOI

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

**“Diseño, desarrollo técnico y optimización de una bieleta de
anclaje de amortiguación para una bicicleta de descenso”**

Autor:

D. Luis Eduardo Jimenez Montes

Dirigido por:

Dra. Lourdes Sánchez Nácher

Dr. Pawel Packo

Febrero 2018

RESUMEN

“Diseño, desarrollo técnico y optimización de una bieleta de anclaje de amortiguación para una bicicleta de descenso”

El en el proyecto se hará una breve introducción a la historia de la bicicleta, a continuación, derivaremos en el aspecto de las amortiguaciones acopladas en los ciclos para así focalizar el proyecto. El objetivo central del proyecto es el desarrollo de una bieleta de amortiguación para una bicicleta de descenso. La bieleta de anclaje se desarrollará y fabricará con materiales compuestos, comparativamente con las fabricadas en metal. El proyecto se abordará desde diversas disciplinas de la ingeniería mecánica: diseño CAD, selección de material, fabricación, estudio técnico-dimensionamiento y económico. Los materiales serán Fibra de carbono 70% con una resina epoxi 30%, Titanio y por último una aleación de aluminio 6061-T6, a su vez se harán tres diseños de la bieleta los cuales serán sometidos a los ensayos con los distintos materiales usando como parámetros, fuerzas y restricciones, los que se indican en la norma correspondiente a bicicletas. Una vez tengamos los datos obtenidos de los ensayos se harán unas posibles mejoras en los diseños para que así cumplan los requisitos demandados, a continuación, se hará una valoración para ver cuál es el diseño más óptimo y recomendable.

SUMMARY

“Design, technical development and optimization of a damper anchor link for a downhill bike”

In the project there will be a brief introduction to the history of the bicycle, then we will derive in the aspect of the dampers coupled in the cycles to focus the project. The main objective of the project is the development of a damping link for a downhill bike. The anchor rod will be developed and manufactured with composite materials, compared to those made of metal. The project will be addressed from various disciplines of mechanical engineering: CAD design, material selection, manufacturing, technical-dimensioning and economic study. The materials will be 70% carbon fiber with a 30% epoxy resin, titanium and finally an aluminum alloy 6061-T6, in turn three designs of the link will be submitted to the tests with the different materials using as parameters, forces and restrictions, which are indicated in the standard corresponding to bicycles. Once we have the data obtained from the trials will make possible changes in the designs so that they meet the requirements demanded, then an assessment will be made to see what is the most optimal and recommended design.

RESUM

“Disseny, desenvolupament tècnic i optimització d’una bieleta d’ancoratge d’amortiment per a una bicicleta de descens”

El en el projecte es farà una breu introducció a la història de la bicicleta, a continuació, derivarem en l'aspecte de les amortiments acoblades en els cicles per així focalitzar el projecte. L'objectiu central del projecte és el desenvolupament d'una bieleta d'amortiment per a una bicicleta de descens. La bieleta d'ancoratge es desenvoluparà i fabricarà amb materials compostos, comparativament amb les fabricades en metall. El projecte s'abordarà des de diverses disciplines de l'enginyeria mecànica: disseny CAD, selecció de material, fabricació, estudi tècnic-dimensionament i econòmic. Els materials seran Fibra de carboni 70% amb una resina epoxi 30%, Titani i finalment un aliatge d'alumini 6061-T6, al seu torn es faran tres dissenys de la bieleta dels quals seran sotmesos als assaigs amb els diferents materials utilitzant com paràmetres, forces i restriccions, els que s'indiquen en la norma corresponent a bicicletes. Un cop tinguem les dades obtingudes dels assajos es faran unes possibles millores en els dissenys perquè així compleixin els requisits demandats, a continuació, es farà una valoració per veure quin és el disseny més òptim i recomanable.

AGRADECIMIENTOS:

A mis padres, familia y amigos que me han animado a seguir adelante todos y cada uno de los días en los que no veía clara una salida, también agradecer al equipo de profesores que han estado atentos a mis mensajes, intentando ayudarme a pesar de la distancia, especialmente a mi profesora en la mención y tutora del TFG Lourdes Sánchez Nácher y por supuesto a mi supervisor en Polonia, Mr. Pawel Packo. Gracias a todos y cada uno de ellos ya que este trabajo de final de grado no habría sido posible sin la ayuda y trabajo de todos ellos.

Tabla de Contenidos

RESUMEN	2
SUMMARY	3
RESUM	4
ABREVIATURAS	6
LISTADO DE FIGURAS	8
LISTADO DE TABLAS	10
I.INTRODUCCIÓN	15
I.1. Antecedentes	16
I.1.1. Evolución de la bicicleta	16
I.2. Bicicletas con sistema de amortiguación	17
I.2.1. Partes de la bicicleta a tratar	17
I.2.2. Sistema de amortiguación	19
II. OBJETIVOS	24
II.1. Objetivo general	24
II.2. Objetivos particulares	25
III. DESARROLLO DEL PROYECTO	27
III.1. Diseño inicial prototipos	27
III.1.1. Pieza 1	27
III.1.2. Pieza 2	32

III.1.3. Pieza 3	33
III.2. Cinemática del conjunto	39
III.2.1. Anclaje del modelo	40
III.2.1.1. Anclaje en los orificios de 26mm	40
III.2.1.2. Anclaje en los orificios de 8mm	41
III.3. Diseño de los materiales	42
III.3.1. Aleación de aluminio 6061-T6	42
III.3.2. Titanio	43
III.3.3. Fibra de carbono	44
III.4. Normativa aplicable	50
III.5. Estudio y definición de los estados tensionales	52
III.5.1. Según catálogo del fabricante	52
III.5.2. Según Norma	54
III.6. Simulación mediante FEM	58
III.6.1. Estudio estático de los diseños	58
III.6.1.1. Pieza 1	60
III.6.1.2. Pieza 2	62
III.6.1.3. Pieza 3	64
III.6.2. Estudio de fatiga	68
III.6.2.1. Pieza 1	68
III.6.2.2. Pieza 2	70

III.6.2.3. Pieza 3	71
III.7. Diseño final	75
III.8. Fabricación	79
III.8.1. Conclusiones del proyecto	85
IV. Apéndices	86
IV.1. Anexos	86
IV.2. Referencias	187
IV.3. Planos acotados	188

ABREVIATURAS

Bici	Bicicleta
CES	CES EduPack
CF	Fibra de carbono
d	Densidad
De	Diámetro exterior
Di	Diámetro interior
DH	Modalidad en la que se usa la bicicleta, Descenso
E	Módulo elástico
Ex	Módulo elástico en dirección x
Ey	Módulo elástico en dirección y
F	Fuerza
FEA	Método de los elementos finitos
G	Módulo cortante
K	Constante elástica del muelle
Pieza 1	Pieza original
Pieza 2	Pieza maciza sin mecanizado sobre las caras
Pieza 3	Pieza de chasis tubular
R _E	Límite elástico
S	Carrera del amortiguador
SW	SolidWorks

Ti	Titanio
6061-T6	Aleación de aluminio 6061-T6
α	Coefficiente de expansión térmica lineal
ν	Coefficiente de Poisson

LISTADO DE FIGURAS

Ilustración 1 Prototipo de bicicleta con rueda delantera grande

Ilustración 2 La bicicleta Rover fue la primera en incorporar una cadena de transmisión

Ilustración 3 Commencal supreme V1

Ilustración 4 Basculante trasero

Ilustración 5 Basculante delantero

Ilustración 6 Bieletas y posición dentro del conjunto

Ilustración 7 Sistema de amortiguación trasera unificada

Ilustración 8 Sistema de amortiguación monopivote articulado

Ilustración 9 Bicicleta completa objeto de estudio

Ilustración 10 monopivote en bicicleta(izquierda) PDS(derecha)

Ilustración 11 sistema de amortiguación mediante bieletas en moto(izquierda) Bicicleta (derecha)

Ilustración 12 Sillón dotado de sistema de amortiguación

Ilustración 13 Amortiguador Rock Shox vivid R2C2

Ilustración 14 Diagrama de flujo de los objetivos

Ilustración 15 Plano sobre el que se hizo la pieza

Ilustración 16 Planta del modelo

Ilustración 17 Planta del modelo

Ilustración 18 Mecanizado superior de las caras

Ilustración 19 Parte a del mecanizado inferior

Ilustración 20 Parte b del mecanizado inferior

Ilustración 21 Redondeo de aristas

Ilustración 22 Redondeo de las demás aristas

Ilustración 2316 Redondeo de la segunda pieza

Ilustración 24 Base de la pieza 3

Ilustración 25 Disposición de los orificios de anclajes.

Ilustración 26 Vista lateral de la pieza 3

Ilustración 27 Planta de la pieza

Ilustración 28 Redondeo de los anclajes

Ilustración 29 Redondeo del resto de aristas

Ilustración 30 Modelo real

Ilustración 31 Modelo sin mecanizado en las caras

Ilustración 32 Modelo chasis tubular

Ilustración 33 Explosionado del conjunto de Bieletas del modelo

Ilustración 34 diferentes tipos de circlips

Ilustración 35 Cojinete de anclaje con el amortiguador

Ilustración 36 Composición 6061-T6

Ilustración 37 Características de la fibra de carbono y la resina.

Ilustración 38 Formulas de Chamis

Ilustración 39 Nomenclatura de las propiedades del material

Ilustración 40 Creación de la fibra en el programa ElamX2

Ilustración 41 Creación de la matriz en el programa ElamX2

Ilustración 42 Creación de una sola capa del laminado

Ilustración 43 Laminado

Ilustración 44 Constantes ingenieriles

Ilustración 45 Creación del material en Solid

Ilustración 46 Aplicación del material

Ilustración 47 Distribución de fuerzas

Ilustración 17 Modelo de fuerzas para ensayo a fatiga

Ilustración 49 Solido libre del modelo medidas y puntos donde tomar momentos

Ilustración 50 Definición de parámetros en Solid

Ilustración 51 Rediseño para fibra de carbono

Ilustración 52 Pasador de anclaje

Ilustración 53 Acople del amortiguador a la bieleta

Ilustración 54 Bieleta de fibra de carbono

Ilustración 55 Primera pestaña del programa CESeduPack (Se corta debido a que el programa imposibilita tener toda la pestaña en pantalla)

Ilustración 56 recorte de la interface del programa

Ilustración 57 Pestaña emergente al pinchar en la opción anterior

Ilustración 58 Estimador de costos

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Tabla extraída del catálogo de rodamientos SKF

Tabla 2 Propiedades del 6061-T6

Tabla 3 Propiedades del Ti

Tabla 4 Propiedades del material más destacables

Tabla 5 Fuerzas a aplicar según la norma

Tabla 6 Resumen de las características más importantes

Tabla 7 Composición 6061-T6

Introducción

I. INTRODUCCIÓN

En el presente proyecto se abordará el estudio de las propiedades mecánicas de una pieza sometida a una fuerte fatiga, para realizar dicho proyecto se utilizará SW para abordar los ensayos de fatiga y remodelación de la pieza así como los distintos cambios de materiales, el programa CES edupack para hacer un estudio económico del proyecto así como para ver los procesos de fabricación más óptimos para realizar los diferentes modelos y por último, mediante el programa Working Model se hará un estudio de la cinemática y dinámica del proyecto.

En la parte realizada con el programa SW las fuerzas a las que se someterá la pieza son las provenientes de la parte trasera la de la bicicleta, es decir, se tendrá en cuenta los esfuerzos de la rueda trasera. Para ello se utilizarán datos del fabricante para calcular el máximo recorrido de la suspensión y la fuerza necesaria que habrá que aplicarle al sistema para conseguir dicha carrera. Una vez obtenidas estas fuerzas y la constante elástica del muelle se simularán mediante el programa estudio de elasticidad y otro de fatiga.

Para cada pieza se realizará un total de tres cambios de material (Ti, 6061-T6 y CF), a cada uno de estos materiales como bien se ha mencionado anteriormente se le realizarán dos ensayos mediante el programa de CAD SW, mediante un estudio estático se observarán las deformaciones unitarias, las zonas de máximo desplazamiento, así como las zonas de concentración de tensiones. En el ensayo a fatiga se realizará con un total de 50000 ciclos para así observar después de este ensayo las zonas del modelo donde mayor daño se producirá y por donde es más posible que este rompa de esta manera a ser posible también se intentarán dar soluciones en cada caso para mejorar la durabilidad.

Introducción

I.1. ANTECEDENTES

I.1.1. Evolución de las bicicletas

Aun que es un tema delicado, debido a que no se sabe con exactitud la aparición de la primera bicicleta se puede precisar al principio del siglo XIX. En 1817 un miembro de la realeza, el Barón Drais Von Sauerbronn, construyó el primer prototipo de una bicicleta que ha ido evolucionando según los avances tecnológicos y las demandas sociales.

El barón de Karlsrue, Drais von Sauerbronn, inventó la “draisina”, que significa máquina de correr, pensando que la mejor manera de auto-transportarse es optimizar el movimiento que se realiza al caminar o correr. Para ello quería construir un artefacto que permitiera aumentar la zancada y además disminuir las pérdidas energéticas debidas la variación de la altura del centro de gravedad del cuerpo. Los inconvenientes que presentaba este invento que llegó a fabricarse para algunos nobles de la época, eran, en primer lugar, el equilibrio y en segundo el peso del vehículo. No fue hasta algo más tarde cuando un fabricante ingles consiguió mejoras las características del peso y hacer la conducción más eficiente para venderlo como un caballo de entretenimiento.

Introducción

Para conseguir una máxima velocidad se optó por incrementar el diámetro de la rueda delantera, de forma que mediante el giro directo del eje la velocidad lineal al extremo de esta será superior, un claro inconveniente es el peso que ello supone.

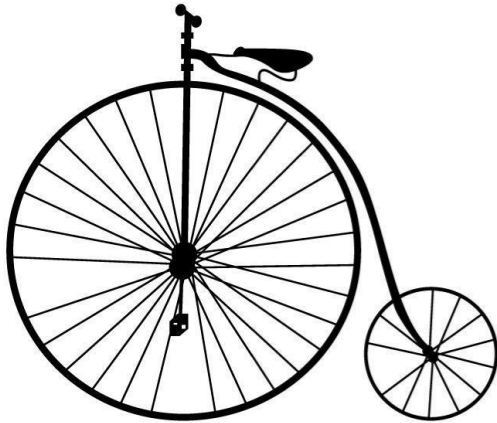


Ilustración 1 Prototipo de bicicleta con rueda delantera grande

El avance más significativo llegó al pensar que para no depender del tamaño de la rueda para aumentar la velocidad máxima habría que incorporar una cadena, que además permitía una posición del centro de gravedad más baja con lo que se tenía una bicicleta más segura. Fue John Kemp Starley quien, con ayuda de un compañero suyo, Sutton, desarrolló un prototipo utilizando la idea de volver a la concepción originaria de la bicicleta con las ruedas de igual tamaño para hacerla más estable.



Ilustración 2 La bicicleta Rover fue la primera en incorporar una cadena de transmisión

Introducción

No fue hasta que se normalizó que se facilitó la implementación de un sistema de producción en serie que hizo disminuir notablemente el precio de la bicicleta. Pero también se ha potenciado el uso de la bicicleta a lo largo de toda su evolución mediante la creación de carreras que trataban de batir nuevos récords de velocidad. Tampoco podemos dejar de lado todas las circunstancias económicas y sociales que han incrementado el número de bicicletas; estas son las crisis del petróleo, el crecimiento de la conciencia del cambio climático o de la importancia del ejercicio físico

Con el paso del tiempo la fisionomía de la bici se ha ido modificando para así cumplir los requisitos para poder funcionar sobre diferentes superficies, desde asfalto, a campo, pasando por nieve y agua.

Introducción

I.2. Bicicletas con sistemas de amortiguación

I.2.1. Partes de la bicicleta a tratar



Ilustración 3 Commencal supreme V1

A la vista de la anterior imagen, observamos una serie de piezas las cuales son de vital importancia para el desarrollo de este trabajo:

Introducción



Ilustración 4 Basculante trasero

El basculante trasero es la parte del cuadro el cual transporta los esfuerzos desde las ruedas a las bieletas para la amortiguación. En el caso de las bicicletas sin amortiguación, el cuadro se compone de un solo basculante, en el caso del descenso podemos observar en la propia imagen como esta porta en su parte izquierda unos anclajes para la rueda trasera, mientras que en la parte derecha se observa que este tiene un orificio sobre el cual rotará la estructura del cuadro al verse sometido a esfuerzos radiales en la rueda trasera.

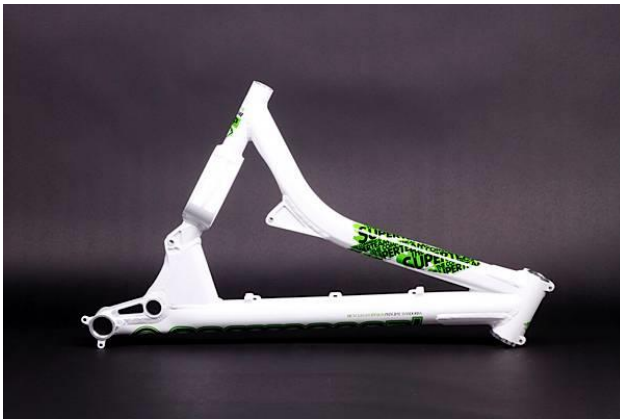


Ilustración 5 Basculante delantero

El basculante delantero es el encargado de transmitir los esfuerzos provenientes de la horquilla delantera, donde se sitúa la misma rueda. La unión de este con el trasero se verá ligada por dos partes, la primera es mediante los orificios donde bascula y gira todo el conjunto, la segunda será por la parte del amortiguador.

Introducción



Ilustración 6 Bieletas y posición dentro del conjunto

En la anterior imagen se puede observar en primer lugar el conjunto de bieletas de la bicicleta encargadas de transmitir los esfuerzos desde el basculante trasero al amortiguador y de este al basculante delantero, haciendo así una unión elástica.

I.2.2. Sistemas de amortiguación

Las bicicletas actuales con suspensión, son el resultado de una modernización de los primeros sistemas de amortiguación, las primeras bicis en llevar una suspensión trasera incorporada en el propio chasis, portaban un sistema llamado “trasera unificada”.



Ilustración 7 Sistema de amortiguación trasera unificada

Como observamos en la imagen, el par generado por el peso y obstáculos en el camino y que se transmite mediante la rueda trasera, va directamente al amortiguador, por lo que este tenía que tener una alta rigidez y por lo tanto no tenía una gran eficacia

Introducción

de cara a salvar las vibraciones más leves del camino. Para evitar estas vibraciones, y sobre todo que la eficacia del amortiguador se viese aumentada, con el tiempo se han ido insertando nuevos sistemas de amortiguación, al igual que se han modernizado los propios amortiguadores.

A día de hoy los primeros sistemas de amortiguación se han modernizado y todavía se pueden ver en algunas marcas, ya que, aunque no sean tan efectivas como los nuevos sistemas de amortiguación de cara a solventar obstáculos en el camino, si presentan ventajas con respecto a otros parámetros a tener en cuenta ya sea la interferencia en el pedaleo, la relación de pesos del piloto con la bici, o la respuesta de esta en un posible salto.

En nuestro caso nos encontramos ante un sistema de amortiguación llamado monopivote articulado, en este sistema todo el basculante gira alrededor de un pivote, y mediante unas bieletas los esfuerzos son transmitidos al amortiguador. En el presente trabajo estudiaremos el comportamiento de una de estas bieletas. Este sistema de amortiguación es uno de los más utilizados a día de hoy en el mundo de la modalidad de descenso, siendo utilizado por marcas como, BH, Commençal, Scott y Kona.



Ilustración 8 Sistema de amortiguación monopivote articulado

Como podemos observar, los formatos dentro de un mismo sistema de amortiguación pueden ser diferentes, pero siempre cumpliendo lo básico, basculante

Introducción

que gira entorno a un pivote y transmite los esfuerzos al amortiguador mediante unas bieletas.

En la imagen podemos observar el último modelo de la propia bicicleta sobre la que nosotros haremos el estudio, la diferencia entre un modelo y otro son 5 años y se puede observar la continua modernización de estos sistemas.



Ilustración 9 Bicicleta completa objeto de estudio

En la actualidad la modalidad de descenso se puede llegar a considerar como el ámbito de estudio más cercano para el mundo de las motos en cuanto a mecánica, ya que en cuanto a sistemas de amortiguación muchos modelos de moto presentan disposiciones previamente utilizadas en las bicicletas, esto se debe principalmente a la economía, se puede probar en una bici y no en una moto por el precio que supone. Actualmente motos como Yamaha presentan sistemas de amortiguamiento idénticos al sistema estudiado en este proyecto, mientras que otras motos optan por un monopivote del basculante al amortiguador directo, llamado PDS.



Ilustración 10 monopivote en bicicleta(izquierda) PDS(derecha)

Introducción

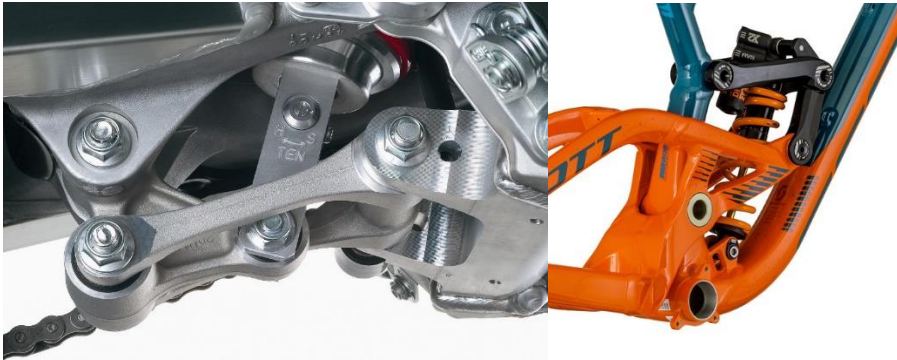


Ilustración 11 sistema de amortiguación mediante bieletas en moto(izquierda) Bicicleta (derecha)

Otro aspecto a tener en cuenta es el amortiguador, este es uno de los elementos más a tener en cuenta dentro de la suspensión. Los primeros amortiguadores existentes empezaron siendo simples muelles en el asiento se la bicicleta.



Ilustración 12 Sillón dotado de sistema de amortiguación

Con el tiempo se fueron modernizando hasta llegar a los amortiguadores de hoy en día. A día de hoy podemos encontrar desde amortiguadores con cámara de aire como con cámara de aceite, a su vez, su estructura principal puede constar de un muelle, por lo que se podrá regir mediante la ley Hooke, o simplemente una cámara de aire por lo que funcionará diferente en cuanto a regular rebotes. Los muelles constan de parámetros importantes como puede ser el rebote, las precargas o la interferencia con el pedaleo, estos se regulan gracias a esta cámara interior. A día de hoy ya están

Introducción

saliendo al mercado amortiguadores regulados de forma electrónica de forma que este se podrá regular de forma inteligente según requiera la situación. En el presente proyecto solo haremos referencia al propio amortiguador con datos extraídos del catálogo del fabricante. Estos datos son carrera del muelle (pulgadas) y fuerza que habrá que realizar para conseguir esta máxima carrera (libras).

En el caso de este estudio se trabajará con un amortiguador “Rock Shox Vivid R2C2” con un muelle (350X2,75), mediante estos datos más adelante podremos sacar la constante elástica del muelle para así poder introducirla en el programa.



Ilustración 13 Amortiguador Rock Shox vivid R2C2

El muelle de este amortiguador está fabricado en una aleación de aluminio 7075 con características mecánicas parecidas a nuestro 6061-T6 para la bieleta. El amortiguador en conjunto tiene un peso total de 468g y un precio de 480 euros, por lo que podemos observar que el facto del peso será un factor más importante que el económico al hacer una valoración del diseño más óptimo.

Objetivos

II. OBJETIVOS

II.1. OBJETIVO GENERAL.

El objetivo general del proyecto es hacer una valoración de una pieza de transmisión de esfuerzos entre las dos partes principales de una bici de la modalidad de DH. Para ello, seguiremos los siguientes pasos:

1. Selección de materiales aptos para la bieleta de anclaje.
2. Diseño sobre la plataforma de Solidworks de la bieleta de anclaje considerando los requerimientos técnicos de este tipo de pieza y estudio técnico de las diversas soluciones desarrolladas.
3. Simulación de anclajes y análisis de deformaciones en condiciones de servicio
4. En esta valoración tendremos la oportunidad observar si los materiales compuestos están capacitados para introducirse en todos los ámbitos de la ingeniería mecánica. En un principio la pieza objeto de estudio solo se fabricó en 6061-T6 y Ti, ya que en 2009 (año de fabricación de la bicicleta) en el mundo de la bicicleta de montaña no se había promovido el uso de materiales compuestos.

Objetivos

II.2. OBJETIVOS PARTICULARES.

- > Uno de los objetivos del trabajo será hacer tres diseños diferentes al propuesto por la propia marca.
- > Aplicación de los diferentes materiales para comprobar que todos cumplen
- > Rediseñar piezas en caso de ser necesario para aplicación de materiales.
- > Valoración desde un punto económico, mecánico y del peso de la propia pieza
 - Visualización de los datos extraídos del programa CES
- > Conclusión final.

El diagrama de flujo nos muestra la forma de la que se abordará el proyecto, por un lado, partimos de tres piezas, a las cuales le haremos tres cambios de material, 6061-T6, Titanio y fibra de carbono. A continuación, le haremos un análisis estático y un ensayo de fatiga a cada pieza con cada uno de los materiales, por último, obtendremos unos resultados y a través de estos, si ninguno de nuestros diseños cumple, se hará un rediseño, obteniendo así piezas que cumplan. Después y para finalizar el proyecto haremos una conclusión final en la que se hará un resumen de las características mecánicas más influyentes de los modelos, así como del peso y el precio.

Objetivos

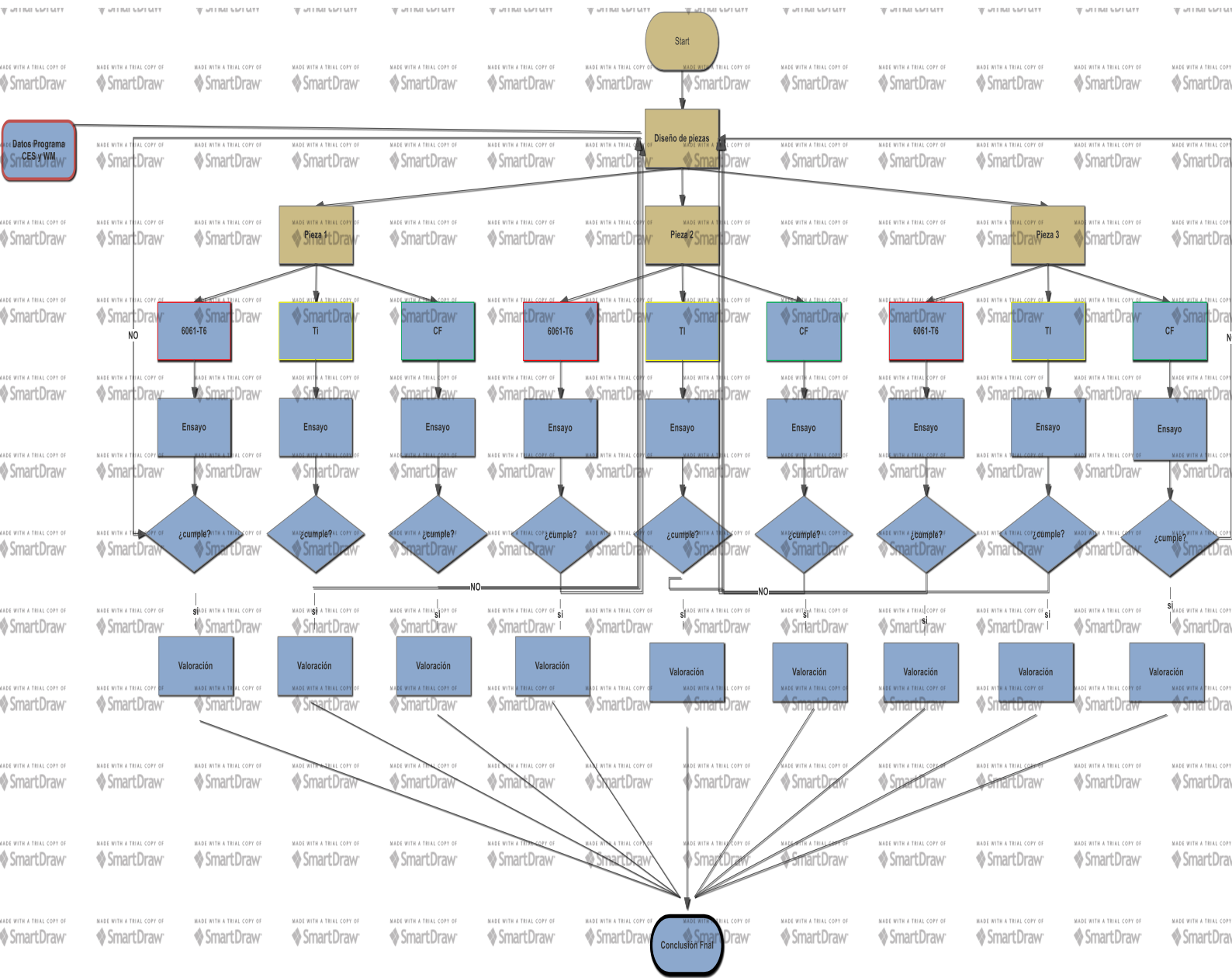


Ilustración 14 Diagrama de flujo de los objetivos

Desarrollo del proyecto

III. DESARROLLO PROYECTO

En este apartado nos centraremos en la construcción de los modelos mediante el uso del programa de modelado virtual en tres dimensiones Solid Works. Las medidas de estos modelos han sido extraídas como se ha indicado previamente haciendo uso de un modelo real de la pieza a estudiar, extrayendo de este las medidas esenciales como ángulos y medidas reales entre los orificios de la pieza, pudiendo garantizar que los rediseños cumplirán con las características dimensionales requeridas.

III.1. DISEÑO INICIAL PROTOTIPOS

III.1.1. Pieza 1

Paso 1:

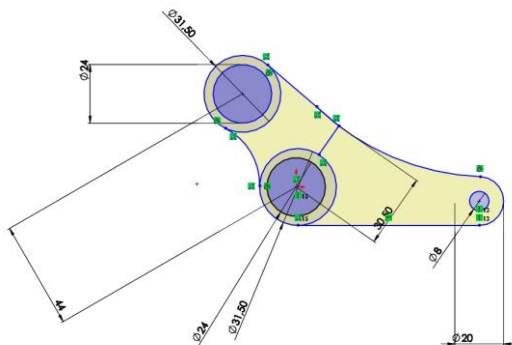


Ilustración 15 Plano sobre el que se hizo la pieza

Mediante el uso de un pie de rey y un medidor de ángulos, se dibujó el contorno de la pieza directamente, en el plano de Alzado, una vez se obtuvo el croquis de la ilustración nº 12 se utilizó a operación “extruir base/saliente”, obteniendo el bloque principal sobre el que se realizaría la pieza definitiva.

Desarrollo del proyecto

Paso 2:

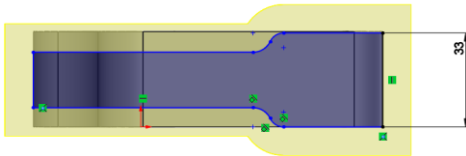


Ilustración 16 Planta del modelo

Como la vista de la planta no es un rectángulo, se procede a hacer un croquis sobre esta vista con el contorno deseado, a continuación, se utiliza la operación “extruir corte”.

Paso 3:



Ilustración 17 Planta del modelo

La pieza de un vaciado en la parte derecha de la planta ya que por esta parte será donde, de manera exterior anclará con el amortiguador. Por lo que mediante la operación “extruir corte” obtenemos el modelado de esta parte.

Desarrollo del proyecto

Debido a que este mecanizado tiene dos niveles, primero dibujaremos la primera parte del mecanizado y extruiremos un corte.

Paso 6:

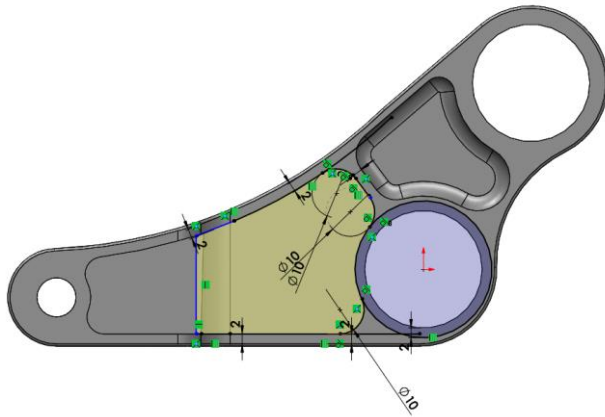


Ilustración 20 Parte b del mecanizado inferior

Sobre la cara de la pieza, dibujaremos la otra parte del mecanizado y volveremos a extruir, al tener el mismo dibujo en la otra cara, este proceso también se repetirá en esta, obteniendo así el mecanizado en las caras que diferencia a ambas piezas.

Paso 7:

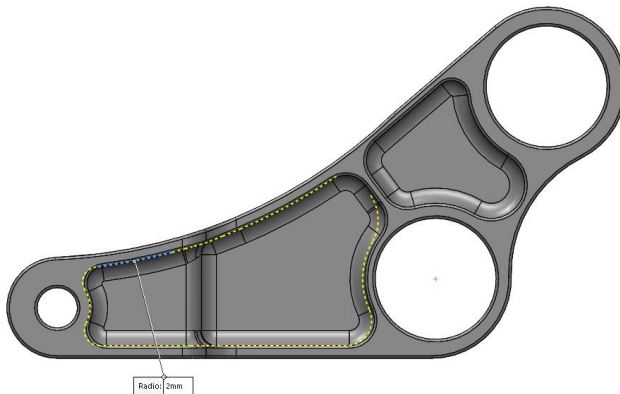


Ilustración 21 Redondeo de aristas

Desarrollo del proyecto

Mediante la herramienta “redondear” primero redondeamos los contornos del mecanizado, estos tienen un radio de redondeo de 2mm.

Paso 8:

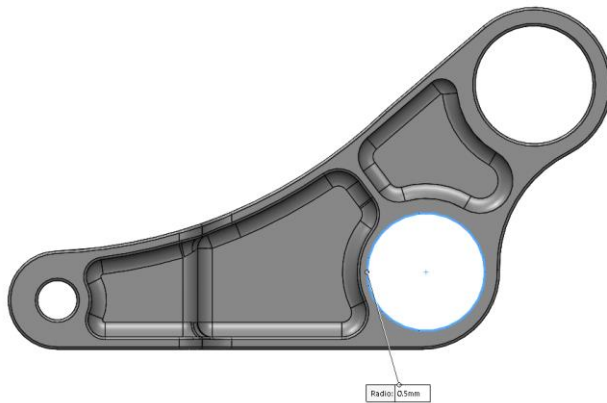


Ilustración 22 Redondeo de las demás aristas

Las demás aristas se redondearán también, pero en este caso con un radio de 0.5mm.

Desarrollo del proyecto

III.1.2. Pieza 2

Debido a que esta pieza se trata de una pieza de iguales dimensiones a la anterior excepción del mecanizado sobre sus caras, el proceso de construcción será el mismo hasta el paso 3.

Paso 4:

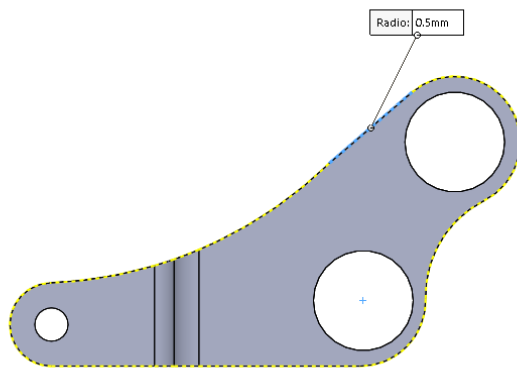


Ilustración 23 Redondeo de la segunda pieza

Debido a que esta pieza no posee mecanizados en sus caras pasamos directamente a redondear sus aristas con un radio de 0.5mm.

Desarrollo del proyecto

III.1.3. Pieza 3

La Pieza tres es diferente a las anteriores ya que con esta solo guarda las disposiciones de los anclajes.

Paso 1:

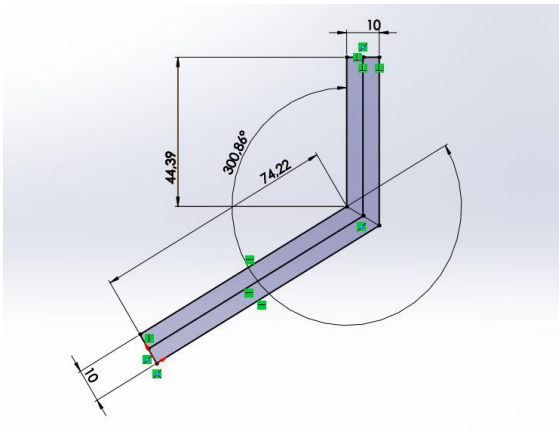


Ilustración 24 Base de la pieza 3

En primer lugar, pase esta pieza se realizó la disposición del chasis tubular, después mediante la operación “barrido” se realizó el chasis.

Paso 2:

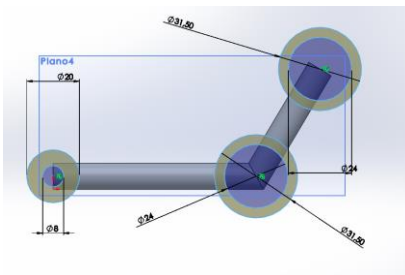


Ilustración 25 Disposición de los orificios de anclajes.

Después, haciendo uso de la geometría de referencia, creamos un plano paralelo a la vista lateral sobre el que dibujaremos los orificios correspondientes a los anclajes de la pieza.

Desarrollo del proyecto

Paso 3:

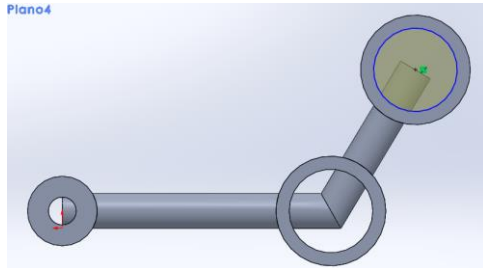


Ilustración 26 Vista lateral de la pieza 3

Con la herramienta “extruir corte” extruimos un corte de una circunferencia de exactamente el mismo diámetro que el diámetro interior de la circunferencia hecha anteriormente.

Paso 4:

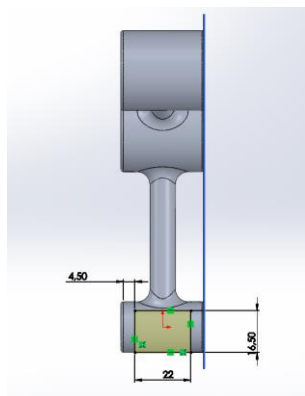


Ilustración 27 Planta de la pieza

Para realizar el anclaje exterior de la pieza al amortiguador, sobre la planta extruimos el corte de un croquis con las medidas del rectángulo de la cavidad interior.

Desarrollo del proyecto

Paso 5:



Ilustración 28 Redondeo de los anclajes

Como este radio es diferente a todos los demás ya que este simula el anclaje del chasis con las piezas de los orificios, será diferente y de 5mm de diámetro.

Paso 6:

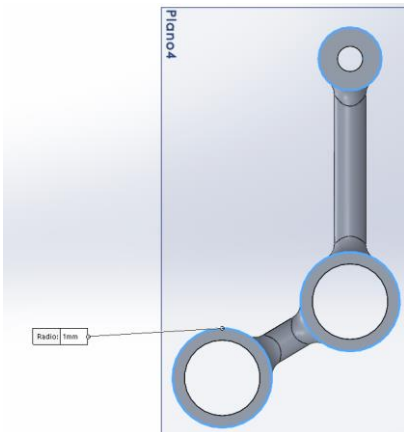


Ilustración 29 Redondeo del resto de aristas

Las aristas restantes del modelo se redondearán, como en el resto de casos, con un diámetro de 0.5mm.

Desarrollo del proyecto

Recopilando las imágenes de los tres modelos definitivos:

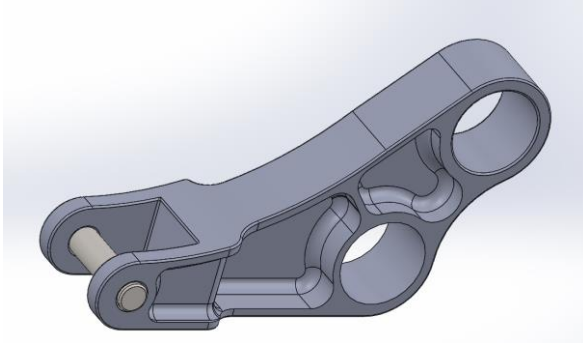


Ilustración 30 Modelo real

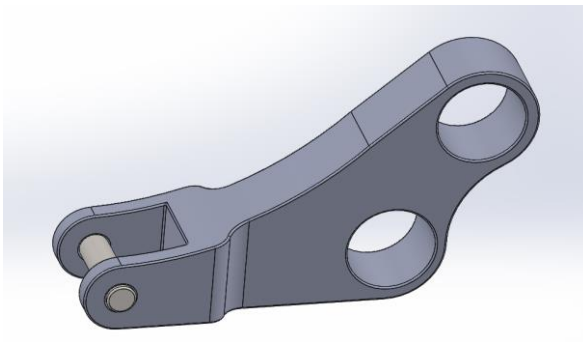


Ilustración 31 Modelo sin mecanizado en las caras

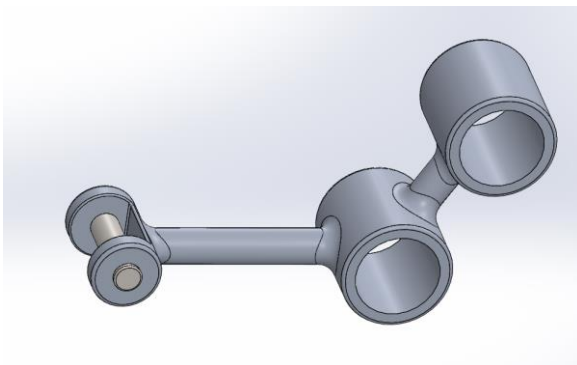


Ilustración 32 Modelo chasis tubular

Desarrollo del proyecto

III.2. Cinemática del conjunto

Para entender la cinemática del modelo antes habremos de decir que la pieza se estudiará como un sólido libre sometido a un esfuerzo vertical, este es transmitido directamente por otro elemento de transmisión cuya misión es hacer de anclaje intermedio entre el basculante trasero y la bieleta encargada de la transmisión de esfuerzos al amortiguador, esta última es la que se estudiará a continuación.

La Bieleta sobre la que se desarrollará el proyecto consta de tres orificios de anclaje, en su posición original el orificio de más diámetro correspondiente con el orificio situado más a la derecha, se anclará a forma de bisagra al cuadro, actuando mediante rodamientos, ya que sobre este girará todo el basculante trasero, en el orificio central, del mismo diámetro que el anterior, actuará la bieleta antes señalada y encargada de transmitir el esfuerzo vertical, estas dos bieletas se anclarán mediante rodamiento, por último se encuentra el orificio de anclaje de bieleta y amortiguador, este es el representado por el cilindro de menos diámetro. Esta unión se dará mediante un pasador-cojinete.

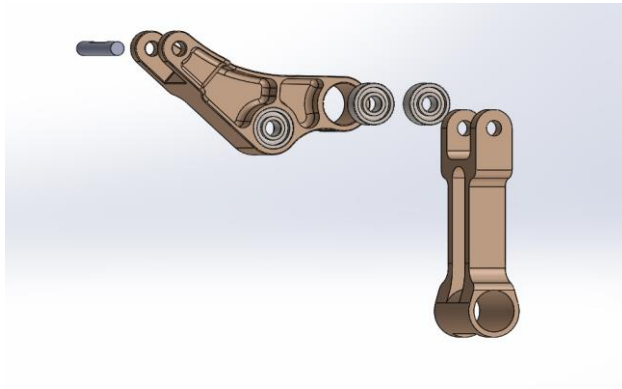


Ilustración 33 Explosionado del conjunto de Bieletas del modelo

Desarrollo del proyecto

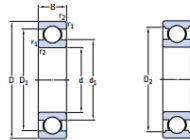
III.2.1. Anclajes del modelo

III.2.1.1. Anclaje en los orificios de 26mm diámetro

Mediante estos orificios, la bieleta irá anclada por una parte al cuadro, lugar donde pivota todo el basculante y por otro lado a una bieleta encargada de transmitir los esfuerzos provenientes de la rueda trasera. En el diseño del programa esta será representada como la fuerza aplicada al ensamblaje.

Los rodamientos elegidos para esta pieza habrán de tener las siguientes características, De de 26mm, Di de 10mm, también deben ser rodamientos que puedan trabajar a esfuerzos radiales y sin un número importante de revoluciones ya el rodamiento nunca llegará a dar una vuelta completa durante un ciclo de amortiguamiento.

Buscando en el catálogo de rodamientos de la marca SKF observamos lo siguiente:



Principal dimensions			Basic load ratings		Fatigue load limit	Speed ratings		Mass	Designation
d	D	B	C	C ₀	P _u	Reference speed	Limiting speed		
mm			kN		kN	r/min		kg	-
10	19	5	1,72	0,83	0,036	80 000	48 000	0,0053	61800
	26	8	4,75	1,96	0,083	67 000	40 000	0,019	* 6000
	30	9	5,4	2,36	0,1	56 000	36 000	0,031	* 6200
	35	11	8,52	3,4	0,143	50 000	32 000	0,053	* 6300

Tabla 1 Tabla extraída del catálogo de rodamientos SKF

Dado que se trata de un rodamiento sometido a pocas revoluciones por minuto observamos que este será el rodamiento adecuado para nuestro proyecto ya que dinámicamente aguantará una fuerza total de 4.75 KN y estáticamente 1.96 KN, por lo que cumplirá con las exigencias.

Desarrollo del proyecto

A su vez, estos rodamientos irán sujetos por circlips, para evitar que puedan moverse, el modo de sujeción de estos será el siguiente:

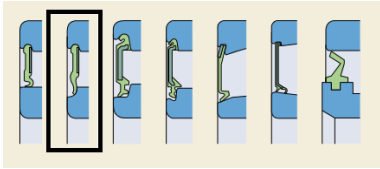


Ilustración 34 diferentes tipos de circlips

III.2.1.2. Anclaje en los orificios de 8mm Di

En el caso del anclaje de la pieza con el amortiguador, cabe destacar que esta se ve ligada al muelle mediante un cojinete de radio 4.

Dado que el amortiguador tiene un diámetro de 8mm en su orificio de anclaje, el cojinete es el más idóneo, ya que de esta forma evitamos dos rodamientos de Di 8mm, lo que haría que la pieza en su extremo fuese demasiado grande, entorpeciendo dinámica del mecanismo. Por otro lado, cabe destacar que, haciendo mención al objetivo principal de este deporte, reducir peso, con el cojinete ahorramos una pieza de anclaje demasiado grande en el extremo de la conexión con el amortiguador y también cambiamos dos rodamientos por un simple cojinete, hecho que también alarga la vida útil de este punto de anclaje.



Ilustración 35 Cojinete de anclaje con el amortiguador

Desarrollo del proyecto

III.3. DISEÑO LOS MATERIALES

III.3.1. Aleación de aluminio 6061-T6

A la vista de la construcción de bicicletas las aleaciones de aluminio son materiales recurrentes debido a su baja masa en relación a sus excelentes características mecánicas, en nuestro caso haremos uso de una aleación de aluminio de la serie 6061-T6. La T denomina a materiales que han sido endurecidos por tratamientos térmicos con o sin endurecimiento por deformación posterior. En nuestro caso, T6 nos indica que ha sido tratado térmicamente y envejecido artificialmente. Son designados de esta forma los productos que después de un proceso de conformado a alta temperatura (moldeo o extrusión) no son endurecidos, sino que sufren un envejecimiento artificial.

Por lo que el aluminio 6061 es una aleación de aluminio endurecido que contiene como principales elementos aluminio, magnesio y silicio.

La concentración de esta aleación varía a lo largo de su gama, pero para nuestro caso, 6061-T6 la composición es la siguiente:

Elemento	Mínimo (%)	Máximo (%)
Silicio	0,4	0,8
Hierro	0	0,7
Cobre	0,15	0,4
Manganeso	0	0,15
Magnesio	0,8	1,2
Cromo	0,04	0,35
Zinc	0	0,25
Titanio	0	0,15

Ilustración 36 Composición 6061-T6

Las características generales de este material serán:

Tabla 2 Propiedades del 6061-T6

	E (MPa)	v	Re (MPa)	D (Kg/m ³)	Dureza Brinell (HB)	Tiempo de maduración (horas)
6061-T6	69000	0.3	275	2700	95	8-175°/6-185°

Desarrollo del proyecto

Modulo elástico o de Young: 69000 MPa

Coefficiente de Poisson: 0,3

Límite elástico: 275 MPa

Densidad: 2700 Kg/m³

III.3.2. Titanio

El titanio es un elemento químico que aparece en la tabla periódica, este se encuentra en la zona de los metales de transición, se caracteriza por tener una elevada ligereza y una gran dureza, por esto también es usado en estructuras que requieren de estas cualidades, siempre que el factor económico no sea determinante.

El titanio también es usado en elementos sometidos a una fuerte fatiga debido a que presenta un buen comportamiento a esta, en nuestro caso el factor más importante será la fatiga. También cabe destacar que el titanio presenta una vida útil más larga que cualquier otro material utilizado para piezas con estos entornos de trabajo.

Tabla 3 Propiedades del Ti

	E (MPa)	v	R _E (MPa)	G (MPa)	d (Kg/m ³)
Ti	110000	0.33	140	43000	4600

Módulo de Young: 110000 MPa

Coefficiente de Poisson: 0.33

Límite elástico: 140 MPa

Modulo cortante: 43000 MPa

Densidad: 4600 Kg/m³

Desarrollo del proyecto

III.3.3. Fibra de carbono

Los materiales compuestos han irrumpido en todos los ámbitos en los últimos años, en el sector del deporte de la bicicleta a día de hoy este es el más utilizado debido a que el factor más condicionante es el peso. La fibra de carbono presenta características mecánicas equiparable a la de los metales y además también tiene una densidad mucho menor a la mayoría de estos.

En el proyecto se utilizará una fibra de carbono mezclada con una resina epoxi en proporciones de 70%CF 30% Resina, con las siguientes características:

Fibra de Carbono HM

$$E_{Lf} = 379.212 \text{ MPa}$$

$$E_{Tf} = 62.053 \text{ MPa}$$

$$\nu_{LTf} = 0,20$$

$$\nu_{TfTf} = 0,25$$

$$G_{LTf} = 75.842 \text{ MPa}$$

$$G_{TfTf} = 48.263 \text{ MPa}$$

$$X_{Hf} = 2.500 \text{ MPa}$$

$$X_{cf} = 1.500 \text{ MPa}$$

$$\rho_f = 1,8 \text{ g/cm}^3$$

Propiedad

E = Módulo de elasticidad

G = Módulo de cortadura

ν = Módulo de Poisson

X = Tensión de rotura

S = Tensión de rotura a cortadura

ρ = Densidad

V = Fracción en volumen de fibras

Resina epoxi

$$E_m = 3.500 \text{ MPa}$$

$$\nu_m = 0,35$$

$$G_m = \text{Material isotrópico } G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)}$$

$$X_{tm} = 55 \text{ MPa}$$

$$X_{cm} = 103 \text{ MPa}$$

$$S_m = 55 \text{ MPa}$$

$$\rho_m = 1,2 \text{ g/cm}^3$$

Subíndice

L = Longitudinal

T = Transversal

LT = Longitudinal - Transversal (xy)

TT = Transversal - Transversal (yz)

t = tracción

c = compresión

f = fibra

m = matriz

Ilustración 37 Características de la fibra de carbono y la resina.

Debido a que se trata de un material ortotrópico elástico lineal, habremos de hacer un cálculo del laminado mediante el uso del programa ElamX2, este programa se utilizará debido a que el espesor del laminado requiere de un número de capas superior al que nos permite usar la versión de estudiantes de SW. Mediante el uso de las fórmulas de Chamis obtendremos los datos necesarios para crear el material en el programa ElamX2.

Desarrollo del proyecto

Las ecuaciones para calcular los valores de las características mecánicas principales serán:

CONSTANTES ELÁSTICAS

$$E_x = E_{Lf} \cdot V_f + E_m \cdot (1 - V_f)$$

$$E_y = \frac{E_m}{1 - \sqrt{V_f} \cdot \left(1 - \frac{E_m}{E_{Tf}}\right)}$$

$$E_z = E_y$$

$$G_{xy} = \frac{G_m}{1 - \sqrt{V_f} \cdot \left(1 - \frac{G_m}{G_{LTf}}\right)}$$

$$G_{xz} = G_{xy}$$

$$G_{yz} = \frac{G_m}{1 - \sqrt{V_f} \cdot \left(1 - \frac{G_m}{G_{TTf}}\right)}$$

$$v_{xy} = v_{LTf} \cdot V_f + v_m \cdot (1 - V_f)$$

$$v_{xz} = v_{xy}$$

$$v_{yz} \rightarrow \text{En material transversalmente isotrópico se cumple: } G_{yz} = \frac{E_y}{2 \cdot (1 + v_{yz})}$$

CONSTANTES RESISTENTES

$$X_t = V_f \cdot X_{Lf}$$

$$V_t = X_{Tm} \cdot \left[1 - (\sqrt{V_f} - V_f) \cdot \left(1 - \frac{E_m}{E_{Tf}}\right)\right]$$

$$X_c = V_f \cdot X_{cf}$$

$$V_c = X_{cm} \cdot \left[1 - (\sqrt{V_f} - V_f) \cdot \left(1 - \frac{E_m}{E_{Tf}}\right)\right]$$

$$S_{xy} = S_m \cdot \left[1 - (\sqrt{V_f} - V_f) \cdot \left(1 - \frac{G_m}{G_{LTf}}\right)\right]$$

Ilustración 38 Formulas de Chamis

Siendo:

Propiedad

E = Módulo de elasticidad

G = Módulo de cortadura

v = Módulo de Poisson

X = Tensión de rotura

S = Tensión de rotura a cortadura

ρ = Densidad

V = Fracción en volumen de fibras

Subíndice

L = Longitudinal

T = Transversal

LT = Longitudinal - Transversal (xy)

TT = Transversal - Transversal (yz)

t = tracción

c = compresión

f = fibra

m = matriz

Ilustración 39 Nomenclatura de las propiedades del material

Desarrollo del proyecto

Mediante el uso del programa Excel, introduciendo las anteriores formulas obtenemos los siguientes resultados:

PROPIEDAD	VALOR	UNIDADES
Módulo elástico en X	266.498,4	N/mm ²
Módulo de elasticidad en Y	16.624,67	N/mm ²
Módulo de elasticidad en Z	16.624,67	N/mm ²
Coefficiente de Poisson en XY	0,245	N/D
Coefficiente de Poisson en YZ	0,1915	N/D
Coefficiente de Poisson en XZ	0,245	N/D
Módulo cortante en XY	7.297,33	N/mm ²
Módulo cortante en YZ	6.976,41	N/mm ²
Módulo cortante en XZ	7.297,33	N/mm ²
Densidad de la masa	1.020	Kg/m ³
Límite elástico	1.575	N/mm ²

Tabla 4 Propiedades del material más destacables

Una vez obtenidos todos estos datos, Vemos que estos datos obtenidos son para una sola capa de espesor uniforme, por lo que no podremos aplicar este material a los diseños que ya teníamos, ya que estos diseños tienen un espesor superior al de una sola lámina. Por lo que haremos uso del programa ElamX2 para crear el material, pero además hemos de hacer un rediseño.

En el programa, para crear el material se procederá de la siguiente forma; primero crearemos una fibra, para ello entramos en el programa y creamos una fibra con los datos que ya tenemos:

Desarrollo del proyecto

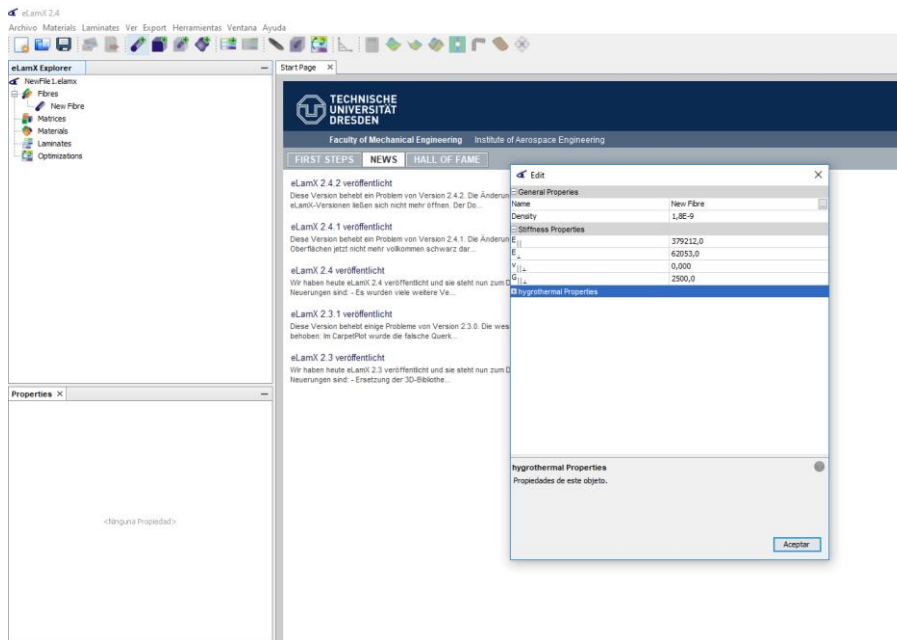


Ilustración 40 Creación de la fibra en el programa ElamX2

Una vez creada la fibra creamos la matriz, por lo que clicamos en la opción inmediatamente inferior de la fibra:

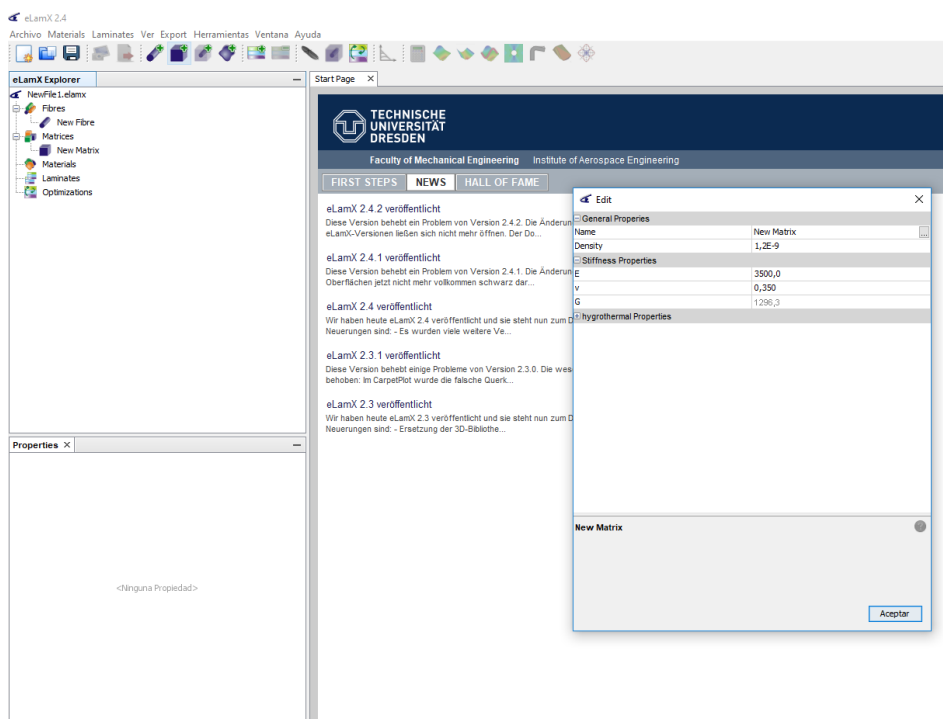


Ilustración 41 Creación de la matriz en el programa ElamX2

Desarrollo del proyecto

Con la fibra y la matriz, podemos calcular las características de una sola capa de este material, clicamos en la opción inferior de nuevo:

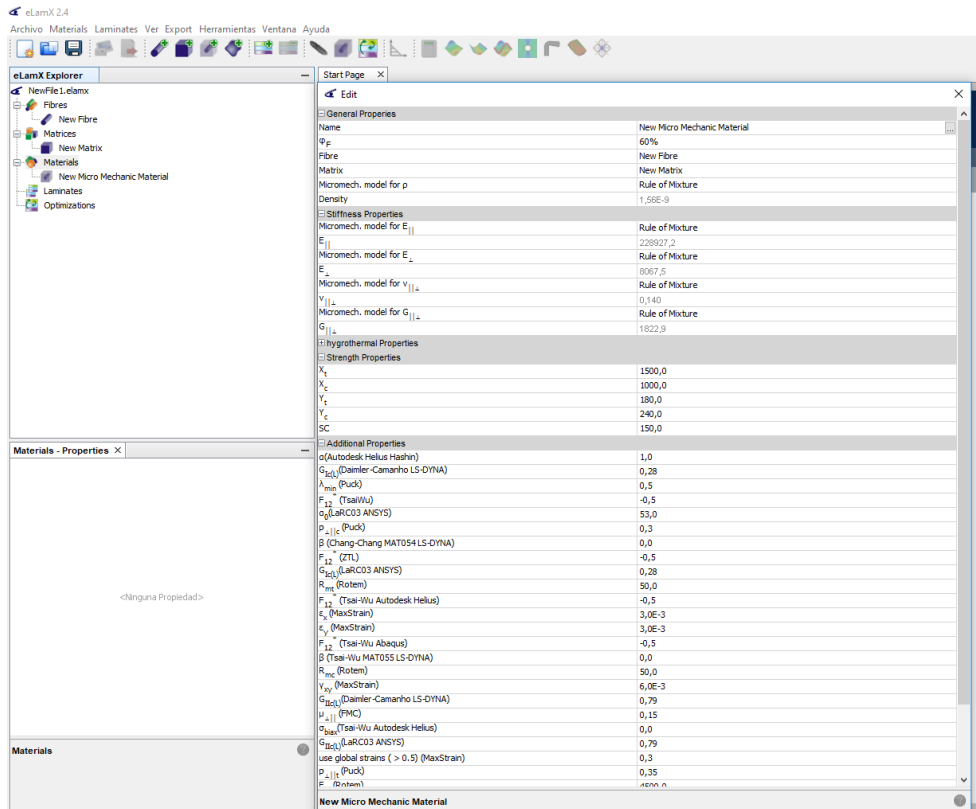


Ilustración 42 Creación de una sola capa del laminado

Por último, creamos el material de 65 láminas de este material con orientaciones a intervalos de 15° y simétricos con una lámina intermedia, clicamos en la opción inferior por último y añadimos las 65 capas:

Desarrollo del proyecto

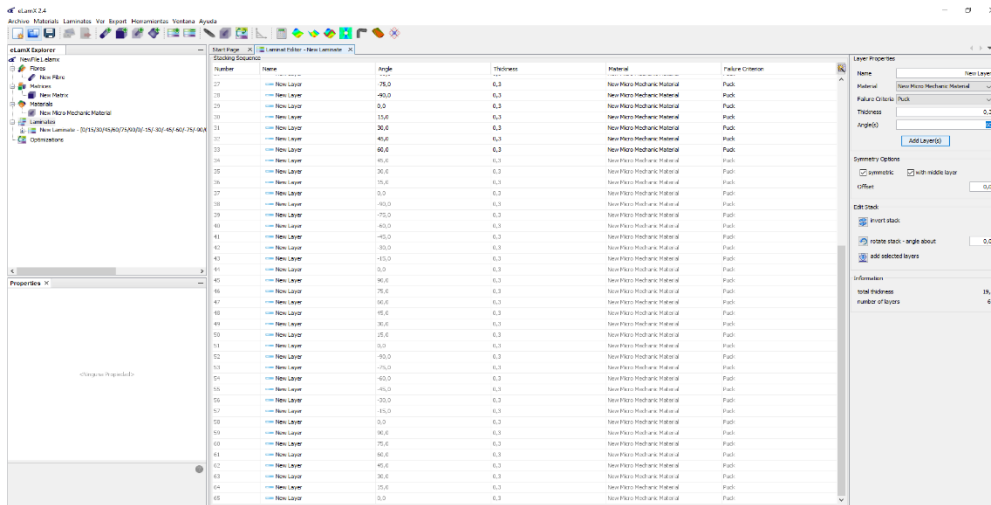


Ilustración 43 Laminado

Por último, clicamos en el material creado y seleccionamos ver constantes ingenieriles:

Engineering Constants

	without Poisson		with Poisson	
	Membrane	Flexural	Membrane	Flexural
E_x	= 100606,1	109601,6	91729,2	99606,0
E_y	= 86216,3	79187,6	79179,6	71537,2
G_{xy}	= 26990,9	26007,6	26590,9	24518,7
ν_{xy}	= -	-	0,298	0,288
ν_{yx}	= -	-	0,257	0,207
t_{tot}	=	19,5		
Area Weight	=	3,042E-8		

Ilustración 44 Constantes ingenieriles

Con estas constantes ya podemos crear el material en el programa SW, señalando que se trata de un material ortotrópico y añadiendo su geometría de referencia.

Desarrollo del proyecto

Una vez tenemos las constantes ingenieriles del laminado del espesor deseado, creamos un nuevo material en SolidWorks, para crearlo se procederá de la siguiente manera:

Nos vamos a aplicar el material y clicamos botón derecho sobre la opción de materiales personalizados, y seleccionamos la opción de nuevo material.

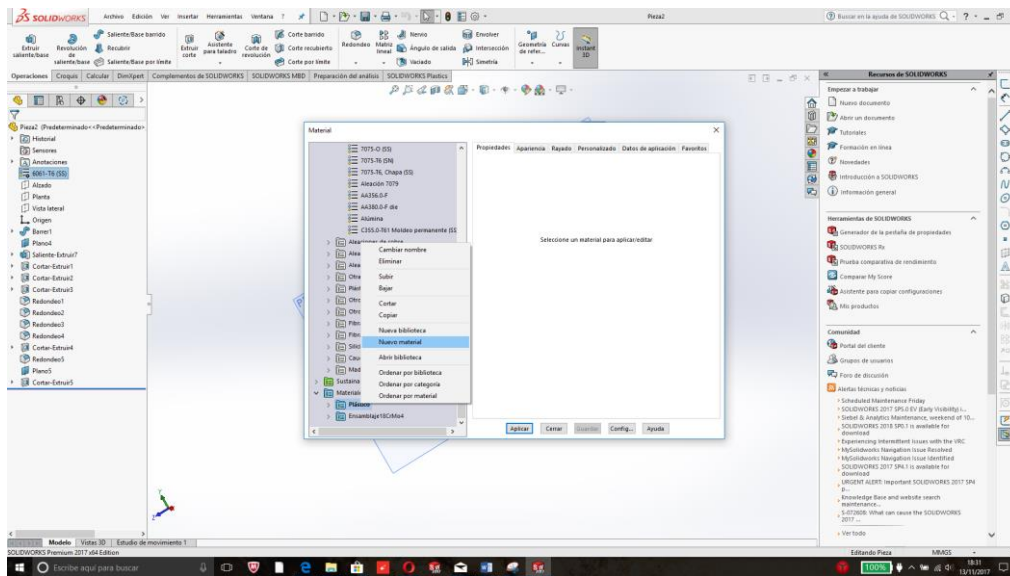


Ilustración 45 Creación del material en Solid

Una vez dentro, le cambiaremos el nombre y seleccionamos la opción de material ortotrópico, por lo que nos aparecerá una pantalla donde aplicaremos los datos obtenidos del programa ElaX2 y le daremos a aplicar, de este modo el modelo ya

Desarrollo del proyecto

estará listo para realizarle los ensayos correspondientes.

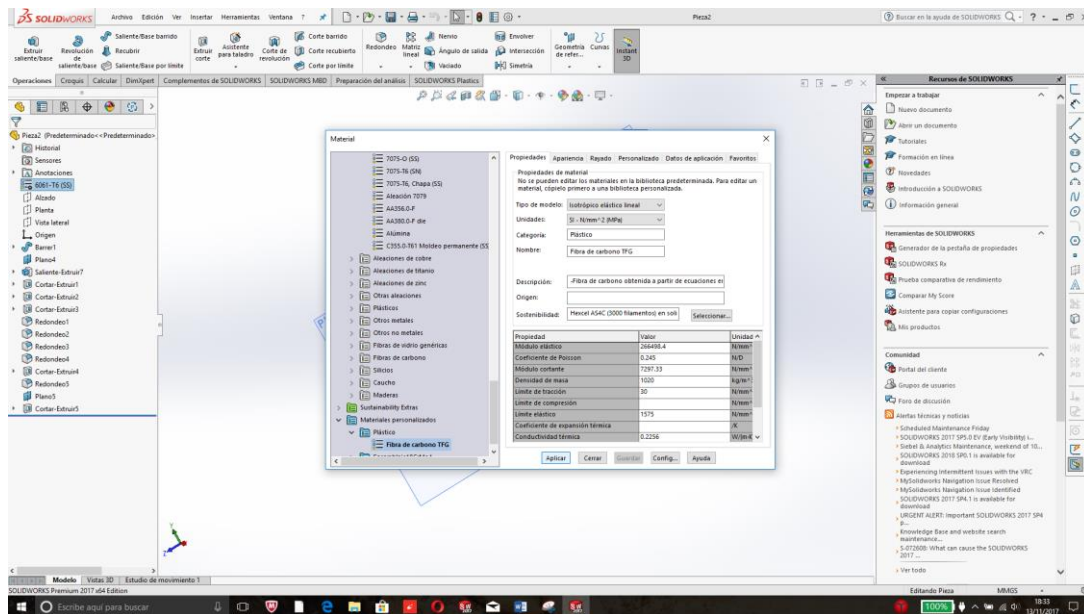


Ilustración 46 Aplicación del material

Ahora aplicaremos el material y se comportará acorde a los datos obtenidos del laminado de espesor deseado introducido en el programa.

Desarrollo del proyecto

III.4. NORMATIVA APLICABLE

La normativa aplicable al proyecto será la norma **UNE-EN ISO 4210**, esta norma es la normativa utilizada para los requisitos de seguridad para bicicletas. Esta se conforma de las siguientes partes:

ISO 4210-1:2014 Ciclos. Requisitos de seguridad para bicicletas. Parte 1: Términos y definiciones.

ISO 4210-3:2014, Ciclos. Requisitos de seguridad para bicicletas. Parte 3: Métodos de ensayo comunes.

ISO 4210-4:2014, Ciclos. Requisitos de seguridad para bicicletas. Parte 4: Métodos de ensayo de frenado.

ISO 4210-5:2014, Ciclos. Requisitos de seguridad para bicicletas. Parte 5: Métodos de ensayo de la dirección.

ISO 4210-6:2015, Ciclos. Requisitos de seguridad para bicicletas. Parte 6: Métodos de ensayo del cuadro y la horquilla.

ISO 4210-7:2014, Ciclos. Requisitos de seguridad para bicicletas. Parte 7: Métodos de ensayo para ruedas y llantas.

ISO 4210-8:2014, Ciclos. Requisitos de seguridad para bicicletas. Parte 8: Métodos de ensayo de los pedales y del pedalier.

ISO 4210-9:2014, Ciclos. Requisitos de seguridad para bicicletas. Parte 9: Métodos de ensayo de los sillines y puestos de asiento.

En nuestro caso nos centraremos en el caso 6, métodos de ensayo del cuadro y la horquilla.

Esta parte de la norma es la encargada de estudiar de qué forma afectaran los diferentes esfuerzos a los que pueda estar sometido un cuadro de bicicleta mediante ensayos que simulan dichos ensayos, estos esfuerzos provendrán tanto de la

Desarrollo del proyecto

interferencia del pedaleo con el cuadro, así como los esfuerzos transmitidos por el pedaleo.

Al tratarse de una pieza encargada de transmitir fuerzas verticales, el método de ensayo será el correspondiente al sub apartado 4.5; Cuadro, ensayo de fatiga con una fuerza vertical situado a su vez en el apartado 4 (cuadro) del punto 6 de la norma UNE-EN ISO 4210.

Desarrollo del proyecto

III.5. ESTUDIO Y DEFINICIÓN DE ESTADOS TENSIONALES

III.5.1. Según catálogo del fabricante

Como bien se ha especificado en apartados anteriores, de la página web del fabricante extraemos la carrera máxima del amortiguador, así como la fuerza que habrá que aplicarle para que se de esta carrera, los datos son los siguientes:

-Carrera máxima: 2,8 pulgadas

-Fuerza a aplicar: 350 libras

Ya que en el SW trabajaremos en unidades del sistema internacional, haremos el cambio de unidades:

$$S \text{ Pulgadas} = \frac{0.0254 \text{ m}}{1 \text{ Pulgada}} = \frac{2.8 \text{ Pulgadas} * 0.0254 \text{ m}}{1}; S = 0.0711 \text{ m}$$

$$F \text{ Libras} = \frac{0.45436 \text{ Kg}}{1 \text{ Libra}} * \frac{9.81 \text{ N}}{1 \text{ Kg}} = \frac{350 \text{ Libras} * 0.45436 \text{ Kg} * 9.81 \text{ N}}{1}; F = 1560.1 \text{ N}$$

Mediante la ley de Hooke podremos sacar la K del muelle:

$$\text{Ley de Hooke; } F = K * S$$

→ Tenemos tanto F como S, despejamos K:

$$F = K * S; K = \frac{F}{S} = \frac{1560.1 \text{ N}}{0.0711 \text{ m}} = 21942.33 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Desarrollo del proyecto

Al tratarse de una bieleta que actúa como una bisagra, ya que pivota en el chasis de la bici, esta tendrá una fuerza de entrada para poder dar esta fuerza de salida:

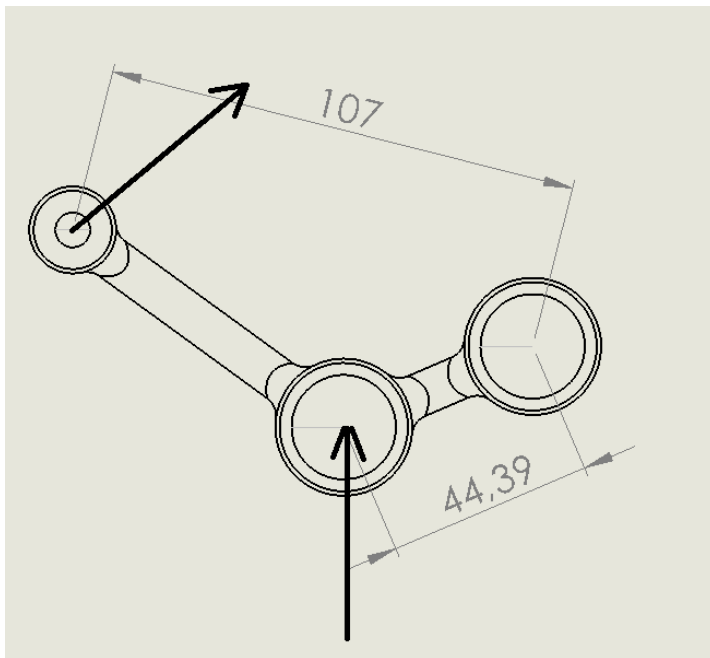


Ilustración 47 Distribución de fuerzas

Si calculamos Momentos con respecto al anclaje de la derecha, al tener las dos distancias requeridas podremos obtener la fuerza entrante:

Siendo $F = 1560,1 \text{ N}$; $D = 0.106$

$$\text{Momento}_{\text{Anclaje}} = F * D; \text{Momento}_{\text{Anclaje}} = 166.07 \text{ N} * \text{m}$$

Por otro lado, el momento ejercido desde el anclaje inferior realizará el mismo momento, por lo que al tener la distancia podremos obtener la fuerza:

Siendo $F = \text{Incógnita}$; $D1 = 0.044 \text{ m}$

$$\text{Momento}_{\text{Anclaje}} = F * D1; F = \frac{\text{Momento}_{\text{Anclaje}}}{D1}; F = 3774.32 \text{ N}$$

Desarrollo del proyecto

III.5.2. Según la norma

El proyecto se hará con respecto a la normativa aplicable a estos casos, en el punto 4.5. de la normativa correspondiente, punto anterior, podemos observar lo siguiente:

4.5. Cuadro. Ensayo de fatiga con una fuerza vertical

4.5.1. Generalidades

Cuando un cuadro es convertible para ciclistas hombre o mujer mediante la retirada de un tubo, se ensaya, con el tubo retirado.

Cuando un cuadro con suspensiones tiene soportes o uniones regulables para hacer variar la resistencia de la bicicleta a la fuerza de contacto con el suelo o para modificar el aspecto de la bicicleta, se posicionan estos componentes regulables de forma que las fuerzas en el cuadro sean máximas. Se asegura la suspensión trasera como se describe en la siguiente imagen:

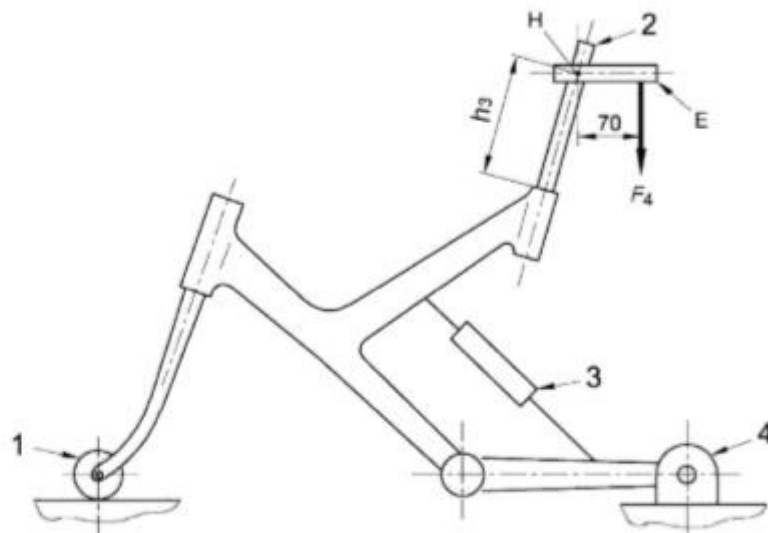


Ilustración 18 Modelo de fuerzas para ensayo a fatiga

Desarrollo del proyecto

Siendo:

H: Posición equivalente al centro de la fijación de sillín con la bicicleta

E: Extensión horizontal rígida hacia detrás

1: Rodillo que puede girar libremente

2: Barra de acero

3: Unión de suspensión rígida

4: Montura pivotante rígida para el punto de fijación del eje trasero

F4: fuerza a la que se someterá.

h3: altura máxima del sillín 250mm

Tabla 5 Fuerzas a aplicar según la norma

Fuerzas en newtons				
Tipo de bicicleta	Bicicletas de paseo	Bicicletas para adultos jóvenes	Bicicletas de montaña	Bicicletas de carreras
Fuerza, F_4	1 000	500	1 200	1 200

Al tratarse de una bicicleta de montaña nuestra fuerza será de 1200N, mediante esta fuerza podremos obtener la fuerza que habremos de aplicar verticalmente en nuestra pieza para así poder incluirla en el programa de simulación.

Otro dato a tener en cuenta de cara a introducir los datos en el programa tendrá que ser que la norma dice que, para ensayos de fatiga, se hará con un número mínimo de ciclos de 50000.

→ Cálculos:

Desarrollo del proyecto

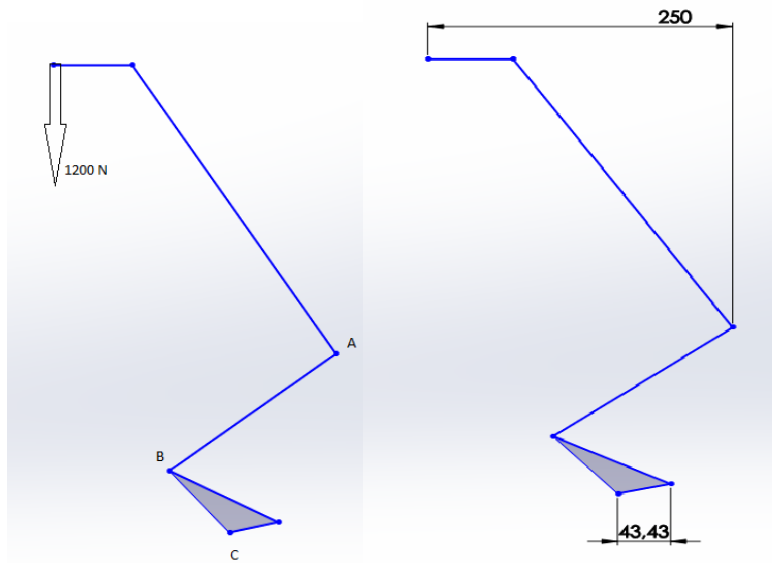


Ilustración 49 Sólido libre del modelo medidas y puntos donde tomar momentos

Para los cálculos haremos uso de las formulas de la estática:

$$\sum MA = -\sum MB; 1200N * 0.25m = F_c * 0.043 \rightarrow F_c = 6976.74 \text{ N}$$

Como se puede observar los momentos en A y B son de igual magnitud, pero de sentido contrario, ya que en el caso del momento en el punto A el momento es anti horario y por lo tanto positivo por la regla del sacacorchos, mientras que el momento ejercido en B no es ni más ni menos que el ejercido por la fuerza aplicada en el punto C y de la cual queremos saber su magnitud, este generará un momento horario y por la misma regla, negativo.

La distancia de 250mm se corresponde con la distancia real entre el punto de aplicación de la fuerza, en este caso en punto final del sillón, y el punto donde ancla el amortiguador y por lo tanto el punto donde tendremos el máximo momento. La distancia de 43.43mm corresponde con la distancia horizontal entre ambos puntos de la figura 42, esta distancia ha sido extraída del modelo construido en el programa SW.

Desarrollo del proyecto

III.6. SIMULACIÓN MEDIANTE FEM

III.6.1. Estudios estáticos de los diseños

-Definición de los parámetros del estudio.

La definición de los parámetros de estudio de los tres modelos en el estudio estático será el mismo. Como bien dice la norma este ha de tratarse como un sólido rígido por lo que al añadirle una bisagra fija a cada uno de sus extremos convertiremos el modelo en hiperestático.

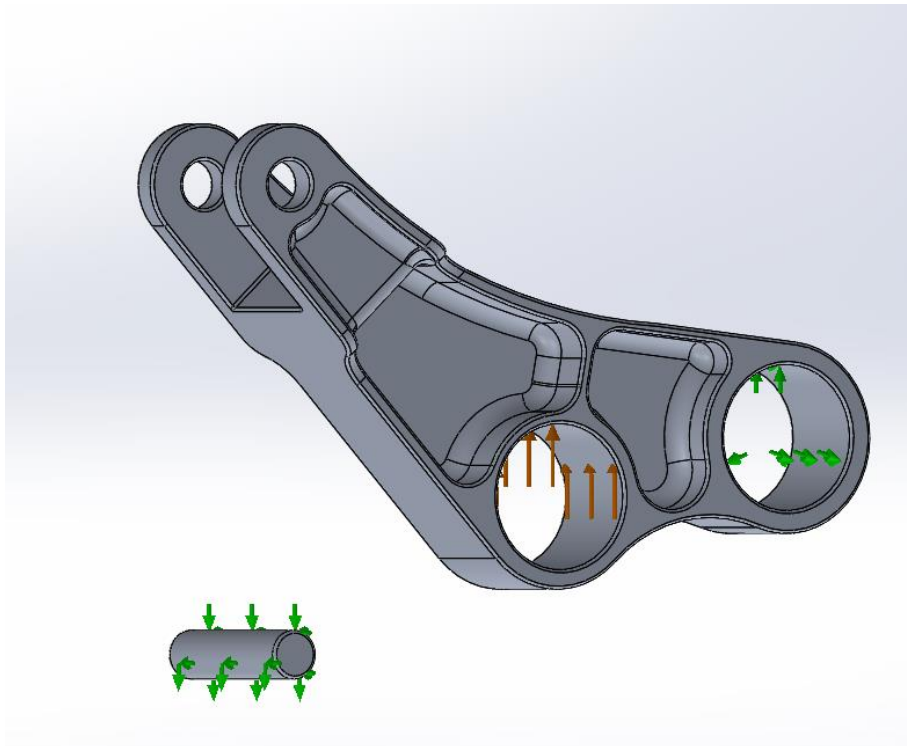


Ilustración 50 Definición de parámetros en Solid

Como podemos observar en la imagen las flechas verdes corresponden a las sujeciones mediante bisagras fijas. Por otro lado, en el orificio central observamos unas flechas verticales, estas son correspondientes a la fuerza que se le aplica al modelo,

Desarrollo del proyecto

estas se sitúan en esta parte ya que esta fuerza será transmitida a través del rodamiento, situado en el interior de este orificio.

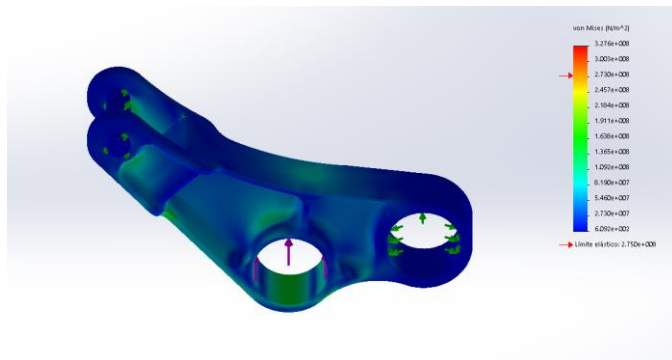
Por último, en la imagen se observa una imagen explosionada del modelo, pero al contraerla también se cambian los contactos ya que el programa trae por defecto un contacto rígido entre las piezas, mientras que el que nosotros tenemos realmente es un contacto puntual sin penetración.

De cada pieza se adjuntarán tres imágenes, cada una de ellas corresponderá con la imagen mostrada por el programa, la primera imagen de cada ensayo con su material correspondiente hará referencia a las tensiones de Von Mises. En esta imagen se mostrarán coloreadas las zonas de máxima tensión en la pieza, la segunda imagen será la correspondiente a la de las deformaciones unitarias, de aquí podremos extraer, gracias al mallado que se le aplica, según la zona, la relación entre la deformación sufrida en esa parte con respecto a la dimensión que habría que tener originalmente, por último, observamos el trazado del factor de seguridad, en este podremos observar el sobredimensionamiento de la pieza, ya que en este caso, se ha aplicado un factor de seguridad de 1.5, quiere decir que podría soportar hasta 1.5 veces más las tensiones aplicadas.

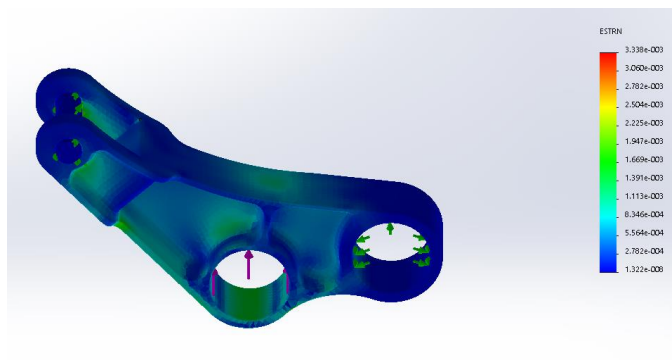
Desarrollo del proyecto

III.6.1.1. Pieza 1

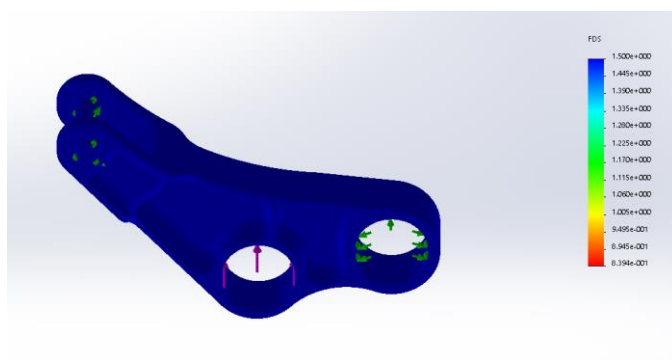
-6061-T6



Tensiones de Von Mises



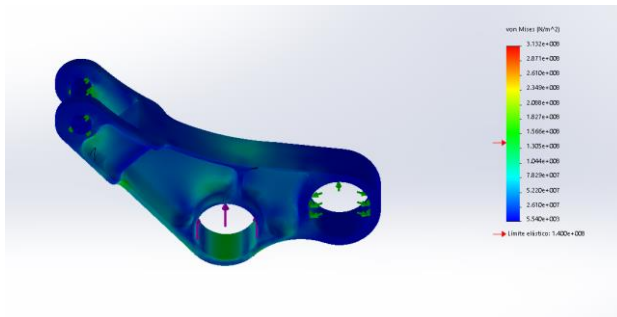
Deformaciones unitarias



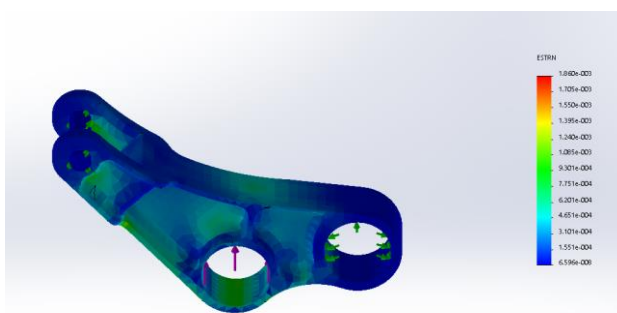
Factor de seguridad

Desarrollo del proyecto

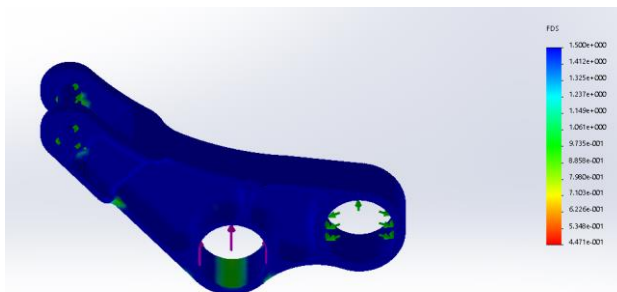
-Ti



Tensiones de Von Mises



Deformaciones unitarias

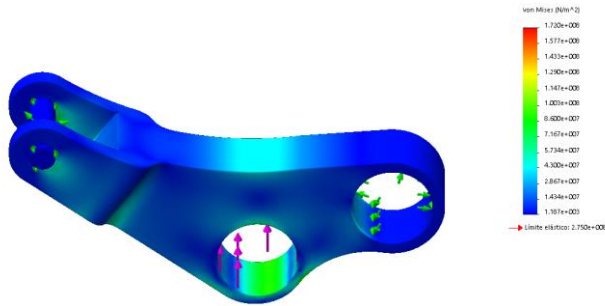


Factor de seguridad

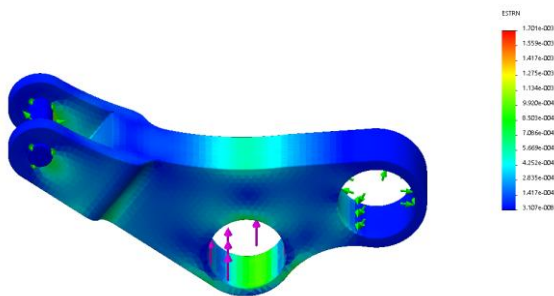
Desarrollo del proyecto

III.6.1.2. Pieza 2

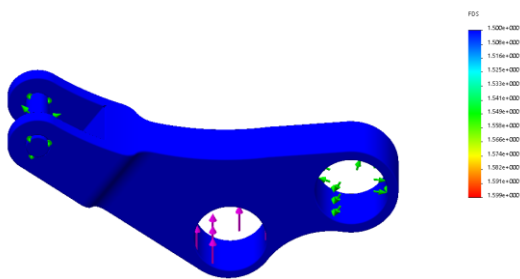
-6061-T6



Tensiones de Von Mises



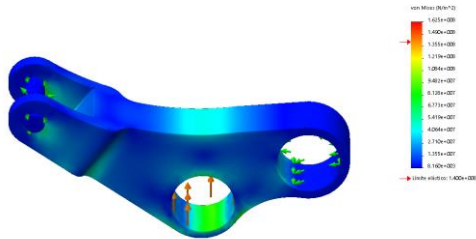
Deformaciones unitarias



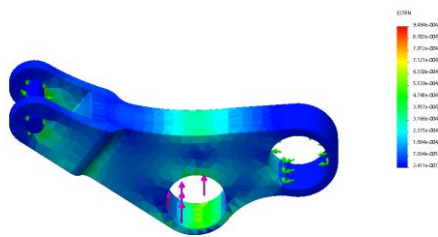
Factor de seguridad

Desarrollo del proyecto

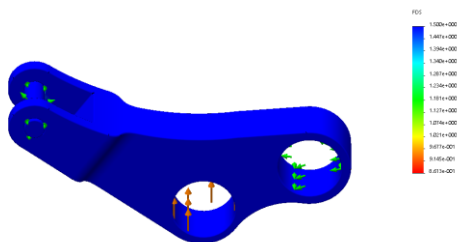
-Ti



Tensiones de Von Mises



Deformaciones Unitarias

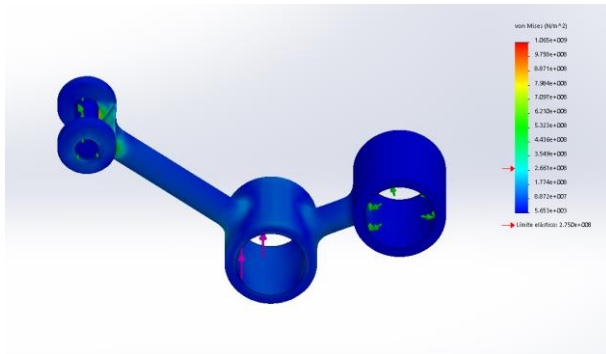


Factor de seguridad

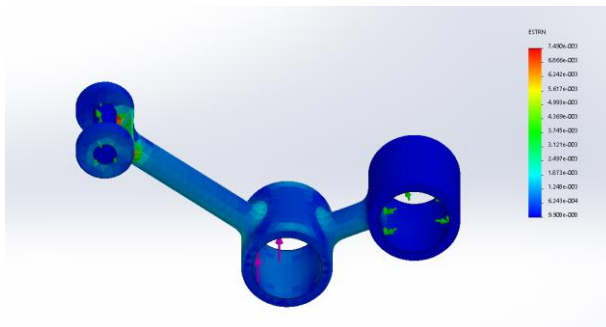
Desarrollo del proyecto

III.6.1.3. Pieza 3

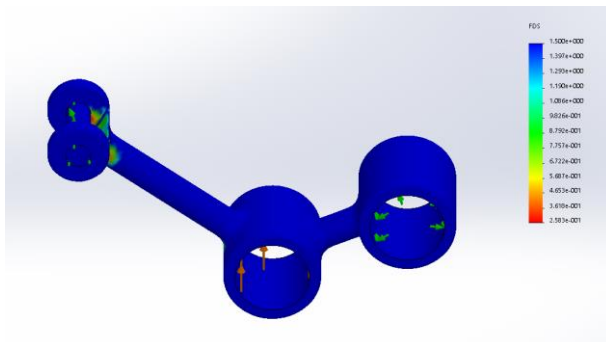
-6061-T6



Tensiones de Von Mises



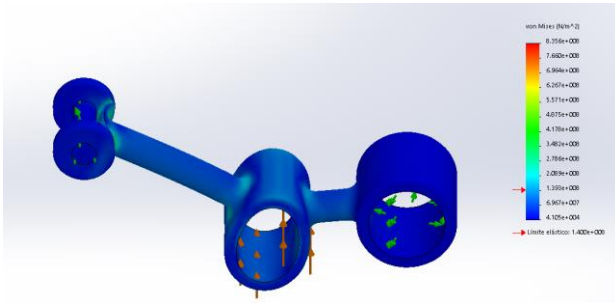
Deformaciones unitarias



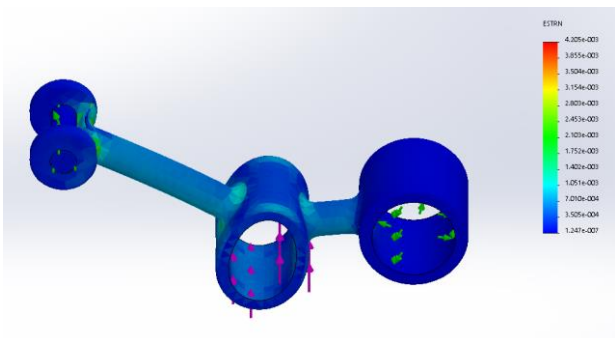
Factor de seguridad

Desarrollo del proyecto

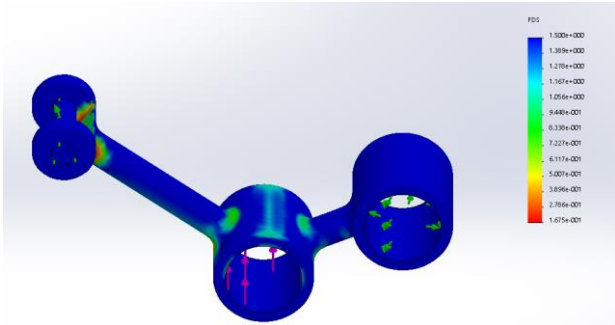
-Ti



Tensiones de Von Mises



Deformaciones unitarias



Factor de seguridad

Desarrollo del proyecto

-Fibra de carbono

Debido a la complejidad de las piezas, hemos de descartar la posibilidad de fabricar las piezas 1 y 3 con fibra de carbono, para construir la pieza 2 de fibra de carbono nos veremos obligados a hacer algunos cambios en este rediseño, debido a que cuando calculamos las características mecánicas de un laminado este es de espesor constante, con estos cambios el anclaje de la pieza al amortiguador se hará mediante un acople exterior y un cojinete que hace a su vez de pasador, repartiendo de esta forma las tensiones máximas en dos.

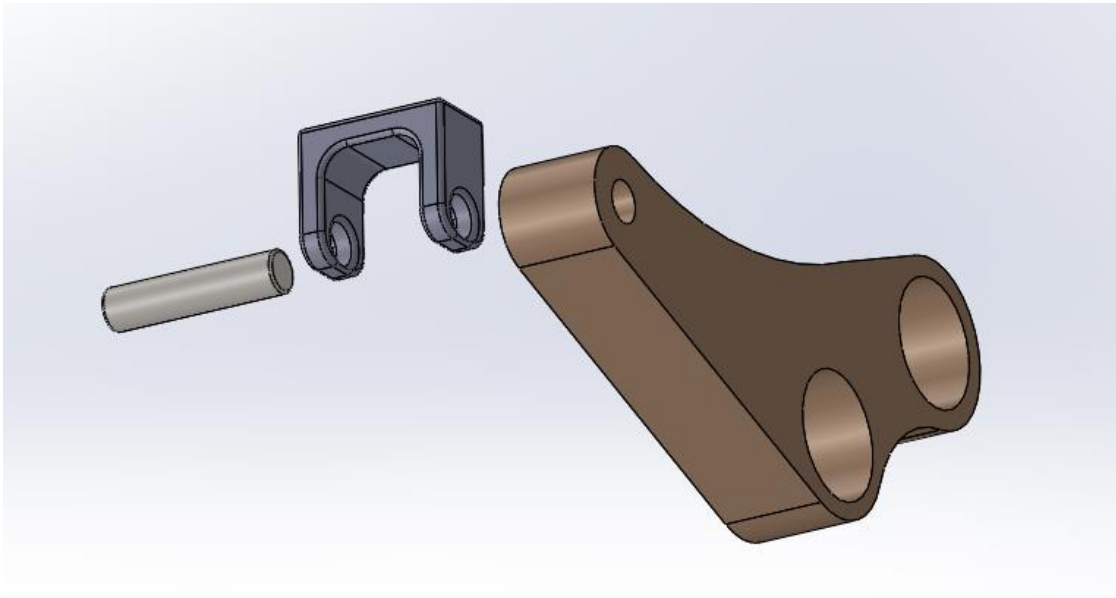
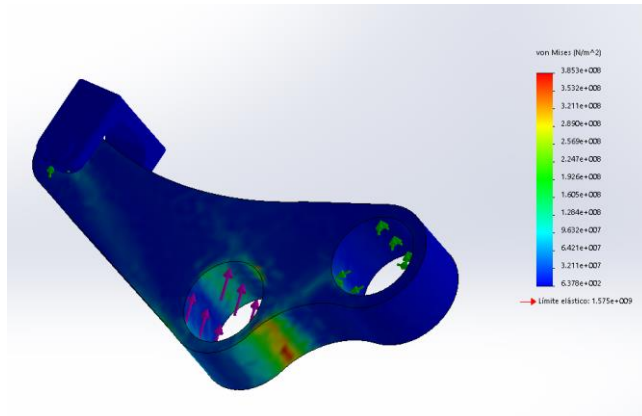


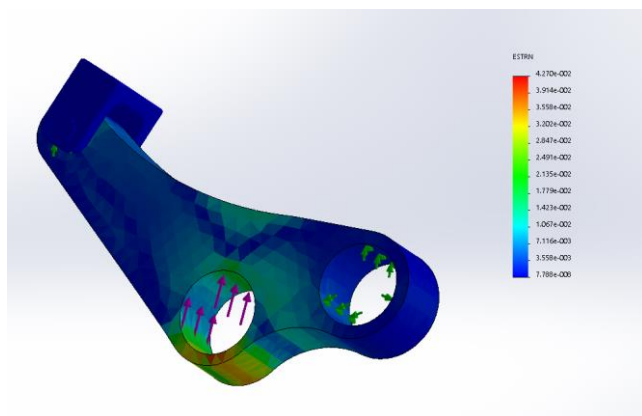
Ilustración 51 Rediseño para fibra de carbono

Desarrollo del proyecto

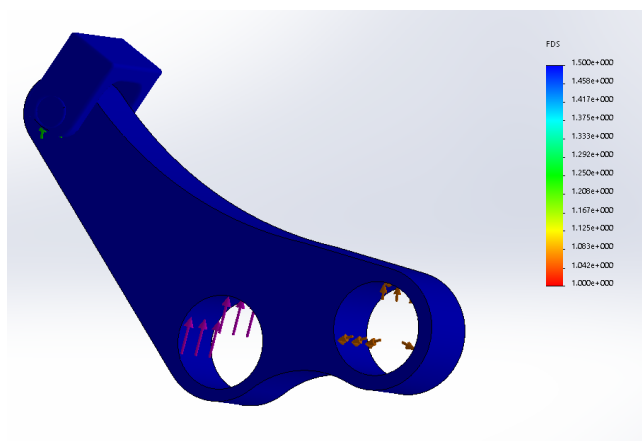
Una vez ensayada obtenemos:



Tensiones de Von Mises



Deformaciones Unitarias



Factor de seguridad

Desarrollo del proyecto

- Comparación de los datos extraídos

A la vista de los datos podemos concluir diciendo que el diseño con mecanizados en las caras así como el diseño de chasis tubular son óptimos en el caso de la construcción de la pieza de un material metálico, pero no es posible construirlos de un composite, esto es debido a que la pieza a tratar es una parte de la bici sometida a un gran esfuerzo, en el caso de la primera pieza será inviable debido a que para poder construir esta habríamos de construir un laminado de tan solo 2 mm de espesor en alguna de sus partes, y este fallaría. En el caso del segundo se podría construir por separado los tres cilindros y a continuación unirlos mediante un chasis tubular también de fibra de carbono, el problema es que no podríamos obtener una unión química lo suficientemente fuerte como para aguantar la carga a la que se someterá la pieza.

Desarrollo del proyecto

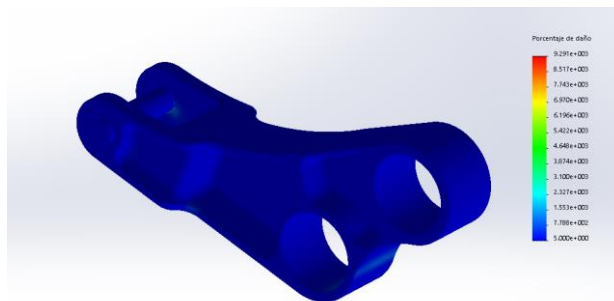
III.6.2. Estudio de fatiga

Los estudios de fatiga se han realizado utilizando como base el estudio estático al que se sometió anteriormente la pieza, otro dato a introducir en el programa es el número de ciclos que se extrae de la norma, siendo este de 50000. Por último, el programa puede calcular por interpolación la curva S-N (Fuerza-Número de ciclos) a través del módulo elástico del material.

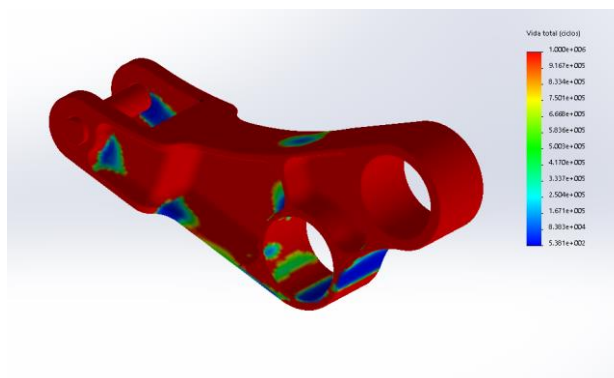
A continuación, se verán imágenes extraídas de los datos que nos aporta el programa, en el caso del ensayo de fatiga las más relevantes son el daño y la vida que soportará el material. El daño nos aporta información de las zonas donde la pieza sufre mayor porcentaje de daños, mientras que la imagen de la vida nos dará información sobre el número de ciclos que la pieza soportará.

III.6.2.1. Pieza 1

-6061-T6



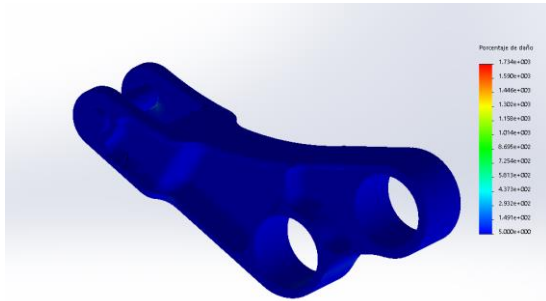
Daño



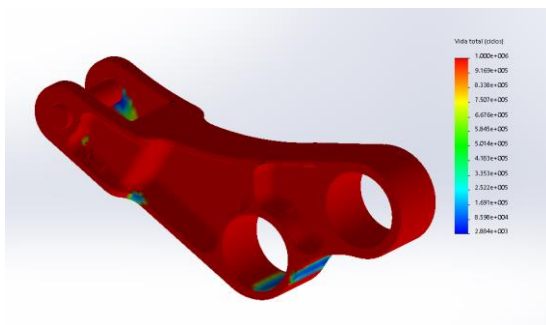
Vida

Desarrollo del proyecto

-Ti



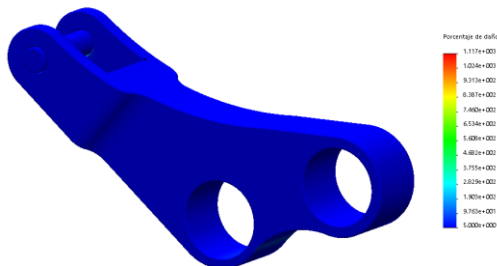
Daño



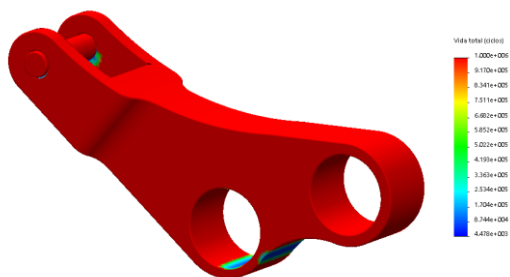
Vida

III.6.2.2. Pieza 2

-6061-T6



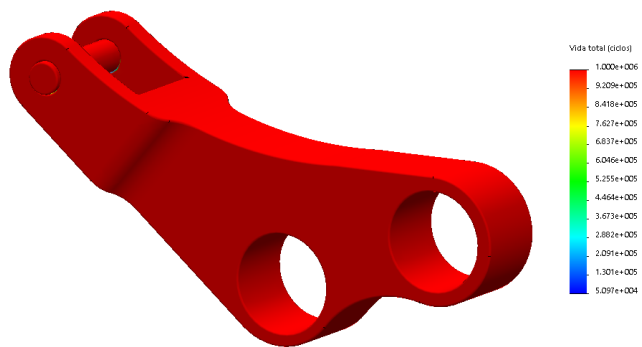
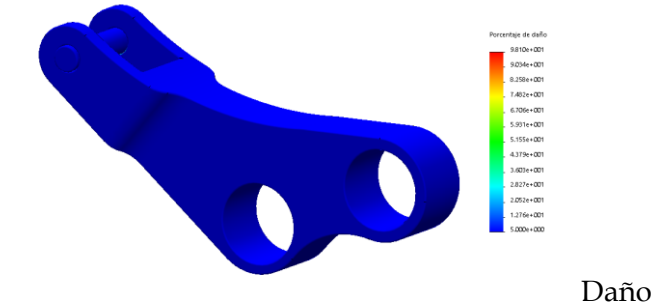
Daño



Vida

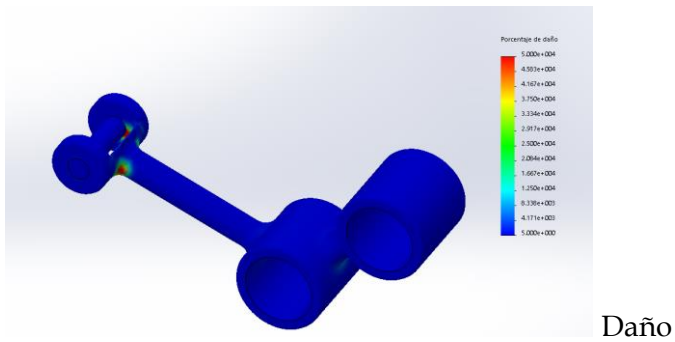
Desarrollo del proyecto

-Ti

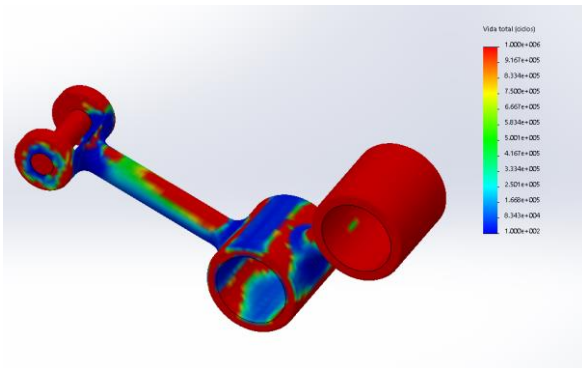


III.6.2.3. Pieza 3

-6061-T6

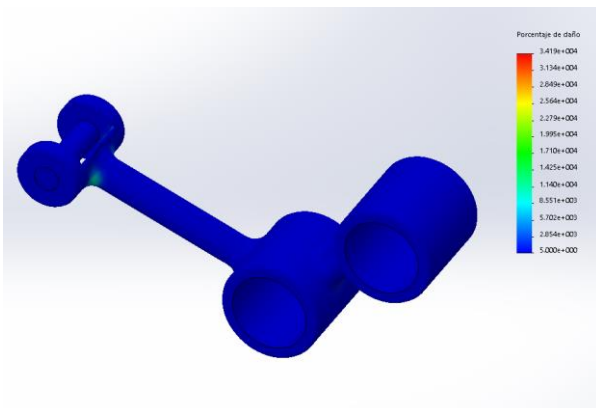


Desarrollo del proyecto

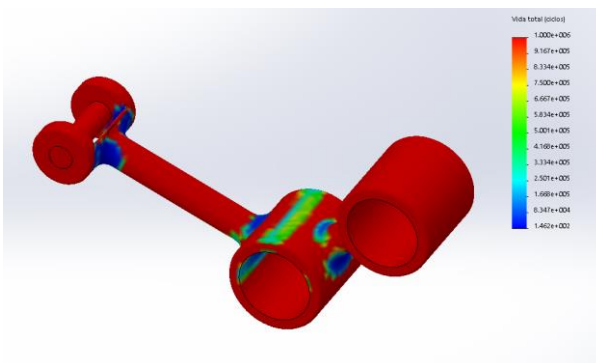


Vida

-Ti



Daño

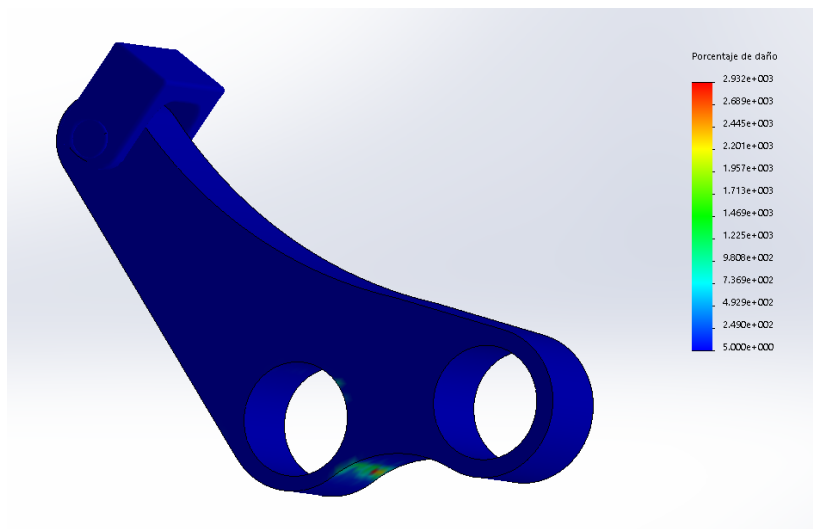


Vida

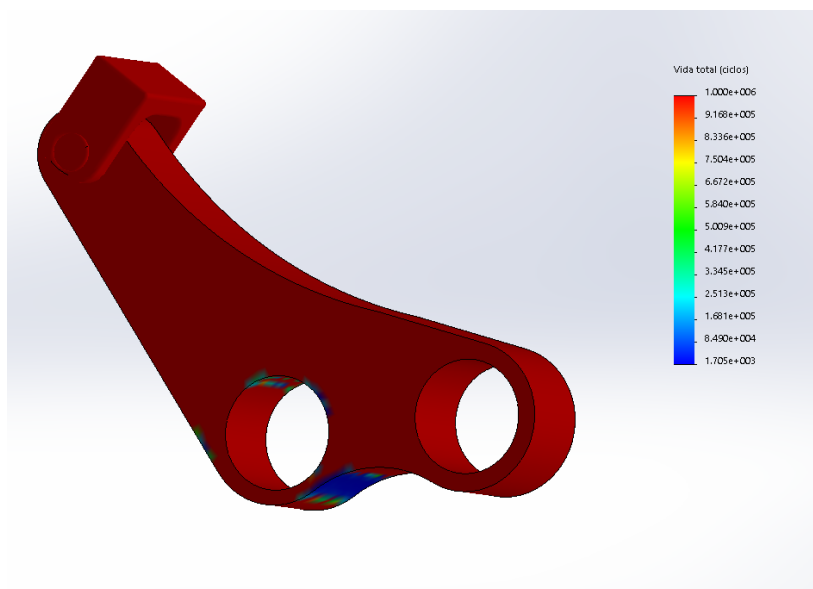
Desarrollo del proyecto

Como hemos señalado en el punto anterior para la aplicación de la fibra de carbono, hemos de hacer cambios en la pieza dos de los modelos previamente propuestos debido a que es la única forma de aplicar un material laminado a una pieza de tanta importancia en la transmisión de esfuerzos.

Los resultados son los siguientes:



Daño



Vida

Desarrollo del proyecto

-Comparación de los datos extraídos

Por último, a la vista de los resultados, podemos concretar que la mejor opción sería la pieza 2 construida de titanio, debido a que es la que mejor se comporta a fatiga y la que posee un mejor comportamiento al estudio estático. El mayor inconveniente de este modelo construido de este material es el peso, en el caso de esta pieza el peso es de 3 N aproximadamente (dato extraído del Anexo nº 7). Esto nos devuelve el problema a que podemos conseguir características similares con vidas y daños similares utilizando otro material u otro diseño. A la vista de los resultados obtenidos anteriormente la mejor opción será el rediseño de la pieza dos construido de fibra de carbono, este presenta un comportamiento bueno además de un peso de menos de 1 N (extraído del Anexo nº 13). Esta decisión se basa en que, aunque hay modelos menos pesados, no cumplen de igual forma con los requerimientos mecánicos.

Desarrollo del proyecto

III.7. DISEÑO FINAL

Tabla 6 Resumen de las características más importantes

		Vida Mínima (ciclos)	Masa (Kg)	Coste(Euros)
	6061-T6	5,38E+02	0,1	16
Pieza 1	Titanio	2,88E+03	0,2	50
	6061-T6	4,47E+03	0,2	14
Pieza 2	Titanio	5,10E+04	0,3	35
	6061-T6	1,00E+02	0,1	30
Pieza 3	Titanio	1,05E+03	0,2	70
Pieza CF	Fibra de Carbono	8,23E+04	0,06	300

A la vista de los resultados de los ensayos, y teniendo en cuenta las valoraciones de la tabla, podemos concluir en que el diseño más adecuado será la pieza con la modificación para que pueda ser de fibra de carbono.

A igualdad de medidas este diseño es el menos pesado, entre otras también es el único modelo que se amolda a la norma, superando los 50000 ciclos que esta pide en el ensayo de fatiga. Si nos centramos en el precio, esta pieza también es la más cara, este factor no ha sido fundamental a la hora de elegir el proyecto debido a que en esta modalidad de bicicleta prima el peso antes que el precio, una de estas bicicletas valer varios miles de euros. Por otro lado, al tener un agarre exterior con el amortiguador las tensiones en la pieza de anclaje se verán reducidas además de divididas entre dos ya que ahora tenemos dos puntos de contacto entra pasador y amortiguador. Este modelo se basará de tres partes:

Desarrollo del proyecto

Parte 1:

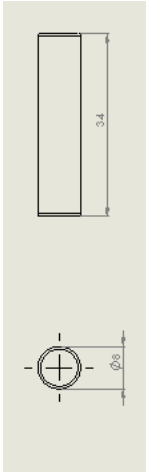


Ilustración 52 Pasador de anclaje

Esta parte se utilizará a modo de cojinete y para anclar el acople del amortiguador a la bieleta, estará fabricada de un 6061-T6 que es uno de los materiales más utilizados en la fabricación de bicicletas.

Parte 2:

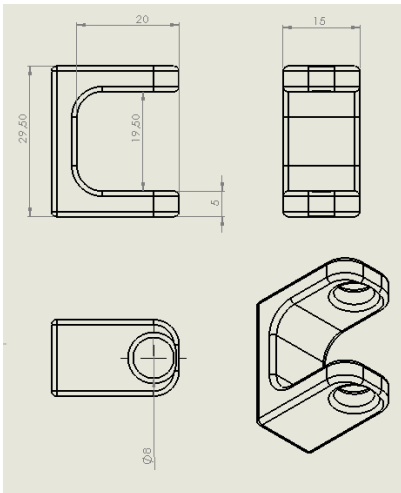


Ilustración 53 Acople del amortiguador a la bieleta

Esta es la pieza que anclará el amortiguador a la bieleta, esta irá anclada al amortiguador de forma rígida, la principal ventaja de este enganche es que al anclar el

Desarrollo del proyecto

amortiguador por la parte exterior de la bieleta en vez de la interior tendremos dos puntos de contacto, por lo que la tensión que se localiza en este punto se divide en dos.

Debido a que las piezas anteriores no entran dentro del estudio de la pieza, obviaremos sus tolerancias y acabados, ya que son meramente orientativas y para poder llevar a cabo el estudio en el programa.

-Pieza 3:

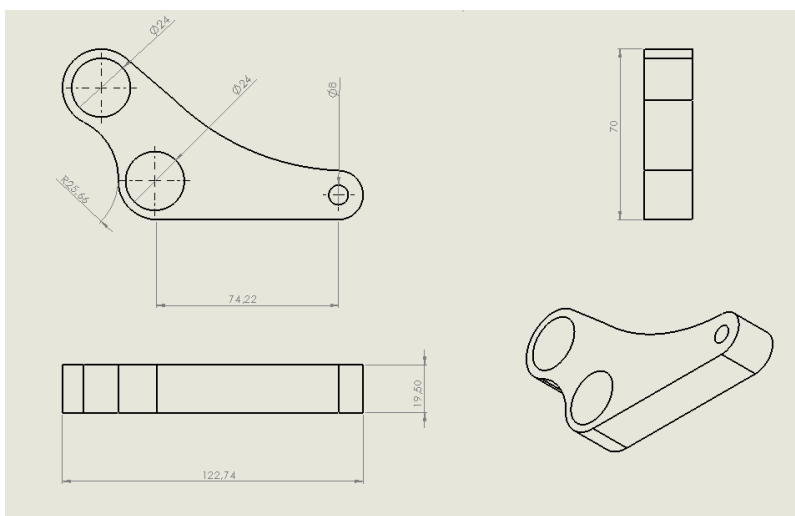


Ilustración 54 Bieleta de fibra de carbono

Esta es la pieza más importante del ensamblaje, esta es la bieleta encargada de transmitir la fuerza desde el basculante al amortiguador, como podemos observar el espesor es de 19.5 mm constante. Debido a que las láminas de carbono de este material serán de 0.3 mm de espesor nos da que habremos de hacer un laminado de 65 capas, la versión de Solid Works de estudiante tiene un máximo de capas para hacer un laminado, inferior al que necesitamos, por lo que hacemos uso del programa ElamX2 como se dijo anteriormente y construimos el material.

Desarrollo del proyecto

III.8. FABRICACIÓN

Para este apartado se hará uso del programa CES Edupack, en este programa también podremos hacer una valoración económica del modelo, ya que en el sabemos la cantidad de bicicletas que se fabricaron e analizarán las diversas posibilidades de fabricación de la pieza/componente desarrollado en el proyecto y se seleccionará la más adecuada según los criterios oportunos.

Para comenzar el programa seguiremos los siguientes pasos:

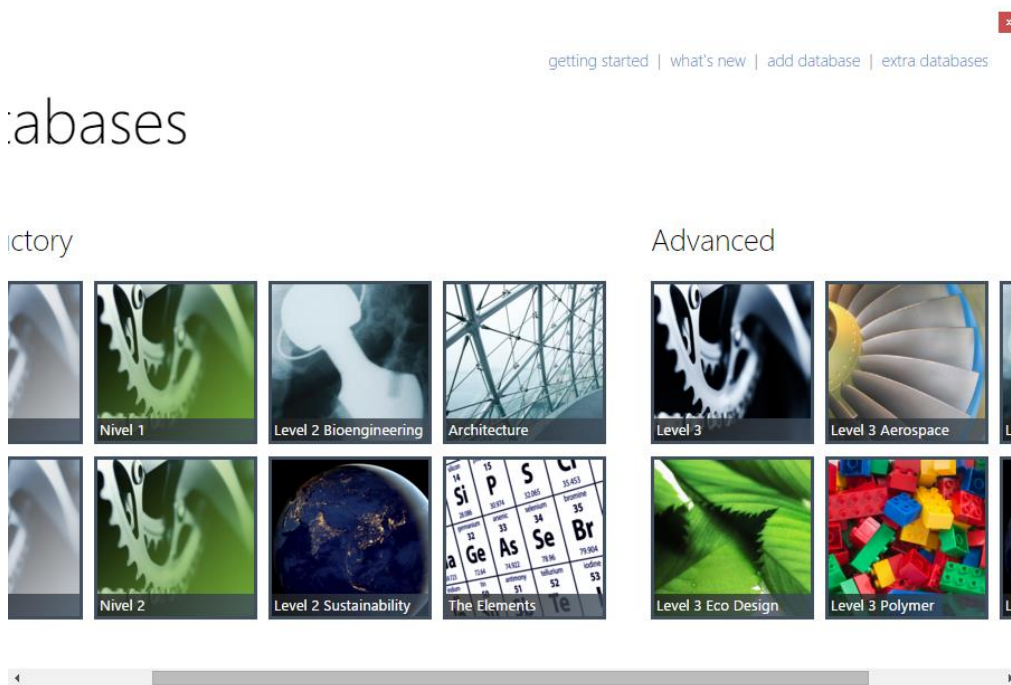


Ilustración 55 Primera pestaña del programa CESeduPack (Se corta debido a que el programa imposibilita tener toda la pestaña en pantalla)

Nada más abrir el programa nos encontramos con esta pantalla, en la que nosotros clicaremos en la parte derecha de abajo, “Polymer”.

Desarrollo del proyecto

Nada más entrar en la pantalla inicial de programa en la parte superior nos encontramos la opción de “Synthesizer”.

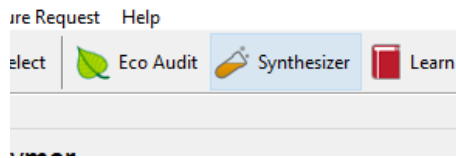


Ilustración 56 recorte de la interface del programa

Al clicar la opción anterior nos aparece la pantalla de abajo, en la que seleccionaremos la opción de “cost”.

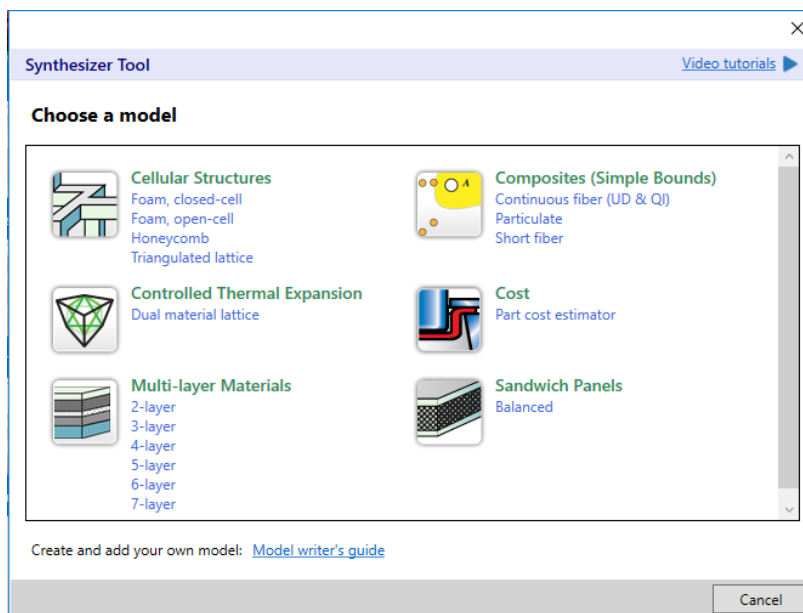


Ilustración 57 Pestaña emergente al pinchar en la opción anterior

Desarrollo del proyecto

Part cost estimator

Estimates part cost - aimed at early stage conceptual design, when multiple materials are under consideration and details of the design have still to be defined.

Considers:

- * Material and up to two shaping processes
- * Part size and complexity
- * Off-the-shelf and custom forms
- * Credit for recycling of manufacturing waste

Component details

Material Browse for a record

Value of scrap material % of virgin price

Part mass kg

Part length m

Batch size Number of values:

Primary shaping process

Primary Process Browse for a record

Availability

Part complexity

Load factor %

Overhead rate EUR/hr

Capital write-off time years

Secondary shaping process

Include secondary process

Record Naming

Material

Primary Process

This model will generate 1 records

Ilustración 58 Estimador de costos

Esta es la pantalla que nos aparece al seleccionar la opción de “Cost” los parámetros indicados en esta pantalla serán:

“Value of scrap material”: Es el porcentaje de material que se puede reciclar, en nuestro caso será 0 debido a que de momento es imposible reciclar los materiales compuestos.

“Part mass”: El peso de la pieza, la pieza a estudio tendrá un peso de 0.063Kg

“Part length”: La longitud máxima de la pieza, en nuestro caso será de 135 mm

“Batch size”: tamaño del lote, las bicis suelen hacerse en lotes de entre 1000 y 100000

“Primary Process”: Proceso primario por el que se fabricará el modelo, en nuestro caso optaremos por un proceso de transferencia de resina en molde RTM.

Desarrollo del proyecto

“Availability”: hace referencia a si el producto obtenido de este proceso está listo para su uso o necesitará de procesos secundarios, seleccionaremos la opción “Off-the-shelf form”.

“Part Complexity”: complejidad de la pieza, seleccionaremos la opción de “Standard”.

“Load Factor”: Se trata del rendimiento del proceso, esta variable, al igual que la siguiente son automáticas.




“Overhead rate”: El precio por horas del proceso, depende del país en el que se realice, automáticamente el programa nos muestra 134 EUR/hr.

“Capital write-off time”: Es el periodo de tiempo en el que habremos de amortizar el proyecto, pondremos un periodo de 1 año debido a que las bicicletas presentan modelos nuevos año tras año.

-Al marcar la opción de “include secondary process” como proceso secundario pondremos un fresado, quitando rebabas y haciendo los tres agujeros de la pieza, perdiendo un total del 10% del material de la pieza.

Una vez tenemos todos los datos introducidos, daremos al botón “create” y después en “finish”.

Nos aparecerá en la parte izquierda de la pantalla las siguientes opciones:

- My records
 - Synthesized
 - Part cost estimator
 - CF, RTM, CNC
 -  CF, RTM, CNC (0,063kg) - 1000 units
 -  CF, RTM, CNC (0,063kg) - 10000 units
 -  CF, RTM, CNC (0,063kg) - 100000 units

Desarrollo del proyecto

Al clicar en cada una de las opciones nos aparecerá el desplegable con la información y precio de cada lote, en nuestro caso obtenemos:

→ 1000 Piezas:

Price	(i)	296	-	305	EUR/kg
Notes	Price generated by part cost estimator and includes processing cost for 0,063 kg component				
Physical properties					
Density	(i)	1,8e3	-	1,85e3	kg/m ³
Mechanical properties					
Young's modulus	(i)	370	-	390	GPa
Yield strength (elastic limit)	(i)	1,91e3	-	2,11e3	MPa
Compressive strength	(i)	2,2e3	-	5,2e3	MPa
Flexural modulus	(i)	370	-	390	GPa
Flexural strength (modulus of rupture)	(i)	2,2e3	-	5,2e3	MPa
Shear modulus	(i)	165	-	175	GPa
Poisson's ratio	(i)	0,01	-	0,2	
Shape factor	(i)	1			
Hardness - Vickers	(i)	660	-	810	HV
Fatigue strength at 10 ⁷ cycles	(i)	1,87e3	-	4,42e3	MPa
Mechanical loss coefficient (tan delta)	(i)	1e-5	-	2e-5	
Impact & fracture properties					
Fracture toughness	(i)	1	-	2	MPa.m ^{0.5}
Thermal properties					
Thermal conductivity	(i)	80	-	200	W/m.°C
Specific heat capacity	(i)	705	-	715	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	(i)	0,2	-	0,4	µstrain/°C
Electrical properties					
Electrical resistivity	(i)	6,31e4	-	1,58e5	µohm.cm
Part cost estimator					
Part cost	(i)	18,7	-	19,2	EUR
Part mass	(i)	0,063			kg
Batch size	(i)	1e3			
Material price per part	(i)	2,71	-	3,25	EUR
Primary process cost per part	(i)	15,2			EUR
Secondary process cost per part	(i)	0,757			EUR
Material price %	(i)	15,7			%
Primary process cost %	(i)	80,3			%
Secondary process cost %	(i)	4			%

Desarrollo del proyecto

→ 10000 piezas:

Price	(i)	296	-	304	EUR/kg
Notes					
Price generated by part cost estimator and includes processing cost for 0,063 kg component					

Physical properties

Density	(i)	1,8e3	-	1,85e3	kg/m ³
---------	-----	-------	---	--------	-------------------

Mechanical properties

Young's modulus	(i)	370	-	390	GPa
Yield strength (elastic limit)	(i)	1,91e3	-	2,11e3	MPa
Compressive strength	(i)	2,2e3	-	5,2e3	MPa
Flexural modulus	(i)	370	-	390	GPa
Flexural strength (modulus of rupture)	(i)	2,2e3	-	5,2e3	MPa
Shear modulus	(i)	165	-	175	GPa
Poisson's ratio	(i)	0,01	-	0,2	
Shape factor	(i)	1			
Hardness - Vickers	(i)	660	-	810	HV
Fatigue strength at 10 ⁷ cycles	(i)	1,87e3	-	4,42e3	MPa
Mechanical loss coefficient (tan delta)	(i)	1e-5	-	2e-5	

Impact & fracture properties

Fracture toughness	(i)	1	-	2	MPa.m ^{0.5}
--------------------	-----	---	---	---	----------------------

Thermal properties

Thermal conductivity	(i)	80	-	200	W/m.°C
Specific heat capacity	(i)	705	-	715	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	(i)	0,2	-	0,4	µstrain/°C

Electrical properties

Electrical resistivity	(i)	6,31e4	-	1,58e5	µohm.cm
------------------------	-----	--------	---	--------	---------

Part cost estimator

Part cost	(i)	18,6	-	19,2	EUR
Part mass	(i)	0,063			kg
Batch size	(i)	1e4			
Material price per part	(i)	2,71	-	3,25	EUR
Primary process cost per part	(i)	15,2			EUR
Secondary process cost per part	(i)	0,716			EUR
Material price %	(i)	15,7			%
Primary process cost %	(i)	80,5			%
Secondary process cost %	(i)	3,79			%

Desarrollo del proyecto

→ 100000 piezas:

Price	(i)	296	-	304	EUR/kg
Notes					
Price generated by part cost estimator and includes processing cost for 0,063 kg component					

Physical properties

Density	(i)	1,8e3	-	1,85e3	kg/m ³
---------	-----	-------	---	--------	-------------------

Mechanical properties

Young's modulus	(i)	370	-	390	GPa
Yield strength (elastic limit)	(i)	1,91e3	-	2,11e3	MPa
Compressive strength	(i)	2,2e3	-	5,2e3	MPa
Flexural modulus	(i)	370	-	390	GPa
Flexural strength (modulus of rupture)	(i)	2,2e3	-	5,2e3	MPa
Shear modulus	(i)	165	-	175	GPa
Poisson's ratio	(i)	0,01	-	0,2	
Shape factor	(i)	1			
Hardness - Vickers	(i)	660	-	810	HV
Fatigue strength at 10 ⁷ cycles	(i)	1,87e3	-	4,42e3	MPa
Mechanical loss coefficient (tan delta)	(i)	1e-5	-	2e-5	

Impact & fracture properties

Fracture toughness	(i)	1	-	2	MPa.m ^{0.5}
--------------------	-----	---	---	---	----------------------

Thermal properties

Thermal conductivity	(i)	80	-	200	W/m.°C
Specific heat capacity	(i)	705	-	715	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	(i)	0,2	-	0,4	µstrain/°C

Electrical properties

Electrical resistivity	(i)	6,31e4	-	1,58e5	µohm.cm
------------------------	-----	--------	---	--------	---------

Part cost estimator

Part cost	(i)	18,6	-	19,2	EUR
Part mass	(i)	0,063			kg
Batch size	(i)	1e5			
Material price per part	(i)	2,71	-	3,25	EUR
Primary process cost per part	(i)	15,2			EUR
Secondary process cost per part	(i)	0,715			EUR
Material price %	(i)	15,7			%
Primary process cost %	(i)	80,5			%
Secondary process cost %	(i)	3,78			%

Como podemos observar da igual el tamaño del lote en este caso, el precio es algo elevado, pero como ya se ha dicho anteriormente, en esta modalidad de bicicleta el precio no es un factor influyente debido a que hay modelos que llegan a la cantidad de 12000 euros, pero por el contrario observamos que la pieza no llega a pesar ni 100g, siendo este el factor por el que nos hemos decantado por esta pieza y por la que en general, se rige esta modalidad de deporte.

Desarrollo del proyecto

III.8.1. Conclusiones del proyecto

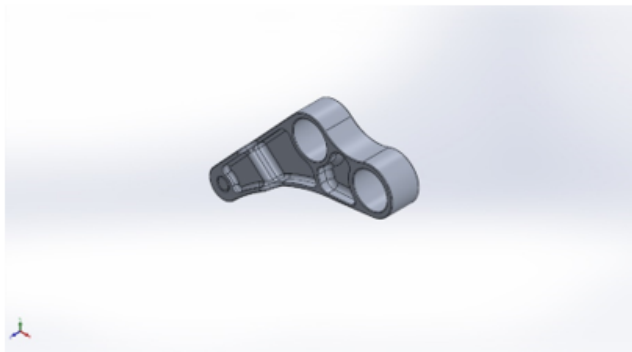
A La vista del desarrollo del proyecto, y basándonos en el planteamiento inicial de objetivos, podemos observar que a lo largo de este se ha hecho un proceso de toma de decisiones. Uno de estos ejemplos es cambiar la idea inicial de 3 modelos diferentes con tres cambios de material y luego un redimensionamiento de los modelos que no cumplieren, esto se ha visto remodelado en que el proyecto finalmente consta de 4 modelos, tres con solo dos cambios de materiales, mientras que el último, se fabricó ante la imposibilidad de fabricar los tres primeros modelos en fibra de carbono, se ha fabricado solo en CF. También se ha optado por coger solo una solución y no redimensionar los otros modelos, esto es debido a que al introducir la pieza de fibra de carbono obtenemos un modelo que claramente está por encima del rendimiento de los anteriores, por lo que al igual que está pasando en casi todos los aspectos del deporte, el metal se ha visto superado por el composite.

Apéndices

IV. APÉNDICES

IV. Anexos

→ Anexo 1:



Analisis estático; Pieza 1; 6061-T6

Diseñador: Luis Eduardo Jimenez Montes

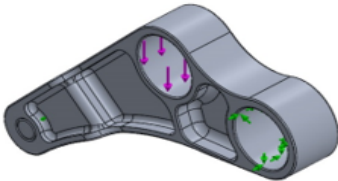


Nombre de estudio: A_E_6061-T6

Tipo de análisis: Análisis estático

Descripción

Pieza original sobre la que se ha realizado el estudio, la pieza consta de dimensiones tomadas sobre un modelo real, se abordará el estudio con dos cambios de material ya que es demasiado difícil realizar una pieza en fibra de carbon con estas geometrias.

Apéndices

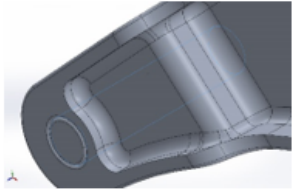
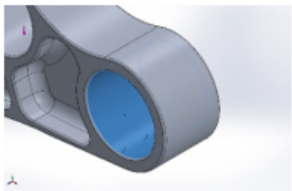
Información de modelo			
			
			
Nombre del modelo: Ensamblaje1.Revisado_Fuerzas Configuración actual: Predeterminado			
Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Redondeo38 	Sólido	Masa:0.0949923 kg Volumen:3.51823e-005 m ³ Densidad:2700 kg/m ³ Peso:0.930925 N	C:\Users\Luis Jimenez\Desktop\Escritorio\Propuestas de diseño\Trabajos casi definitivos\Propuesta maziza con mecanizados en las caras\Definitivo\Mecanizado en las caras buena.SLDPRT Nov 27 19:24:29 2017
Redondeo1	Sólido	Masa:0.00468872 kg Volumen:1.73656e-006 m ³ Densidad:2700 kg/m ³ Peso:0.0459495 N	C:\Users\Luis Jimenez\Desktop\Escritorio\cilindro.SLDPRT Nov 28 15:08:41 2017

Propiedades de estudio


Nombre de estudio	A_E_6061-T6
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Luis Jimenez\Desktop)

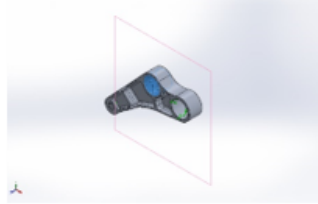
Apéndices

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción			
Bisagra fija-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Bisagra fija			
Fuerzas resultantes					
Componentes	X	Y	Z	Resultante	
Fuerza de reacción(N)	2782.19	4230.92	-0.0353609	5063.72	
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0	
Bisagra fija-2		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Bisagra fija			
Fuerzas resultantes					
Componentes	X	Y	Z	Resultante	
Fuerza de reacción(N)	-2782.54	2745.29	0.0361572	3908.86	
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0	

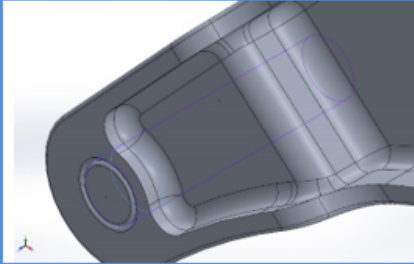
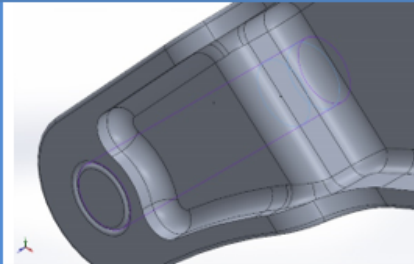
Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: 6061-T6 (S5) Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx. Límite elástico: 2.75e+008 N/m ² Límite de tracción: 3.1e+008 N/m ² Módulo elástico: 6.9e+010 N/m ² Coefficiente de Poisson: 0.33 Densidad: 2700 kg/m ³ Módulo cortante: 2.6e+010 N/m ² Coefficiente de dilatación térmica: 2.4e-005 /Kelvin	Sólido 1(Redondeo38)(Mecanizado en las caras buena-1), Sólido 1(Redondeo1)(cilindro-1)
Datos de curva:N/A		

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s), 1 plano(s) Referencia: Alzado Tipo: Aplicar fuerza Valores: --, -6976.74, -- N

Apéndices

Información de contacto

Contacto	Imagen del contacto	Propiedades del contacto		
Contacto-1		<p>Tipo: Sin par de contacto de penetración</p> <p>Entidades: 2 cara(s)</p> <p>Avanzado: Nodo a superficie</p>		
Fuerza de contacto/rozamiento				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de contacto(N)	-1350.2	-2013.2	-0.012334	2424
Contacto-2		<p>Tipo: Sin par de contacto de penetración</p> <p>Entidades: 2 cara(s)</p> <p>Avanzado: Nodo a superficie</p>		
Fuerza de contacto/rozamiento				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de contacto(N)	-1431.9	-2217.6	0.048995	2639.7

Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	1.66546 mm
Tolerancia	0.0832729 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	102203
Número total de elementos	63570
Cociente máximo de aspecto	9.7122
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	98
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:07
Nombre de computadora:	

Apéndices



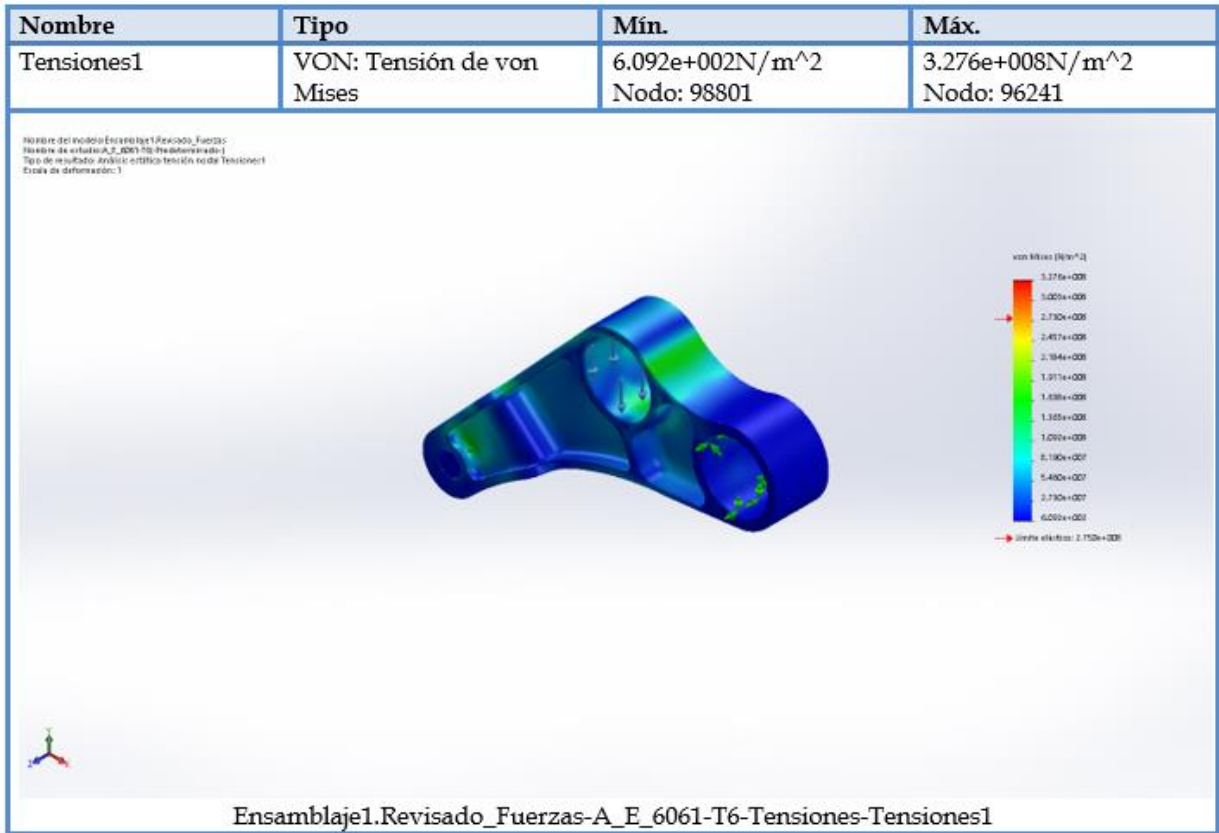
Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-0.355815	6976.21	0.000794348	6976.21

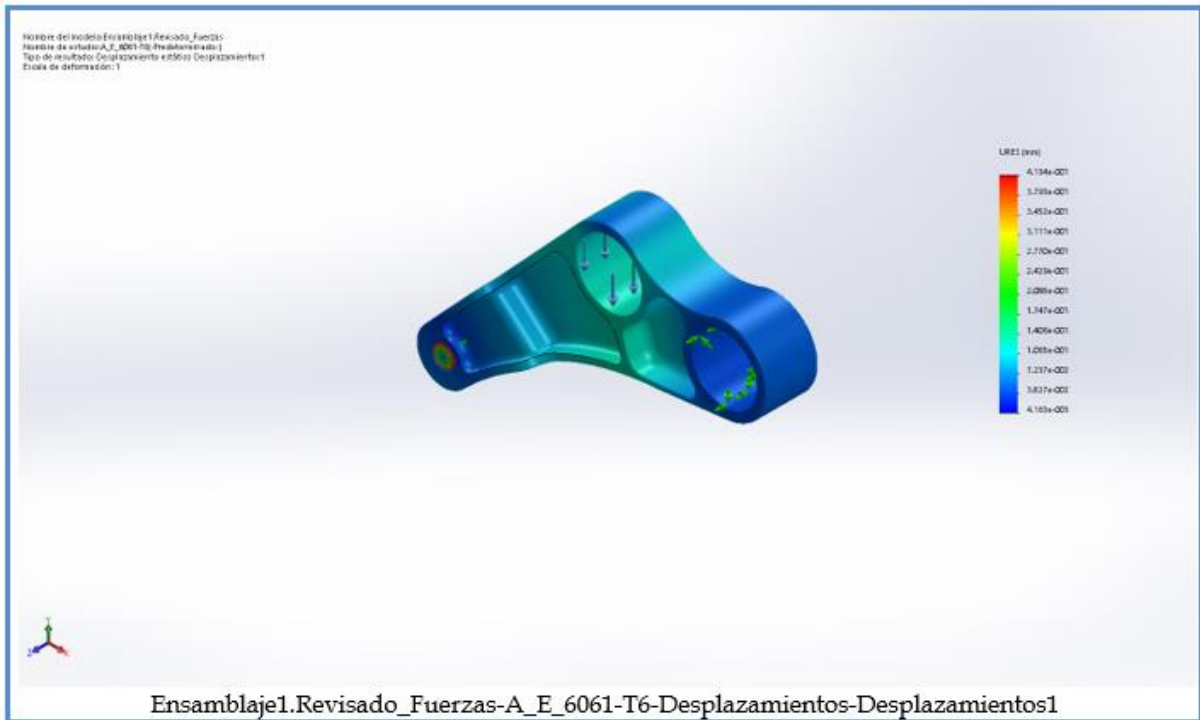
Apéndices

Resultados del estudio



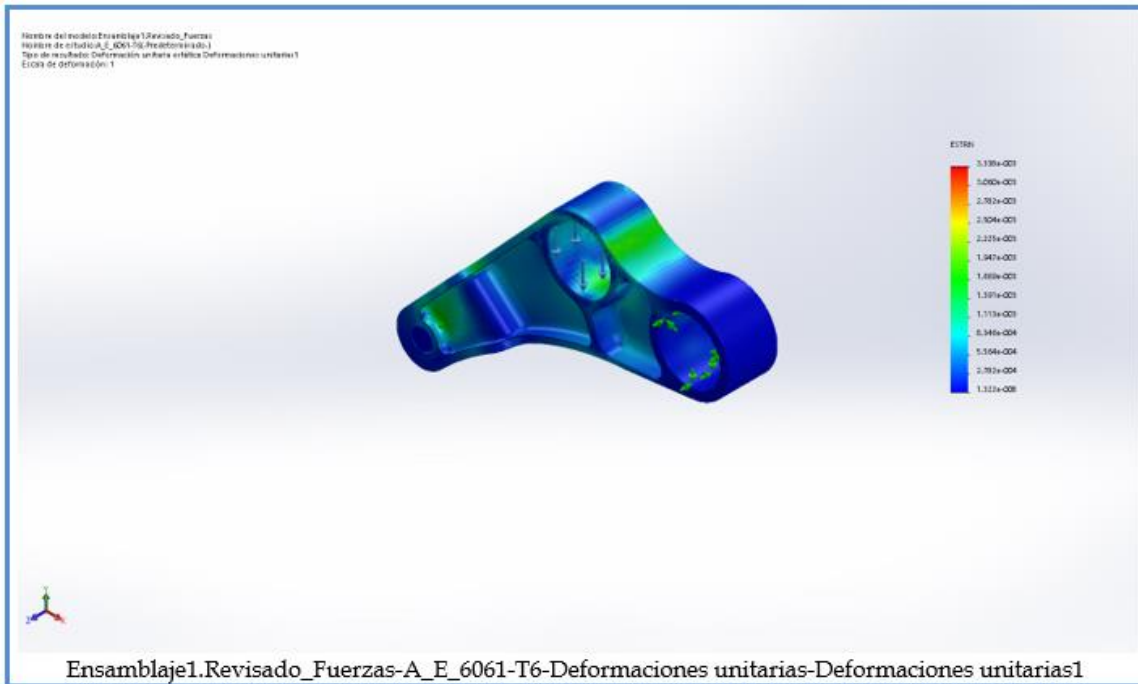
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	4.163e-003mm Nodo: 98254	4.134e-001mm Nodo: 101140

Apéndices



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1.322e-008 Elemento: 61277	3.338e-003 Elemento: 29678

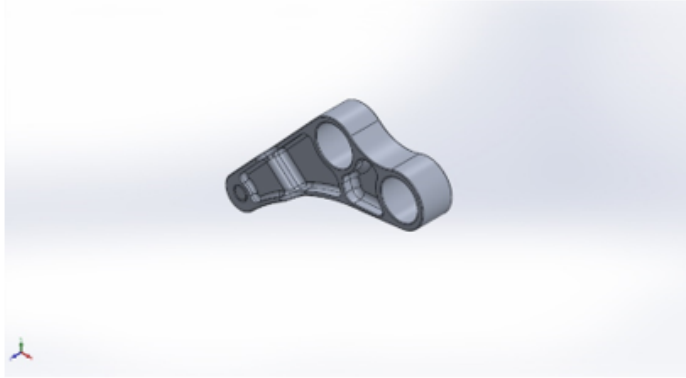
Apéndices



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Automático	8.394e-001 Nodo: 96241	1.500e+000 Nodo: 1
Ensamblaje1.Revisado_Fuerzas-A_E_6061-T6-Factor de seguridad-Factor de seguridad1			

Apéndices

→ Anexo 2:



Analisis de fatiga; Pieza 1; 6061-T6

Diseñador: Luis Eduardo Jimenez Montes

Nombre de estudio: F_6061-T6

Tipo de análisis: Fatiga (Amplitud constante)

Apéndices


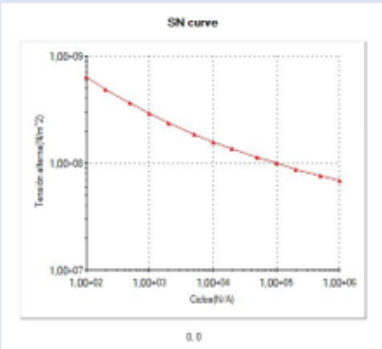
Propiedades de estudio

Nombre de estudio	F_6061-T6
Tipo de análisis	Fatiga (Amplitud constante)
Interacción entre sucesos	Aleatoria
Calcular tensiones alternas usando	Intensidad de tensión (P1-P3)
Cara de elemento SHELL	Cara superior
Corrección de la tensión media	Ninguno
Factor de reducción de resistencia a la fatiga	1
Vida infinita	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Luis Jimenez\Desktop)

Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

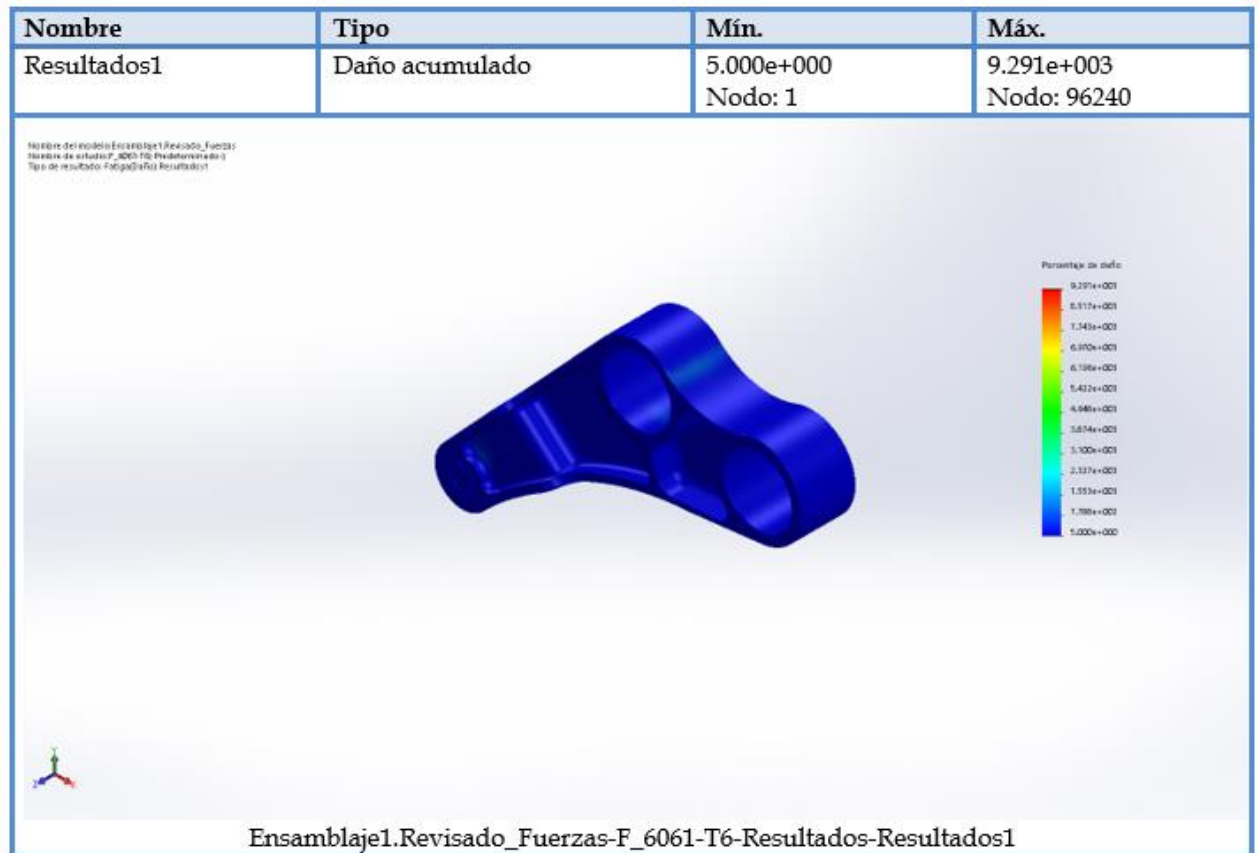
Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: 6061-T6 (SS)</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p>	<p>Sólido 1 (Redondeo38) (Mecanizado en las caras buena-1), Sólido 1 (Redondeo1) (cilindro-1)</p>
<p>Datos de curva:</p>  <p>SN curve</p>		

Apéndices

Opciones de carga

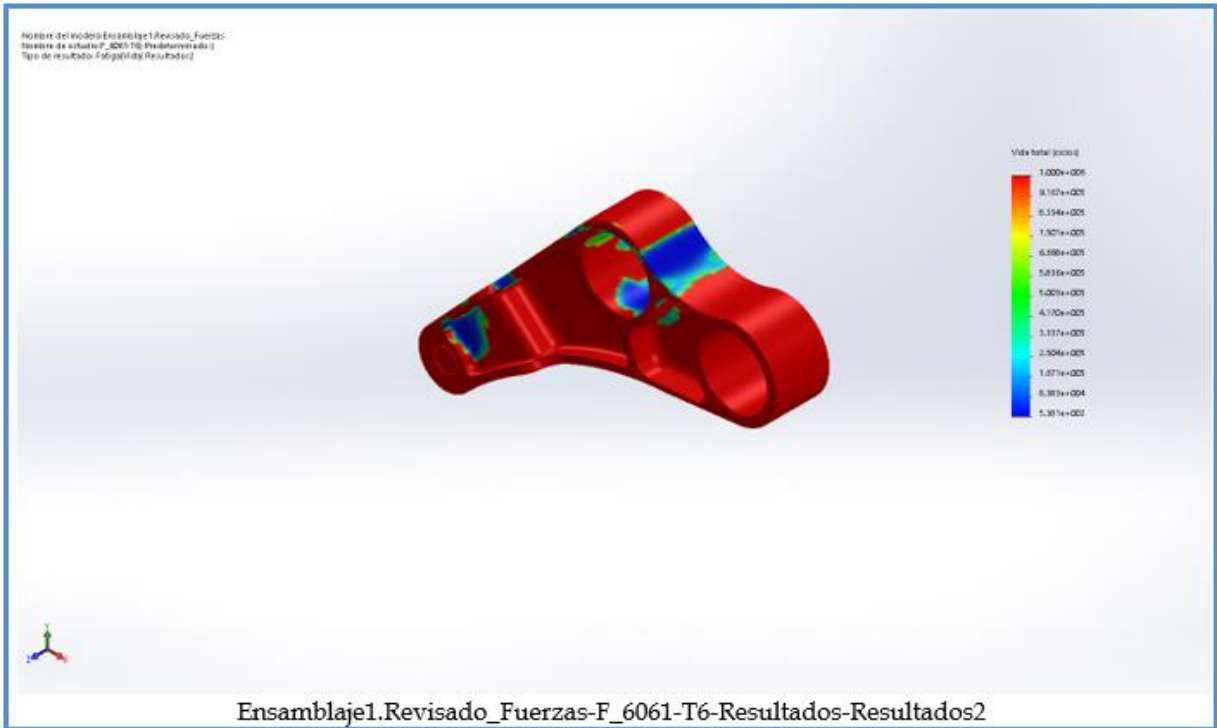
Nombre del evento	N.º de ciclos	Tipo de carga	Asociación de estudios		
			Nombre de estudio	Factor de escala	Incremento
Suceso-1	50000	Completamente invertida (LR=-1)	A_E_6061-T6	1	0

Resultados del estudio



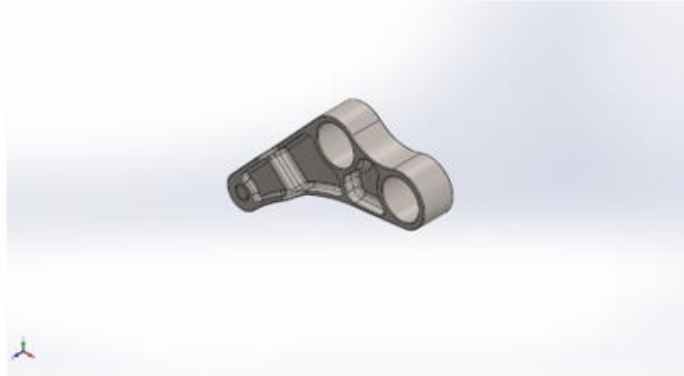
Apéndices

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Resultados2	Vida total	5.381e+002ciclos Nodo: 96240	1.000e+006ciclos Nodo: 1



Apéndices

→ Anexo 3:



Analisis estático; Pieza 1; Titanio

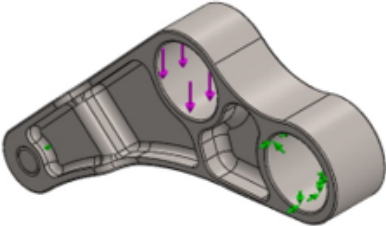


Diseñador: Luis Eduardo Jimenez Montes

Nombre de estudio: A_E_Ti

Tipo de análisis: Análisis estático

Apéndices

Información de modelo

			
			
<p>Nombre del modelo: Ensamblaje1.Revisado_Fuerzas Configuración actual: Predeterminado</p>			
Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Redondeo38 	Sólido	Masa:0.161839 kg Volumen:3.51823e-005 m ³ Densidad:4600 kg/m ³ Peso:1.58602 N	C:\Users\Luis Jimenez\Desktop\Escritorio\Propuestas de diseño\Trabajos casi definitivos\Propuesta maziza con mecanizados en las caras\Definitivo\Mecanizado en las caras buena.SLDPRT Nov 27 19:24:29 2017
Redondeo1	Sólido	Masa:0.0079882 kg Volumen:1.73656e-006 m ³ Densidad:4600 kg/m ³ Peso:0.0782843 N	C:\Users\Luis Jimenez\Desktop\Escritorio\cilindro.SLDPRT Nov 28 15:08:41 2017

Apéndices

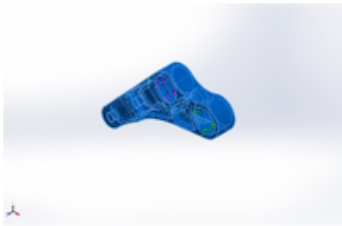
Propiedades de estudio

Nombre de estudio	A_E_Ti
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Luis Jimenez\Desktop)

Unidades

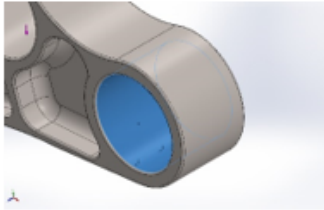
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²


Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: Titanio</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 1.4e+008 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 2.35e+008 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 1.1e+011 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.3</p> <p>Densidad: 4600 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 4.3e+010 N/m²</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 8.8e-006 / Kelvin</p>	<p>Sólido</p> <p>1(Redondeo38)(Mecanizado en las caras buena-1),</p> <p>Sólido</p> <p>1(Redondeo1)(cilindro-1)</p>
Datos de curva:N/A		

Apéndices

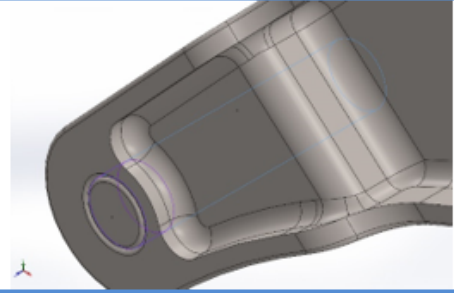
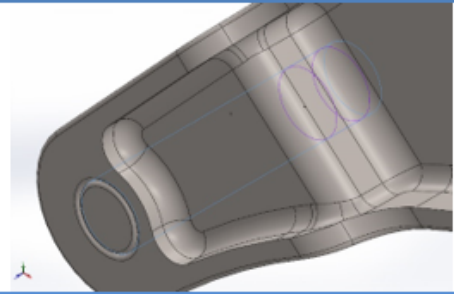
Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción			
Bisagra fija-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Bisagra fija			
Fuerzas resultantes					
Componentes	X	Y	Z	Resultante	
Fuerza de reacción(N)	-2788.82	2742.63	2.85099	3911.46	
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0	
Bisagra fija-2		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Bisagra fija			
Fuerzas resultantes					
Componentes	X	Y	Z	Resultante	
Fuerza de reacción(N)	2788.86	4234.14	-2.85132	5070.08	
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0	

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga	
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s), 1 plano(s) Referencia: Alzado Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, -6976.74, --- N	

Apéndices

Información de contacto

Contacto	Imagen del contacto	Propiedades del contacto		
Contacto-1		<p>Tipo: Sin par de contacto de penetración</p> <p>Entidades: 2 cara(s)</p> <p>Avanzado: Nodo a superficie</p>		
Fuerza de contacto/rozamiento				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de contacto(N)	-1346.1	-2010.3	0.21686	2419.4
Contacto-2		<p>Tipo: Sin par de contacto de penetración</p> <p>Entidades: 2 cara(s)</p> <p>Avanzado: Nodo a superficie</p>		
Fuerza de contacto/rozamiento				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de contacto(N)	-1442.7	-2223.8	2.6332	2650.8

Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	3.33092 mm
Tolerancia	0.166546 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Apéndices

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	23458
Número total de elementos	13159
Cociente máximo de aspecto	24.514
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	79.4
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0.646
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:05
Nombre de computadora:	



Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

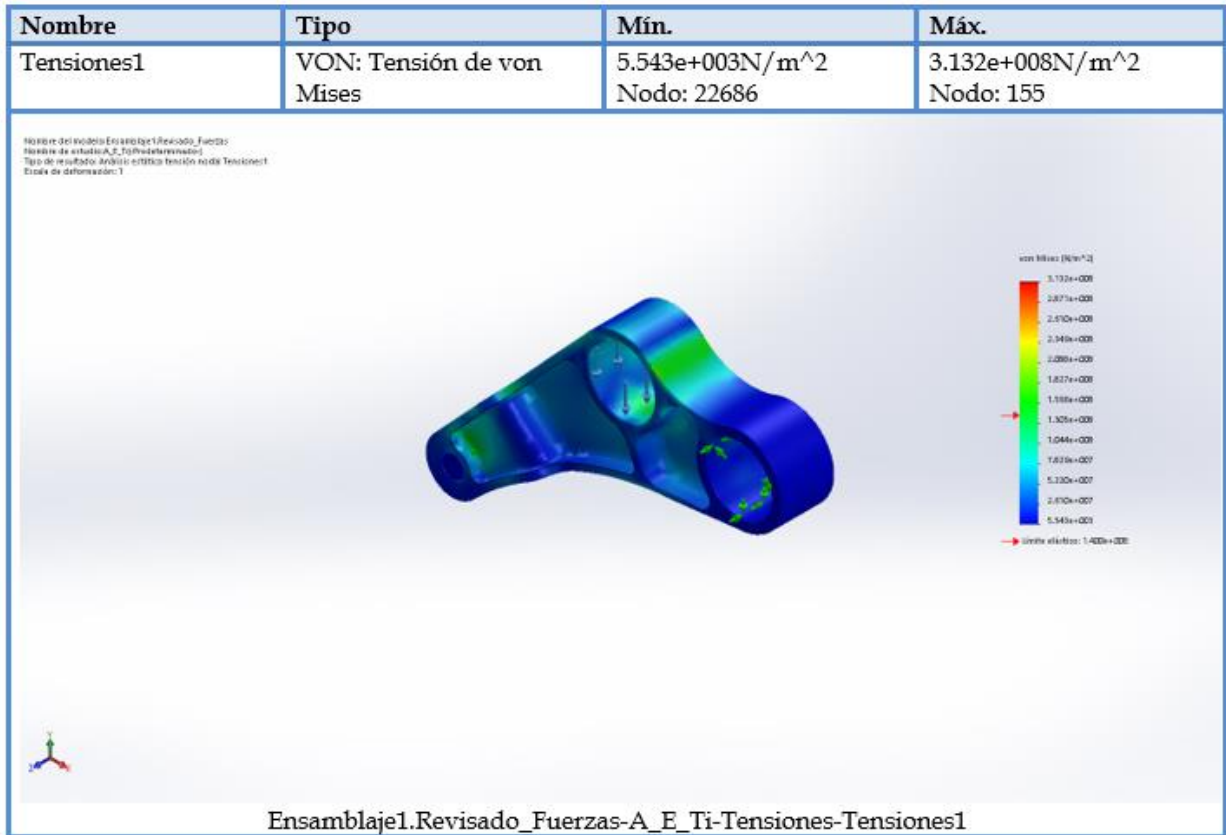
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	0.0430217	6976.77	-0.000327375	6976.77

Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

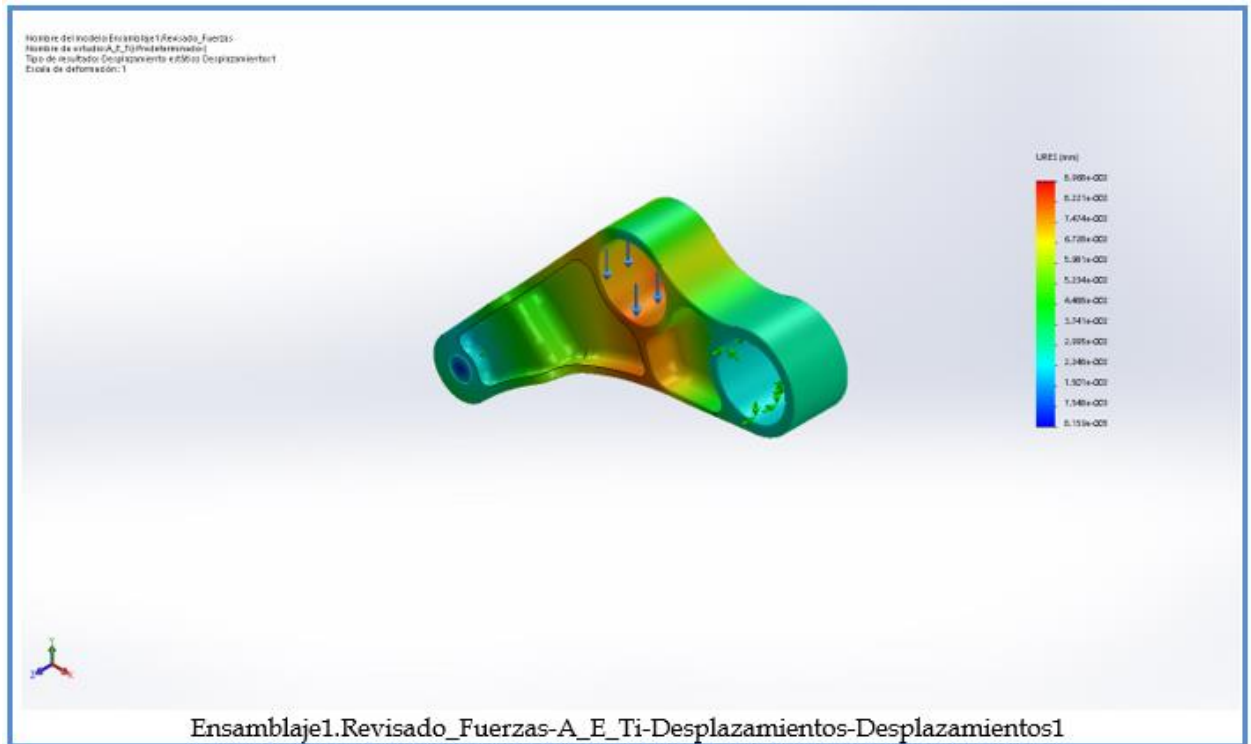
Apéndices

Resultados del estudio



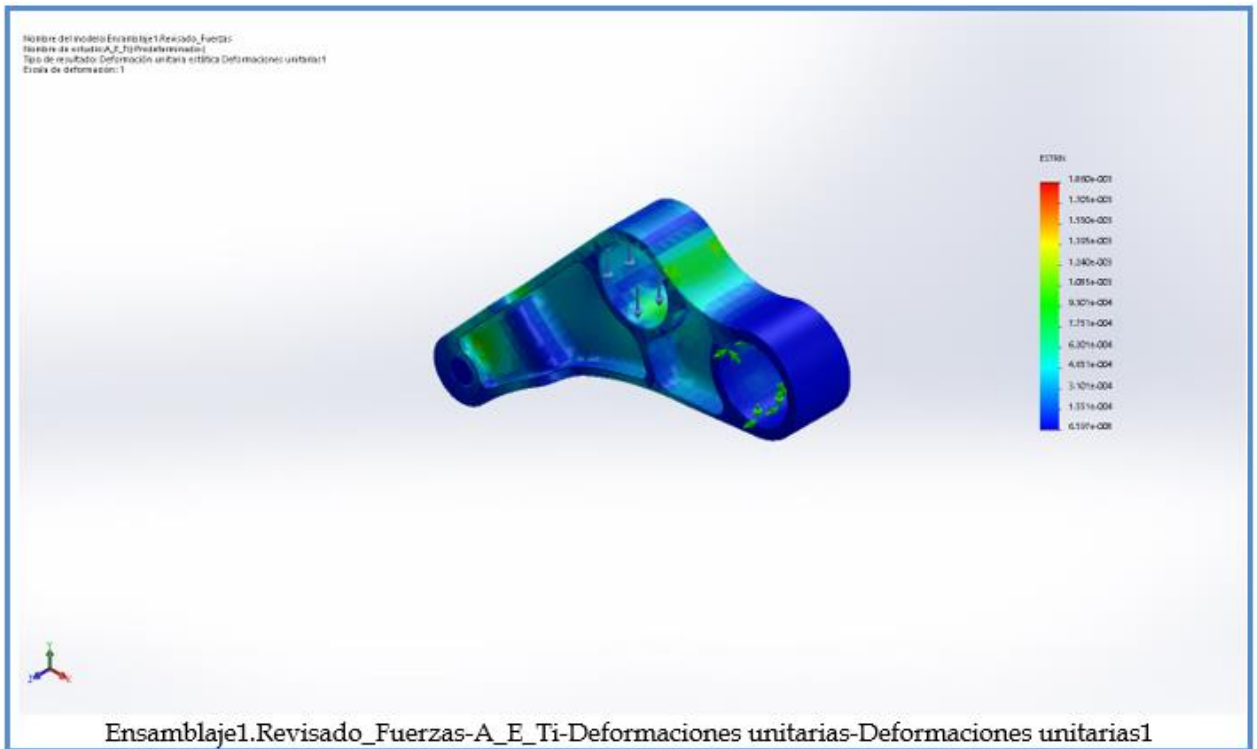
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	8.159e-005mm Nodo: 22686	8.968e-002mm Nodo: 886

Apéndices



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	6.597e-008 Elemento: 12743	1.860e-003 Elemento: 8137

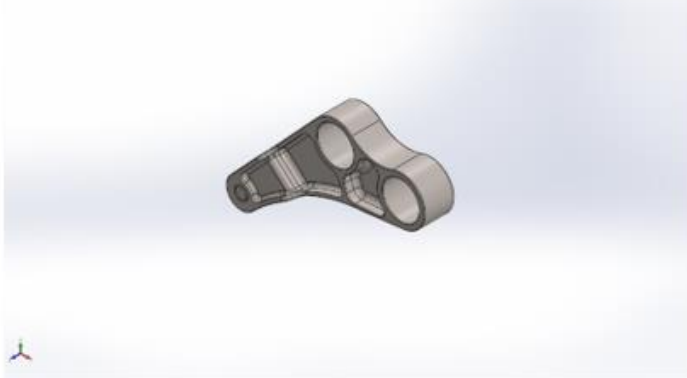
Apéndices



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Automático	4.471e-001 Nodo: 155	1.500e+000 Nodo: 1

Apéndices

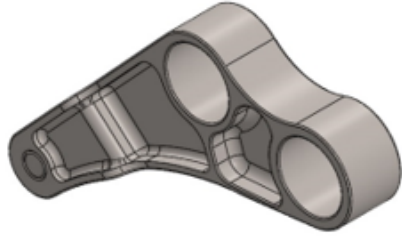



→ Anexo 4:



Analisis de fatiga; Pieza 1; Titanio
Diseñador: Solidworks
Nombre de estudio: F_Ti
Tipo de análisis: Fatiga(Amplitud constante)

Apéndices

Información de modelo

			
			
<p>Nombre del modelo: Ensamblaje1.Revisado_Fuerzas Configuración actual: Predeterminado</p>			
Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Redondeo38 	Sólido	Masa:0.161839 kg Volumen:3.51823e-005 m ³ Densidad:4600 kg/m ³ Peso:1.58602 N	C:\Users\Luis Jimenez\Desktop\Escritorio\Propuestas de diseño\Trabajos casi definitivos\Propuesta maziza con mecanizados en las caras\Definitivo\Mecanizado en las caras buena.SLDPR Nov 27 19:24:29 2017
Redondeo1 	Sólido	Masa:0.0079882 kg Volumen:1.73656e-006 m ³ Densidad:4600 kg/m ³ Peso:0.0782843 N	C:\Users\Luis Jimenez\Desktop\Escritorio\cilindro.SLDPR Nov 28 15:08:41 2017

Apéndices


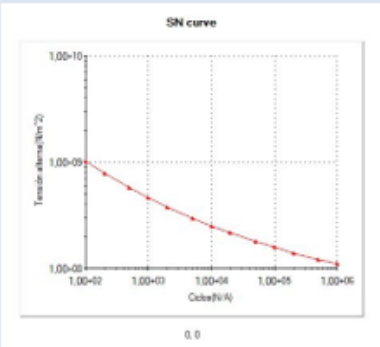
Propiedades de estudio

Nombre de estudio	F_Ti
Tipo de análisis	Fatiga(Amplitud constante)
Interacción entre sucesos	Aleatoria
Calcular tensiones alternas usando	Intensidad de tensión (P1-P3)
Cara de elemento SHELL	Cara superior
Corrección de la tensión media	Ninguno
Factor de reducción de resistencia a la fatiga	1
Vida infinita	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Luis Jimenez\Desktop\Escritorio\Propuestas de diseño\Trabajos casi definitivos\Propuesta maziza con mecanizados en las caras\Definitivo)

Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

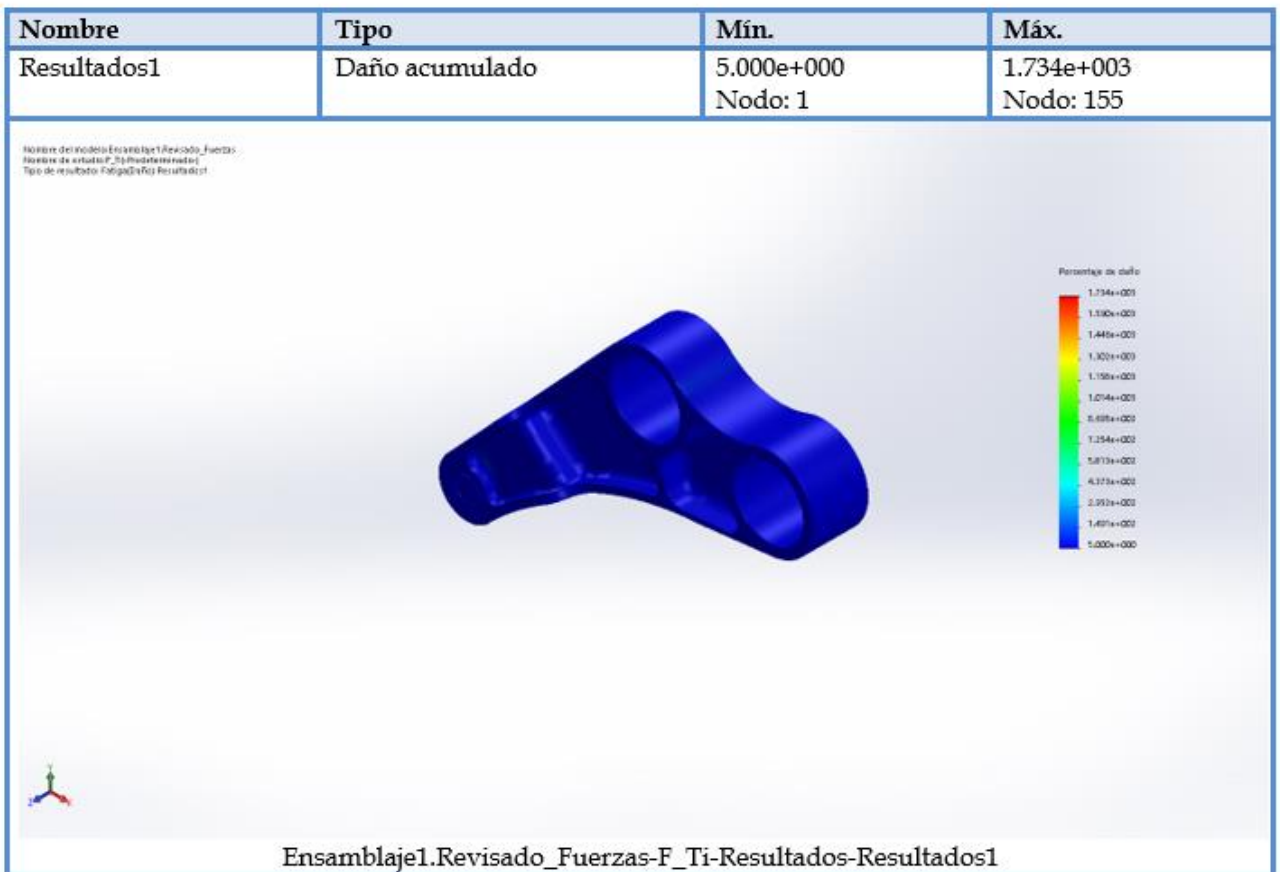
Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: Titanio</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p>	<p>Sólido</p> <p>1(Redondeo38)(Mecanizado en las caras buena-1),</p> <p>Sólido</p> <p>1(Redondeo1)(cilindro-1)</p>
<p>Datos de curva:</p>  <p>SN curve</p>		

Apéndices

Opciones de carga

Nombre del evento	N.º de ciclos	Tipo de carga	Asociación de estudios		
			Nombre de estudio	Factor de escala	Incremento
Suceso-1	50000	Completamente invertida (LR=-1)	A_E_Ti	1	0

Resultados del estudio



Apéndices

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Resultados2	Vida total	2.884e+003ciclos Nodo: 155	1.000e+006ciclos Nodo: 1



Apéndices

→ Anexo 5:



Descripción

Pieza numero 2, en esta pieza se a optado por un diseño más sencillo a la vez que pesado, utilizando como base de medidas las reales, prescindiendo de los mecanizados en las caras.

Analisis estático; Pieza 2; 6061-T6

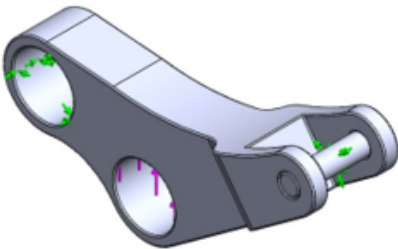


Diseñador: Luis Eduardo Jimenez Montes

Nombre de estudio: A_E_6061-T6

Tipo de análisis: Análisis estático

Apéndices

Información de modelo

			
<p>Nombre del modelo: Ensamblaje1.1_Fuerzas Configuración actual: Predeterminado</p>			
Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Redondeo39 	Sólido	Masa:0.168251 kg Volumen:6.23152e-005 m ³ Densidad:2700 kg/m ³ Peso:1.64886 N	C:\Users\Luis Jimenez\Desktop\Escritorio\Propuestas de diseño\Trabajos casi definitivos\Propuesta maziza sin mecanizado en las caras\Bieleta24.SLDPRT Nov 28 15:08:41 2017
Redondeo1 	Sólido	Masa:0.00468872 kg Volumen:1.73656e-006 m ³ Densidad:2700 kg/m ³ Peso:0.0459495 N	C:\Users\Luis Jimenez\Desktop\Escritorio\cilindro.SLDPRT Nov 28 15:08:41 2017

Apéndices


Propiedades de estudio

Nombre de estudio	A_E_6061-T6
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Luis Jimenez\Desktop\Escritorio\Propuestas de diseño\Trabajos casi definitivos\Propuesta maziza sin mecanizado en las caras\Definitivo)

Unidades

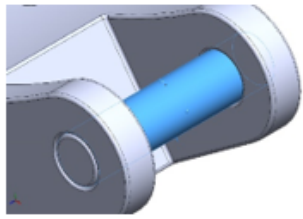
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: 6061-T6 (SS)</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 2.75e+008 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 3.1e+008 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 6.9e+010 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.33</p> <p>Densidad: 2700 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 2.6e+010 N/m²</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 2.4e-005 / Kelvin</p>	<p>Sólido 1 (Redondeo39)(Bieleta24-1), Sólido 1 (Redondeo1)(cilindro-1)</p>
Datos de curva:N/A		

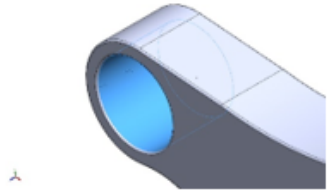
Apéndices

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Bisagra fija-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Bisagra fija

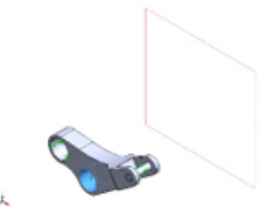
Fuerzas resultantes

Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-4272.08	-3572.43	0.0542926	5568.92
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Bisagra fija-2		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Bisagra fija
----------------	--	--

Fuerzas resultantes

Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	4272.05	-3404.25	-0.0500245	5462.54
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s), 1 plano(s) Referencia: Alzado Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, 6976.74, --- N

Apéndices

Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	2.00118 mm
Tolerancia	0.100059 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

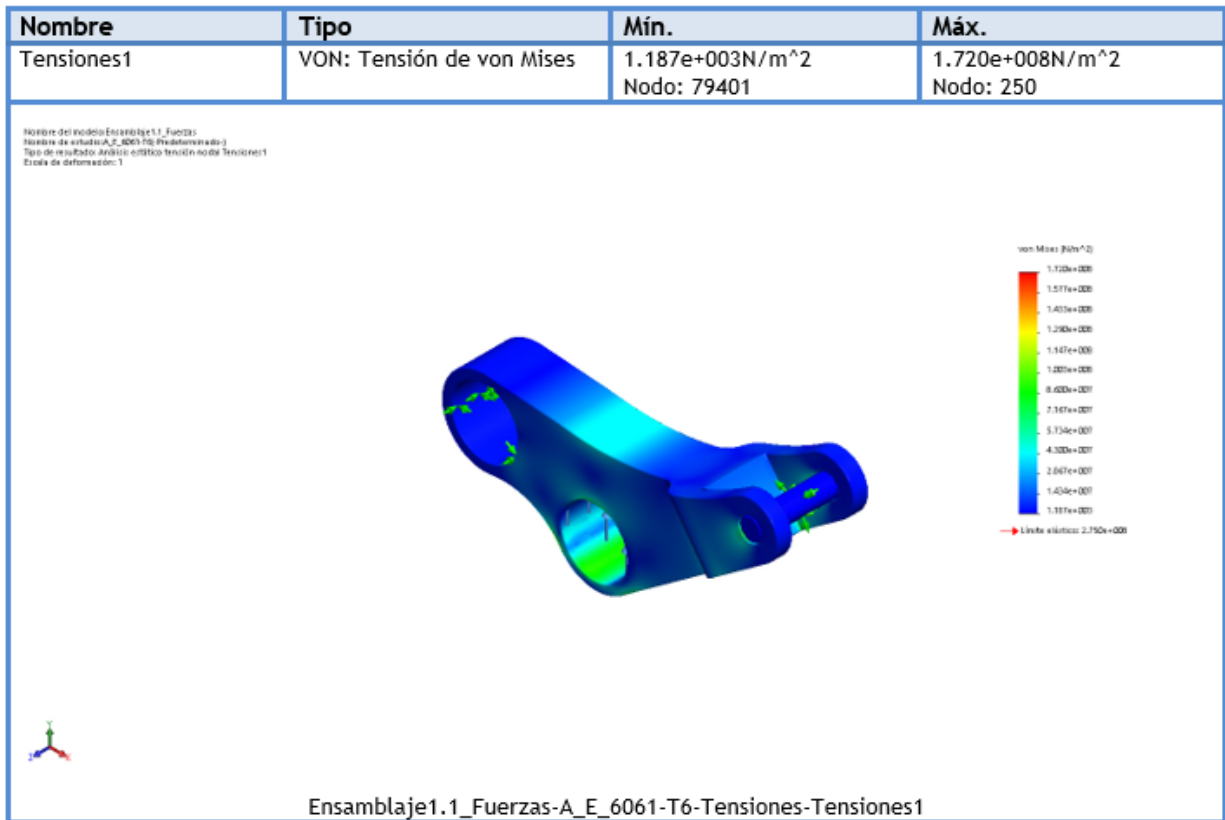
Información de malla - Detalles

Número total de nodos	81761
Número total de elementos	53656
Cociente máximo de aspecto	11.679
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	97.7
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0.00186
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:04
Nombre de computadora:	



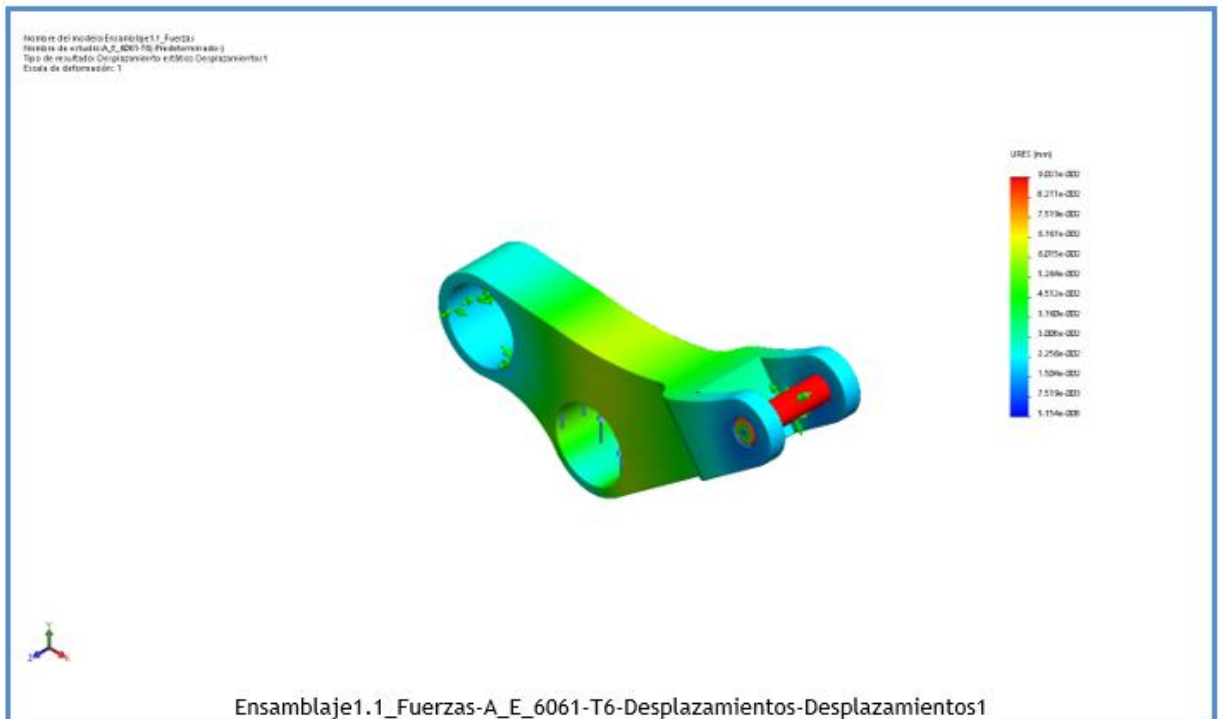
Apéndices

Resultados del estudio

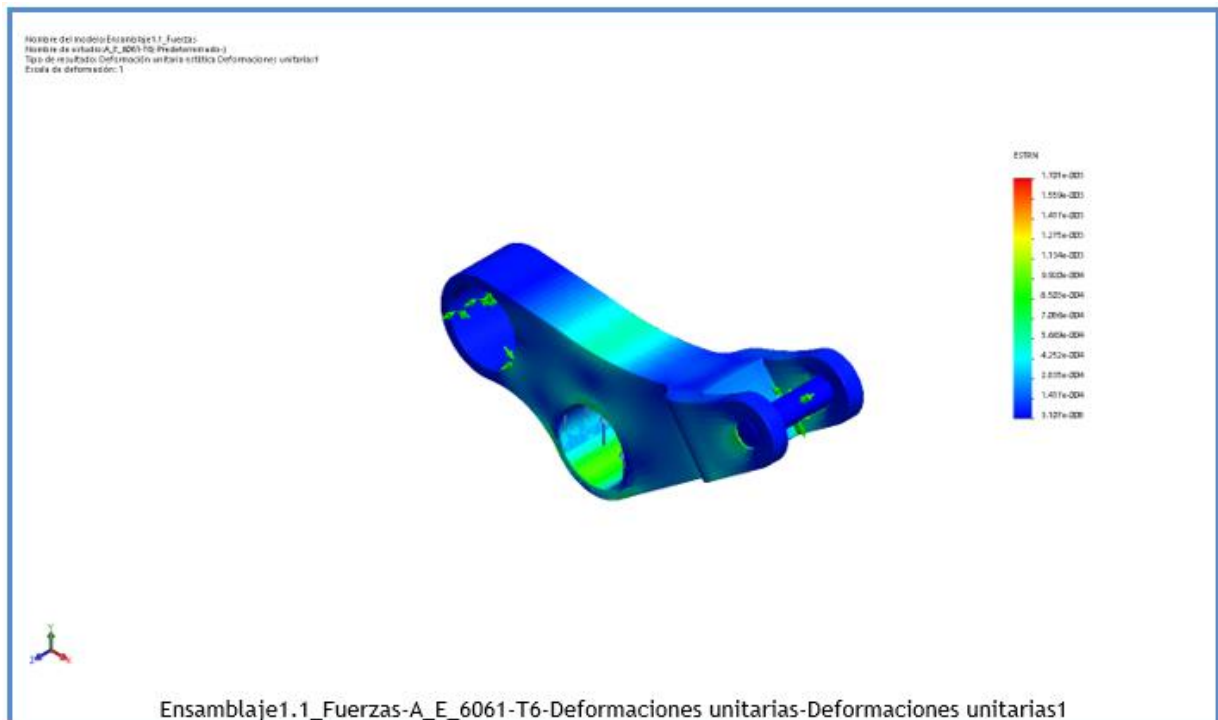


Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	5.154e-008mm Nodo: 79476	9.023e-002mm Nodo: 79225

Apéndices

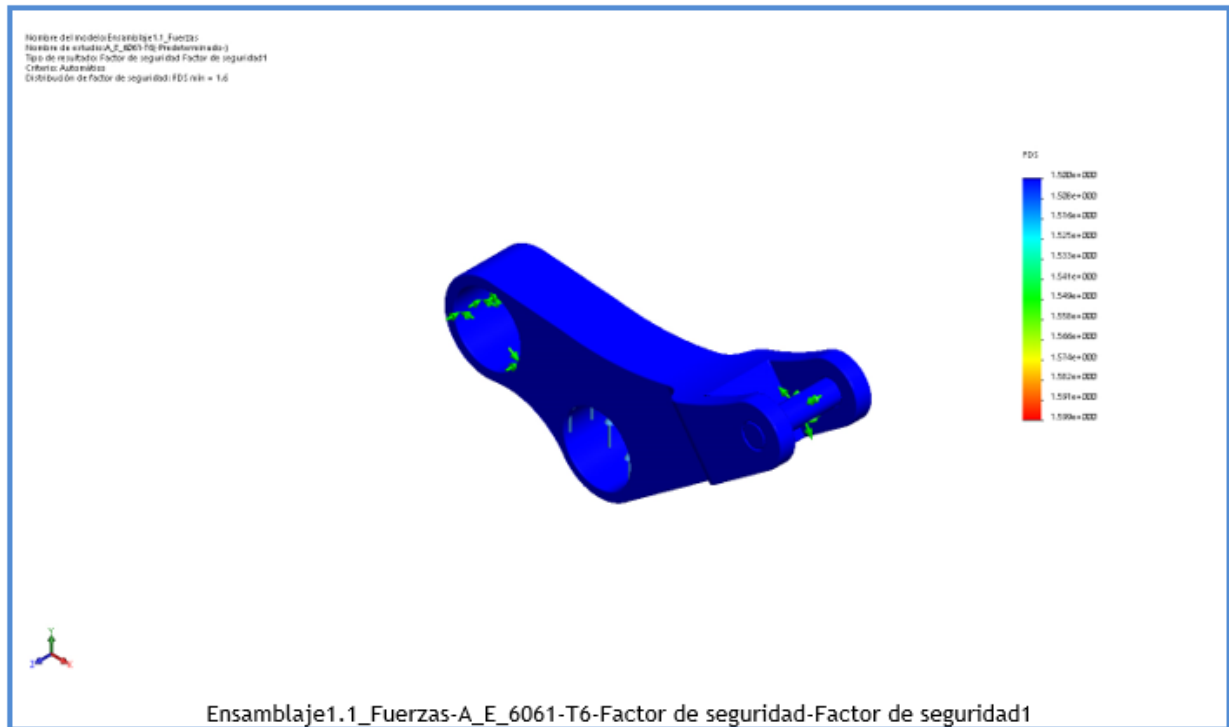


Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	3.107e-008 Elemento: 52104	1.701e-003 Elemento: 15454



Apéndices

Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Factor de seguridad1	Automático	1.599e+000 Nodo: 250	3.000e+000 Nodo: 1



Apéndices

→ Anexo 6:



Analisis de fatiga; Pieza 2; 6061-T6

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: F_6061-T6

Tipo de análisis: Fatiga (Amplitud constante)

Apéndices


Propiedades de estudio

Nombre de estudio	F_6061-T6
Tipo de análisis	Fatiga(Amplitud constante)
Interacción entre sucesos	Aleatoria
Calcular tensiones alternas usando	Intensidad de tensión (P1-P3)
Cara de elemento SHELL	Cara superior
Corrección de la tensión media	Ninguno
Factor de reducción de resistencia a la fatiga	1
Vida infinita	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Luis Jimenez\Desktop\Escritorio\Propuestas de diseño\Trabajos casi definitivos\Propuesta maziza sin mecanizado en las caras\Definitivo)

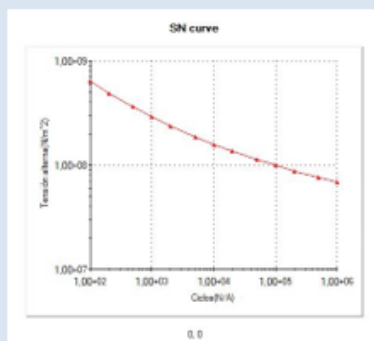
Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: 6061-T6 (SS)</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p>	<p>Sólido 1(Redondeo39)(Bieleta24-1), Sólido 1(Redondeo1)(cilindro-1)</p>

Datos de curva:



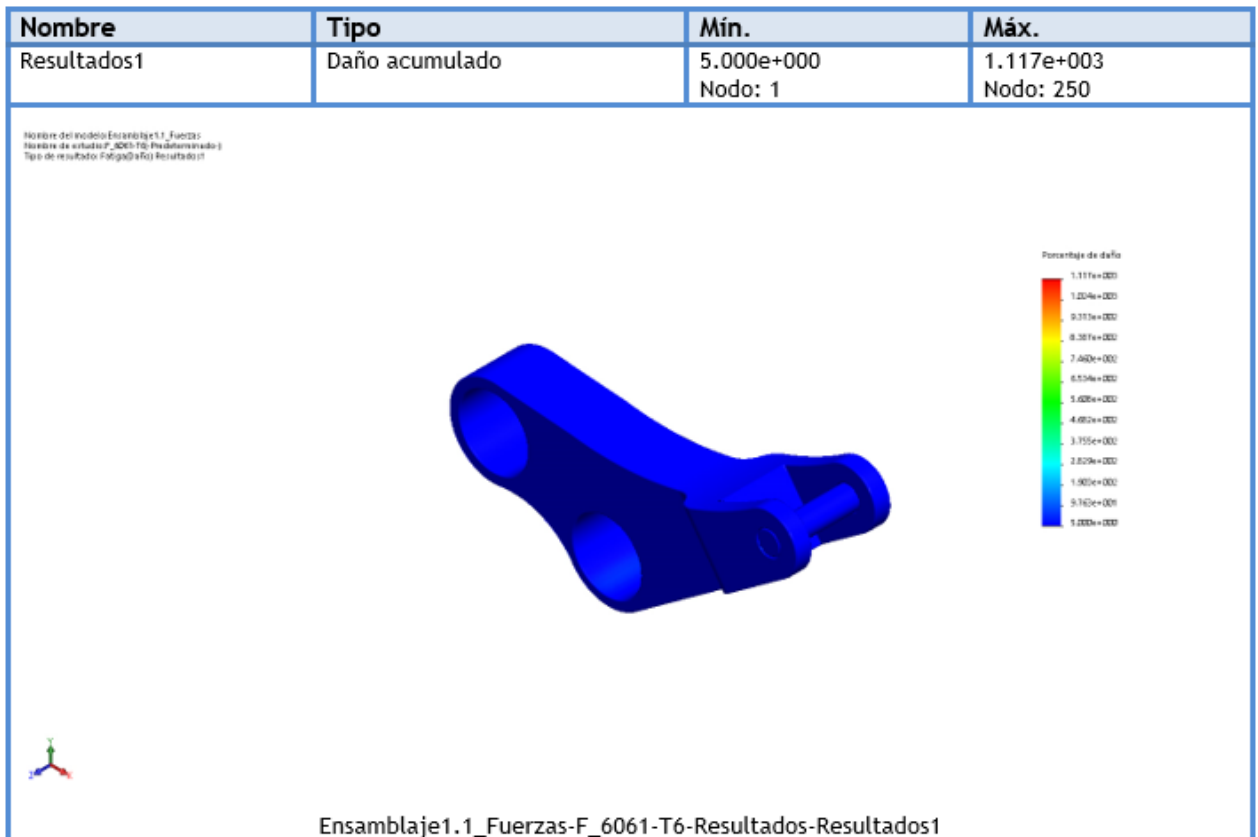
SN curve

Apéndices

Opciones de carga

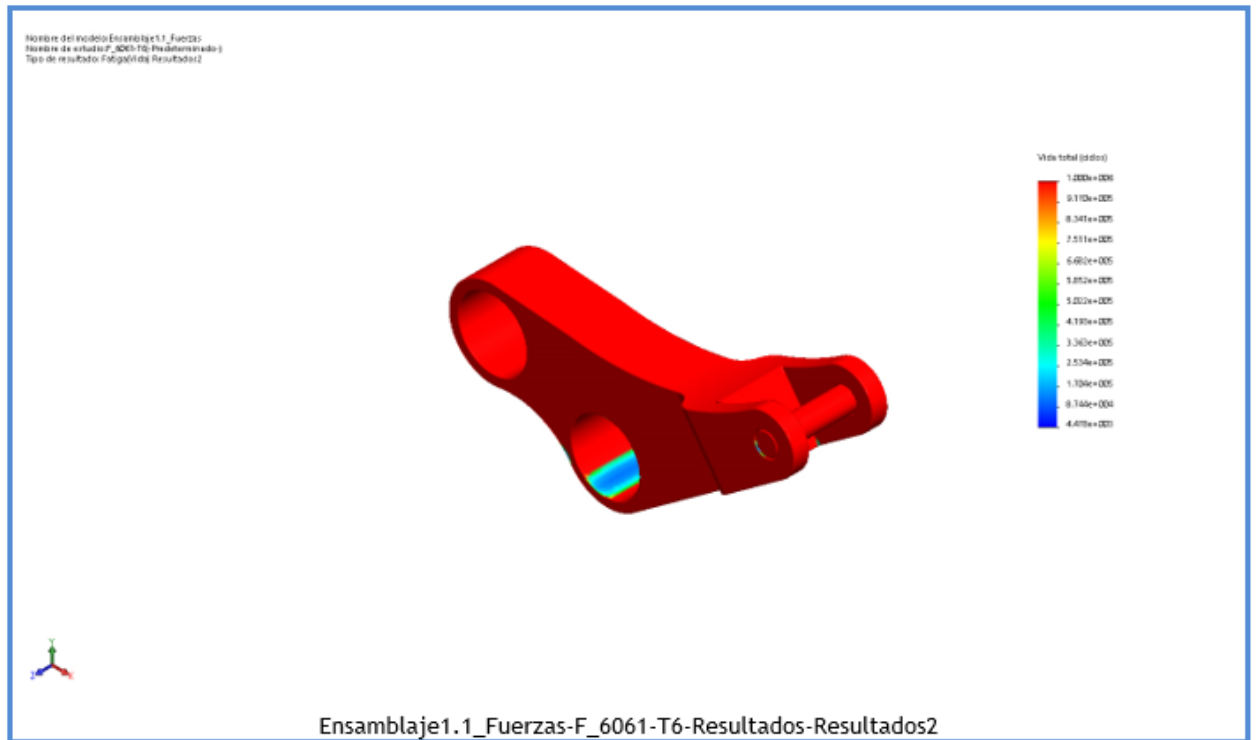
Nombre del evento	N.º de ciclos	Tipo de carga	Asociación de estudios		
			Nombre de estudio	Factor de escala	Incremento
Suceso-1	50000	Completamente invertida (LR=-1)	A_E_6061-T6	1	0

Resultados del estudio



Apéndices

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Resultados2	Vida total	4.478e+003ciclos Nodo: 250	1.000e+006ciclos Nodo: 1



Apéndices

→ Anexo 7:



Analisis estatico; Pieza 2; Titanio

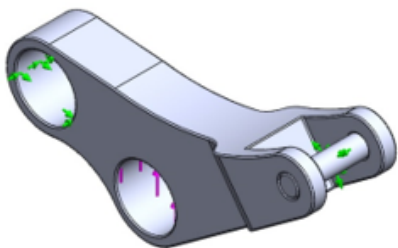


Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: A_E_Ti

Tipo de análisis: Análisis estático

Apéndices

Información de modelo

			
<p>Nombre del modelo: Ensamblaje1.1_Fuerzas Configuración actual: Predeterminado</p>			
Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Redondeo39 	Sólido	Masa:0.28665 kg Volumen:6.23152e-005 m ³ Densidad:4600 kg/m ³ Peso:2.80917 N	C:\Users\Luis Jimenez\Desktop\Escritorio\Propuestas de diseño\Trabajos casi definitivos\Propuesta maziza sin mecanizado en las caras\Bieleta24.SLDPRT Nov 28 15:08:41 2017
Redondeo1 	Sólido	Masa:0.0079882 kg Volumen:1.73656e-006 m ³ Densidad:4600 kg/m ³ Peso:0.0782843 N	C:\Users\Luis Jimenez\Desktop\Escritorio\cilindro.SLDPRT Nov 28 15:08:41 2017

Apéndices

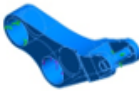
Propiedades de estudio

Nombre de estudio	A_E_Ti
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Luis Jimenez\Desktop\Escritorio\Propuestas de diseño\Trabajos casi definitivos\Propuesta maziza sin mecanizado en las caras\Definitivo)

Unidades

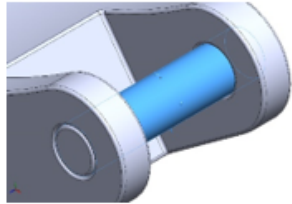
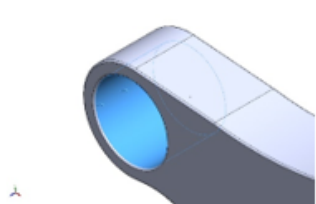
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

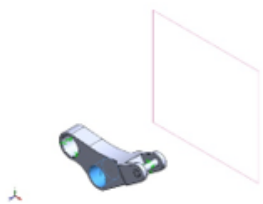
Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: Titanio</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 1.4e+008 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 2.35e+008 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 1.1e+011 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.3</p> <p>Densidad: 4600 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 4.3e+010 N/m²</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 8.8e-006 /Kelvin</p>	<p>Sólido</p> <p>1(Redondeo39)(Bieleta24-1), Sólido 1(Redondeo1)(cilindro-1)</p>
Datos de curva:N/A		

Apéndices

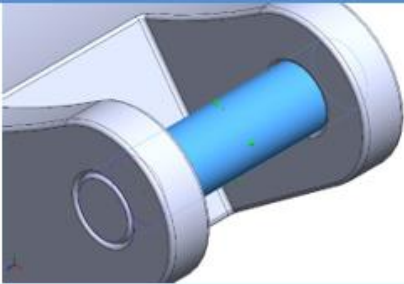
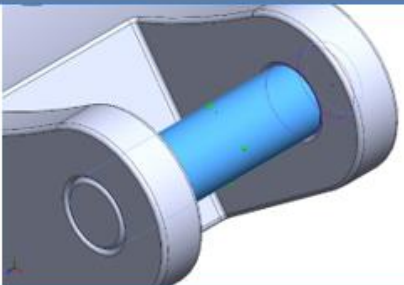
Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción			
Bisagra fija-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Bisagra fija			
Fuerzas resultantes					
Componentes	X	Y	Z	Resultante	
Fuerza de reacción(N)	-4274.03	-3572.91	-3.182	5570.73	
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0	
Bisagra fija-2		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Bisagra fija			
Fuerzas resultantes					
Componentes	X	Y	Z	Resultante	
Fuerza de reacción(N)	4274.05	-3403.82	3.18257	5463.84	
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0	

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga	
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s), 1 plano(s) Referencia: Alzado Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, 6976.74, --- N	

Apéndices

Información de contacto

Contacto	Imagen del contacto	Propiedades del contacto		
Contacto-1		<p>Tipo: Sin par de contacto de penetración</p> <p>Entidades: 2 cara(s)</p> <p>Avanzado: Nodo a superficie</p>		
Fuerza de contacto/rozamiento				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de contacto(N)	2132.6	1784.1	-6.3943	2780.4
Contacto-2		<p>Tipo: Sin par de contacto de penetración</p> <p>Entidades: 2 cara(s)</p> <p>Avanzado: Nodo a superficie</p>		
Fuerza de contacto/rozamiento				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de contacto(N)	2141.5	1788.8	9.5762	2790.3

Apéndices

Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	4.00237 mm
Tolerancia	0.200118 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	16184
Número total de elementos	9562
Cociente máximo de aspecto	31.336
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	83
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0.669
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:03
Nombre de computadora:	



Apéndices

Fuerzas resultantes

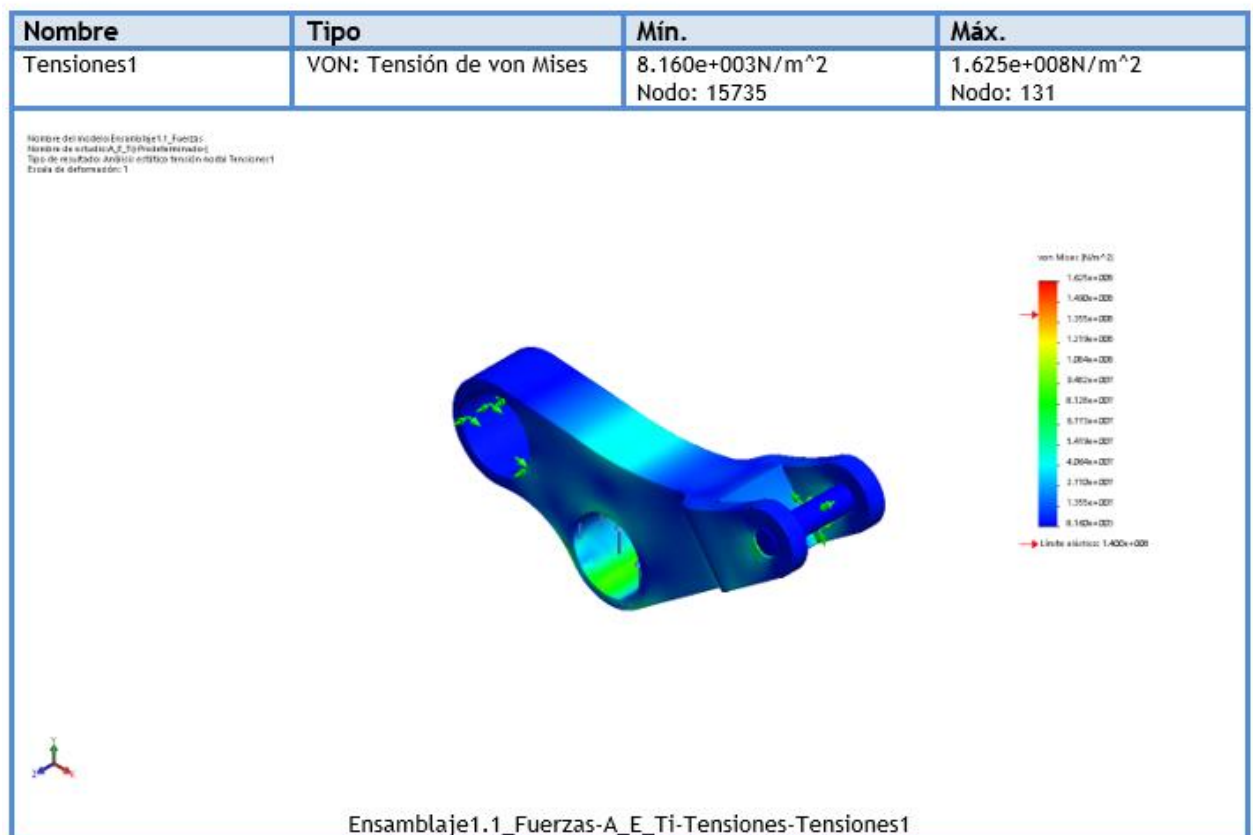
Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	0.017395	-6976.73	0.000580192	6976.73

Momentos de reacción

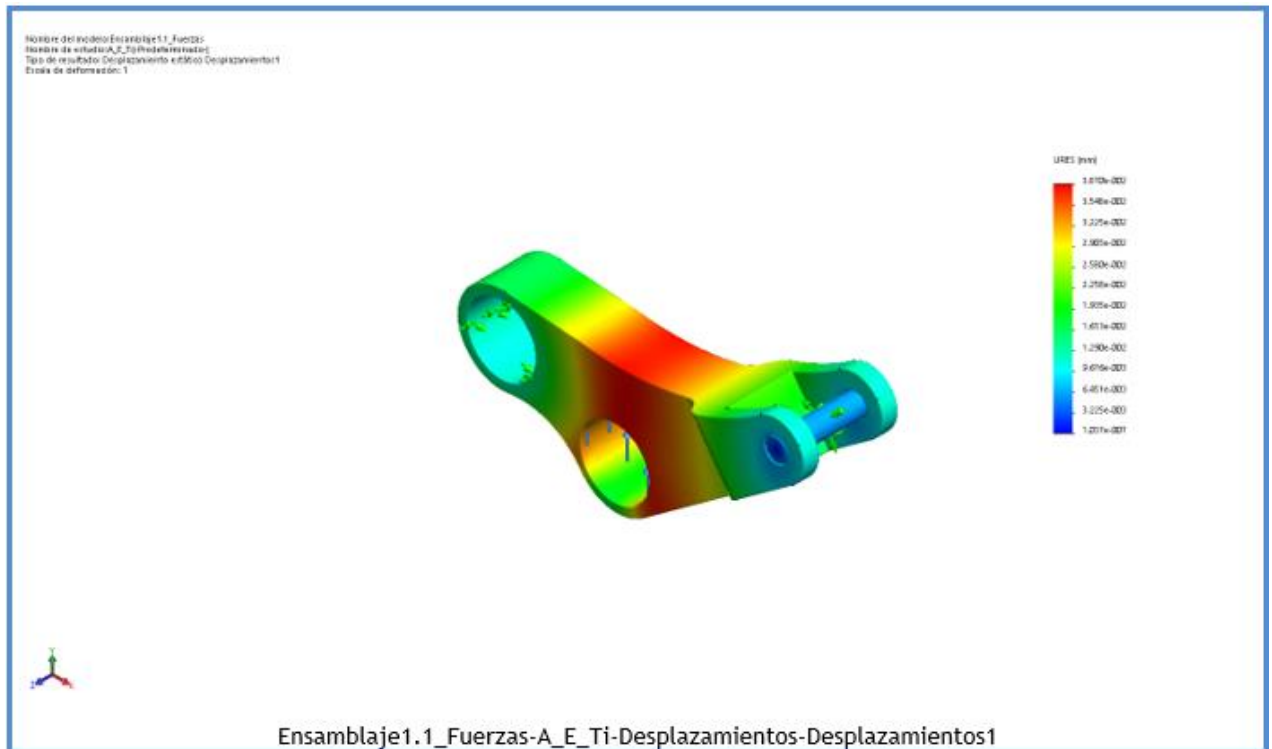
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

Resultados del estudio



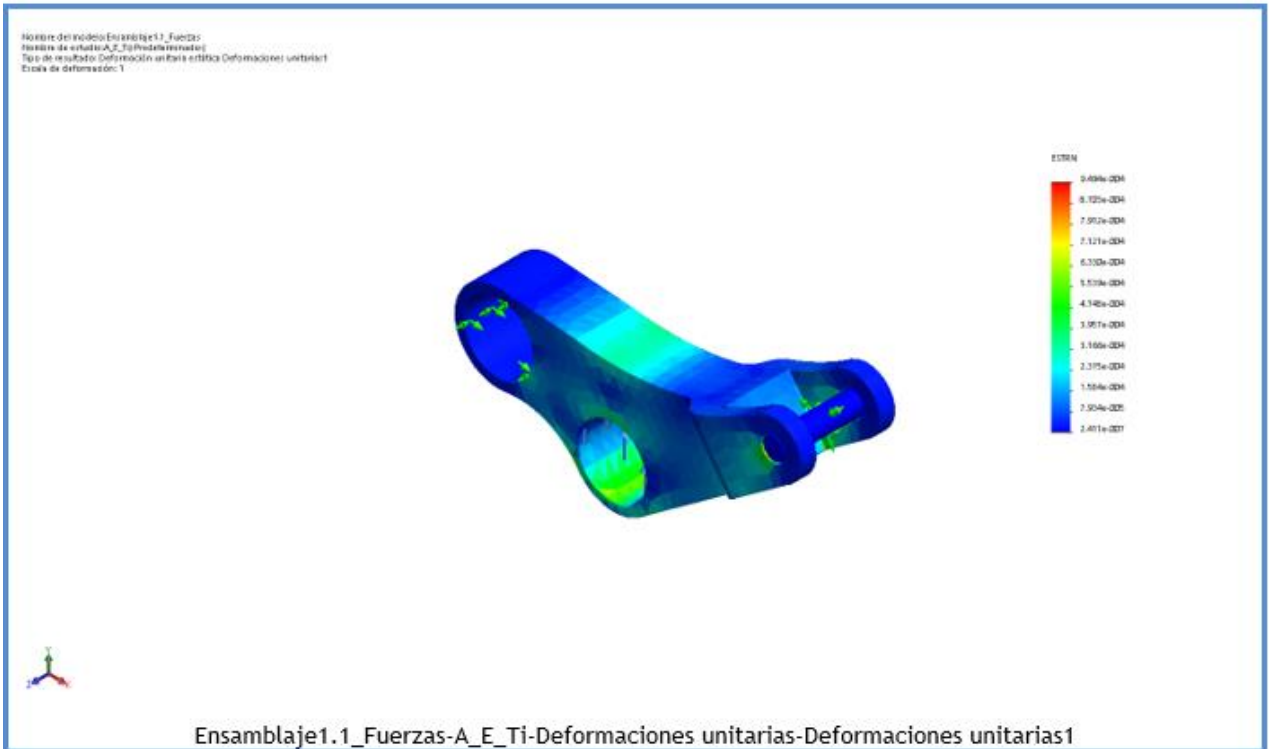
Apéndices

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	1.037e-007mm Nodo: 15726	3.870e-002mm Nodo: 1247



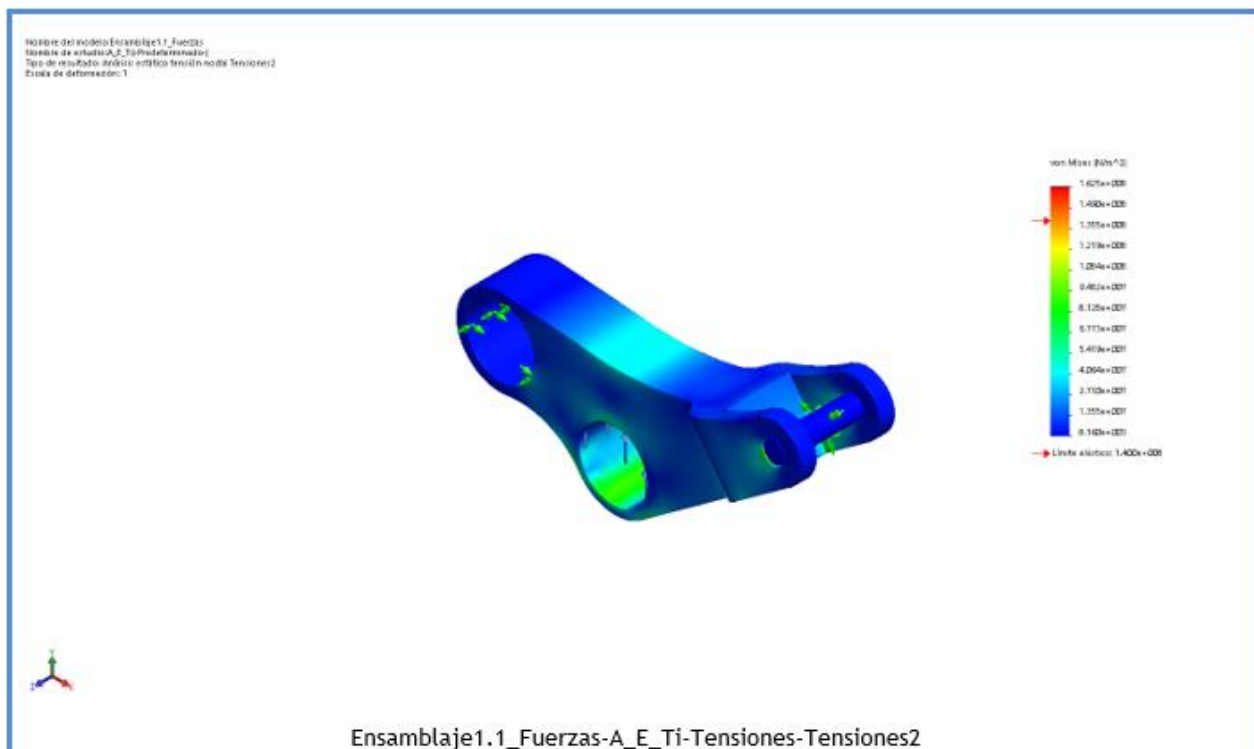
Apéndices

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	2.411e-007 Elemento: 9440	9.494e-004 Elemento: 3747



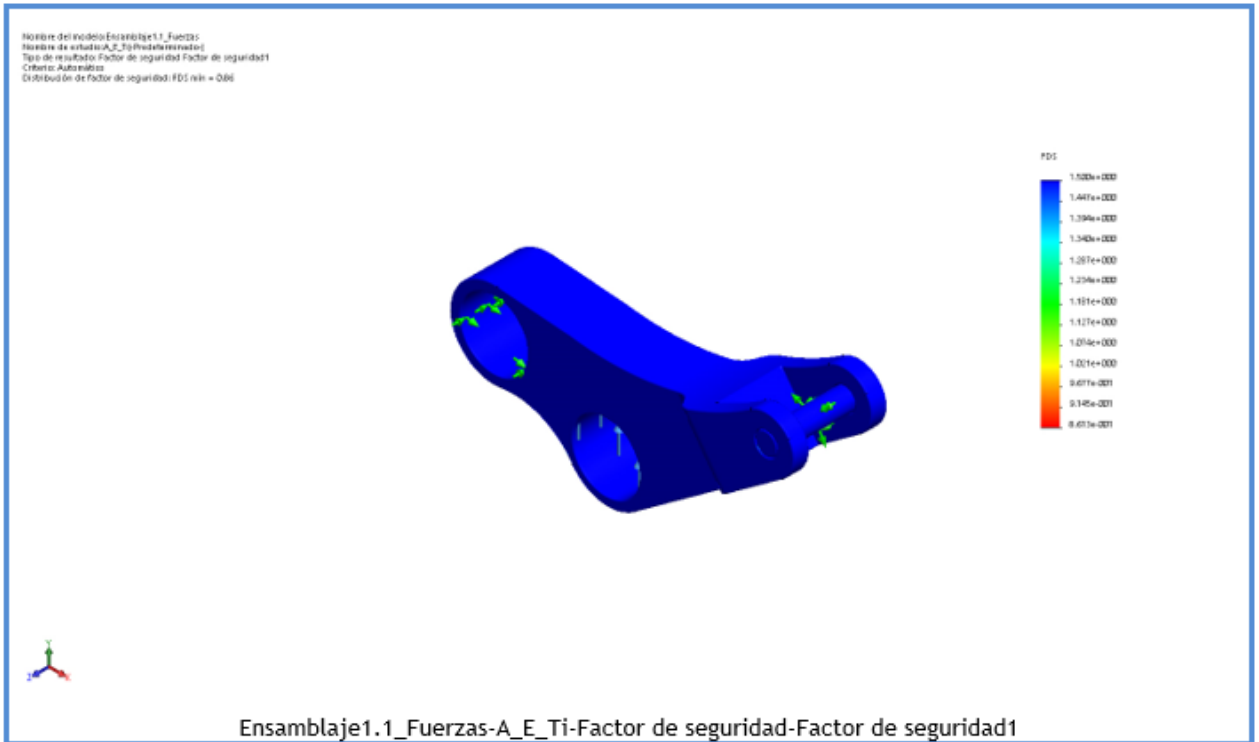
Apéndices

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones2	VON: Tensión de von Mises	8.160e+003N/m ² Nodo: 15735	1.625e+008N/m ² Nodo: 131



Apéndices

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Automático	8.613e-001 Nodo: 131	1.500e+000 Nodo: 1



Apéndices

→ Anexo 8:




Analisis de fatiga; Pieza 2; Titanio



Diseñador: Luis Eduardo Jimenez Montes
Nombre de estudio: F_Ti
Tipo de análisis: Fatiga (Amplitud constante)

Apéndices

Información de modelo



Nombre del modelo: Ensamblaje1.1_Fuerzas
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Redondeo39 	Sólido	Masa:0.28665 kg Volumen:6.23152e-005 m ³ Densidad:4600 kg/m ³ Peso:2.80917 N	C:\Users\Luis Jimenez\Desktop\Escritorio\Propuestas de diseño\Trabajos casi definitivos\Propuesta maziza sin mecanizado en las caras\Bieleta24.SLDPRT Nov 28 15:08:41 2017
Redondeo1 	Sólido	Masa:0.0079882 kg Volumen:1.73656e-006 m ³ Densidad:4600 kg/m ³ Peso:0.0782843 N	C:\Users\Luis Jimenez\Desktop\Escritorio\cilindro.SLDPRT Nov 28 15:08:41 2017

Apéndices


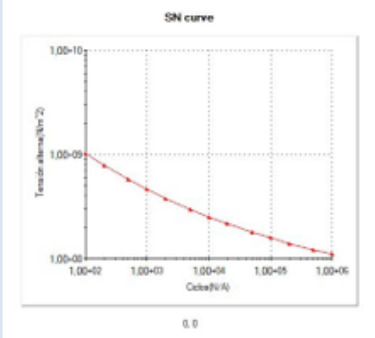
Propiedades de estudio

Nombre de estudio	F_Ti
Tipo de análisis	Fatiga(Amplitud constante)
Interacción entre sucesos	Aleatoria
Calcular tensiones alternas usando	Intensidad de tensión (P1-P3)
Cara de elemento SHELL	Cara superior
Corrección de la tensión media	Ninguno
Factor de reducción de resistencia a la fatiga	1
Vida infinita	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Luis Jimenez\Desktop\Escritorio\Propuestas de diseño\Trabajos casi definitivos\Propuesta maziza sin mecanizado en las caras\Definitivo)

Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

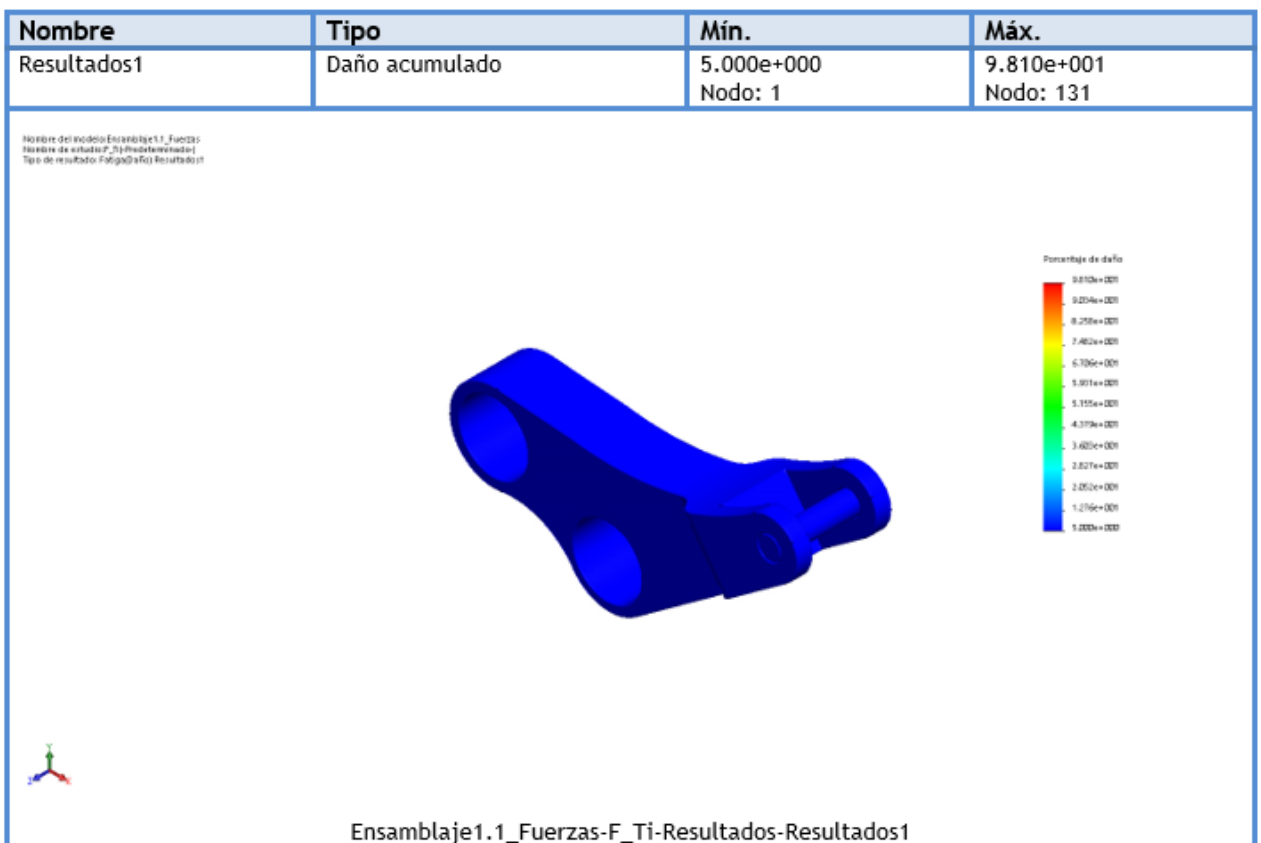
Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: Titanio</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p>	<p>Sólido 1(Redondeo39)(Bieleta24-1), Sólido 1(Redondeo1)(cilindro-1)</p>
<p>Datos de curva:</p>  <p>SN curve</p>		

Apéndices

Opciones de carga

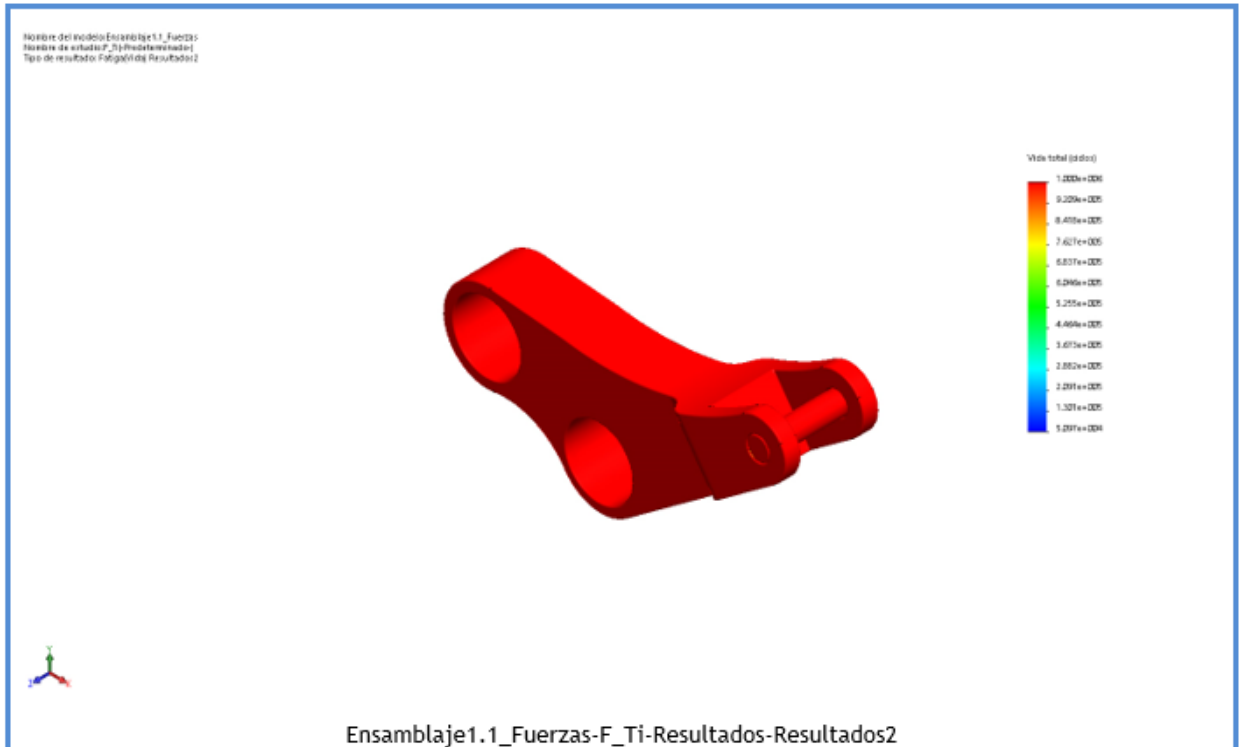
Nombre del evento	N.º de ciclos	Tipo de carga	Asociación de estudios		
			Nombre de estudio	Factor de escala	Incremento
Suceso-1	50000	Completamente invertida (LR=-1)	A_E_Ti	1	0

Resultados del estudio



Apéndices

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Resultados2	Vida total	5.097e+004ciclos Nodo: 131	1.000e+006ciclos Nodo: 1



Apéndices

→ Anexo 9:



Analisis estatico; Pieza 3; 6061-T6

Diseñador: Luis Eduardo Jimenez Montes

Nombre de estudio: A_E_6061-T6

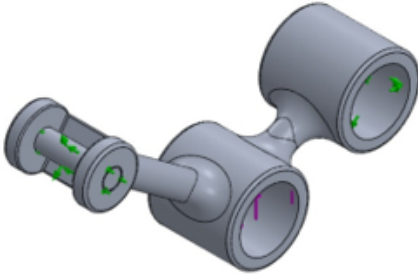



Tipo de análisis: Análisis estático

Descripción

Pieza formada con un chasis tubular, mejorando el factor peso pero reduciendo propiedades mecánicas.

Apéndices

Información de modelo

			
			
<p>Nombre del modelo: Ensamblaje2_Fuerzas Configuración actual: Predeterminado</p>			
Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Redondeo5 	Sólido	Masa:0.103223 kg Volumen:3.82288e-005 m ³ Densidad:2700.15 kg/m ³ Peso:1.01159 N	C:\Users\Luis Jimenez\Desktop\Escritorio\Propuestas de diseño\Trabajos casi definitivos\Propuesta chasis tubular\Pieza2.SLDPR T Dec 19 11:07:38 2017
Redondeo1 	Sólido	Masa:0.00468872 kg Volumen:1.73656e-006 m ³ Densidad:2700 kg/m ³ Peso:0.0459495 N	C:\Users\Luis Jimenez\Desktop\Escritorio\cilindro.SLDPRT Nov 28 15:08:41 2017

Apéndices

Propiedades de estudio


Nombre de estudio	A_E_6061-T6
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Luis Jimenez\Desktop\Escritorio\Propuestas de diseño\Trabajos casi definitivos\Propuesta chasis tubular\Definitivo)

Unidades

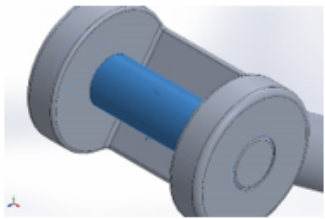

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Apéndices

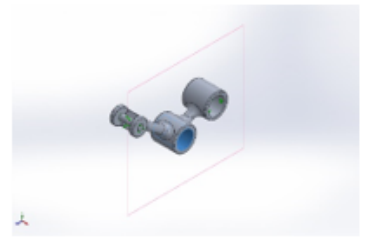
Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: 6061-T6 (SS) Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx. Límite elástico: 2.75e+008 N/m ² Límite de tracción: 3.1e+008 N/m ² Módulo elástico: 6.9e+010 N/m ² Coefficiente de Poisson: 0.33 Densidad: 2700 kg/m ³ Módulo cortante: 2.6e+010 N/m ² Coefficiente de dilatación térmica: 2.4e-005 / Kelvin	Sólido 1(Redondeo5)(Pieza2-1), Sólido 1(Redondeo1)(cilindro-1)
Datos de curva:N/A		

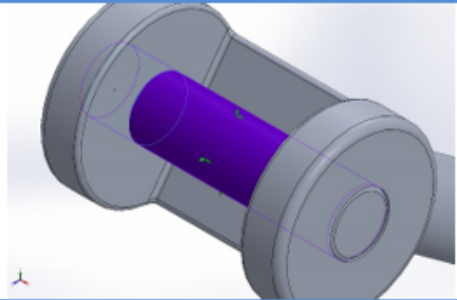
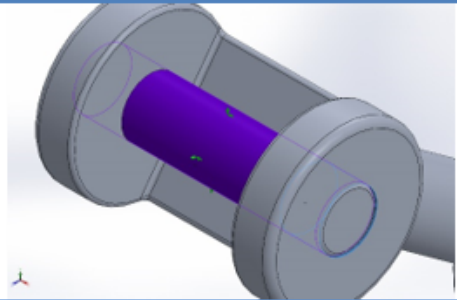
Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Bisagra fija-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Bisagra fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-0.256425	-4354.16	-5891.93	7326.23
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0
Bisagra fija-2		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Bisagra fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	0.254063	-2620.57	5892.19	6448.67
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Apéndices

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s), 1 plano(s) Referencia: Vista lateral Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, 6976.74, --- N

Información de contacto

Contacto	Imagen del contacto	Propiedades del contacto		
Contacto-1		Tipo: Sin par de contacto de penetración Entidades: 2 cara(s) Avanzado: Nodo a superficie		
Fuerza de contacto/rozamiento				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de contacto(N)	0.26534	2164.5	2930	3642.8
Contacto-2		Tipo: Sin par de contacto de penetración Entidades: 2 cara(s) Avanzado: Nodo a superficie		
Fuerza de contacto/rozamiento				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de contacto(N)	-0.0070753	2189.6	2962	3683.4

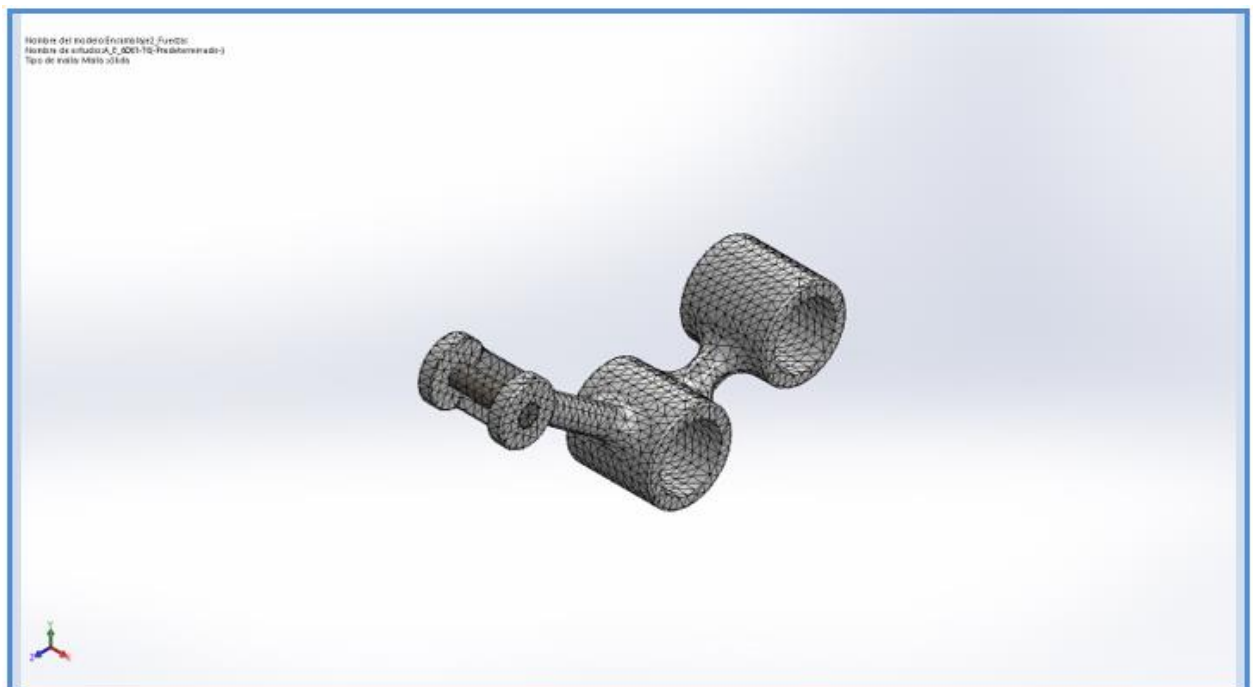
Apéndices

Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	3.1989 mm
Tolerancia	0.159945 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	19088
Número total de elementos	10938
Cociente máximo de aspecto	16.201
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	94.3
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0.32
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:02
Nombre de computadora:	



Apéndices

Fuerzas resultantes

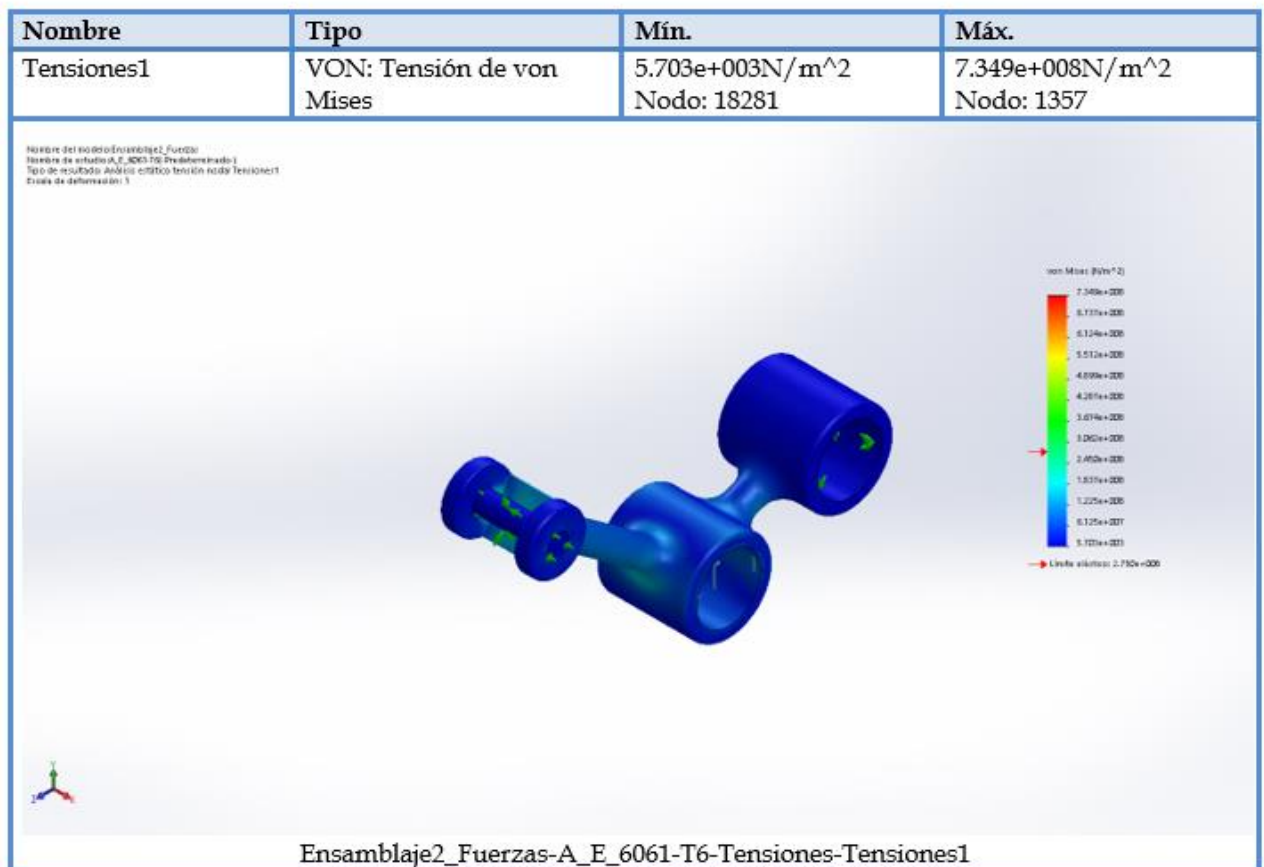
Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-0.00236017	-6974.73	0.256237	6974.73

Momentos de reacción

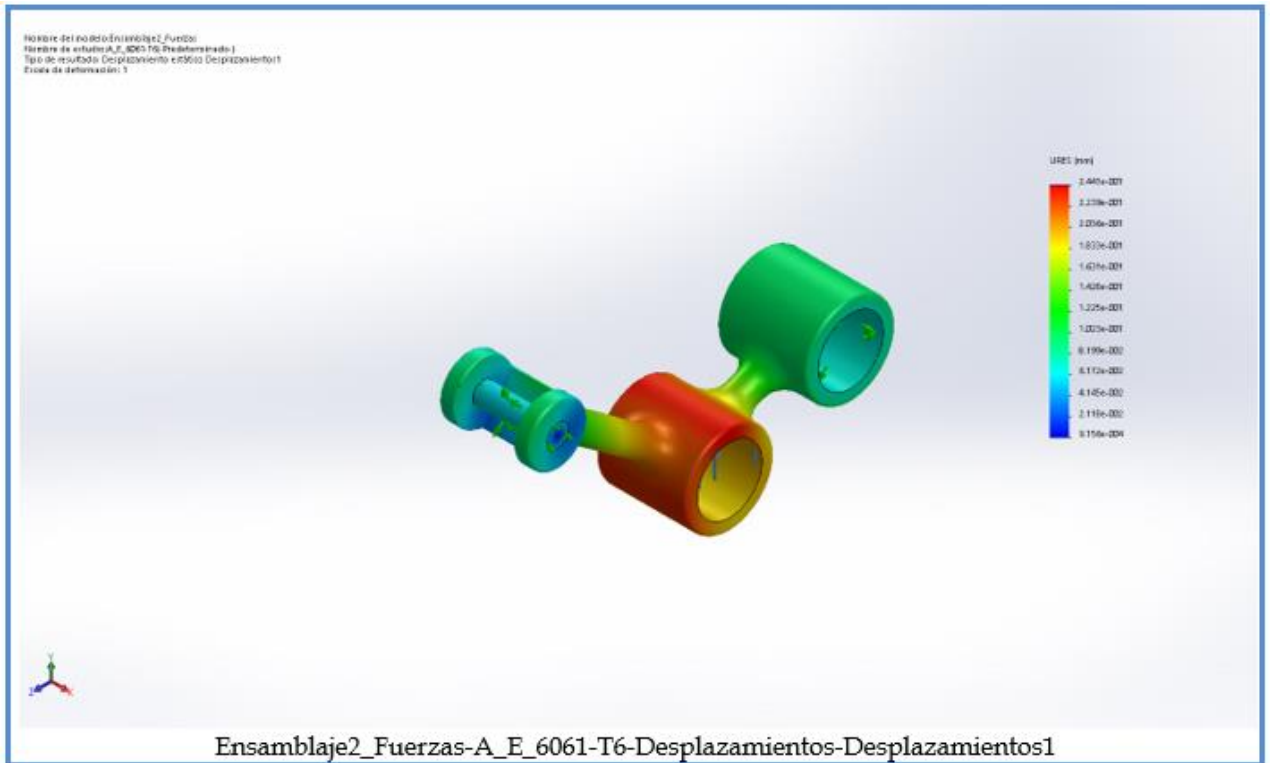
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

Resultados del estudio



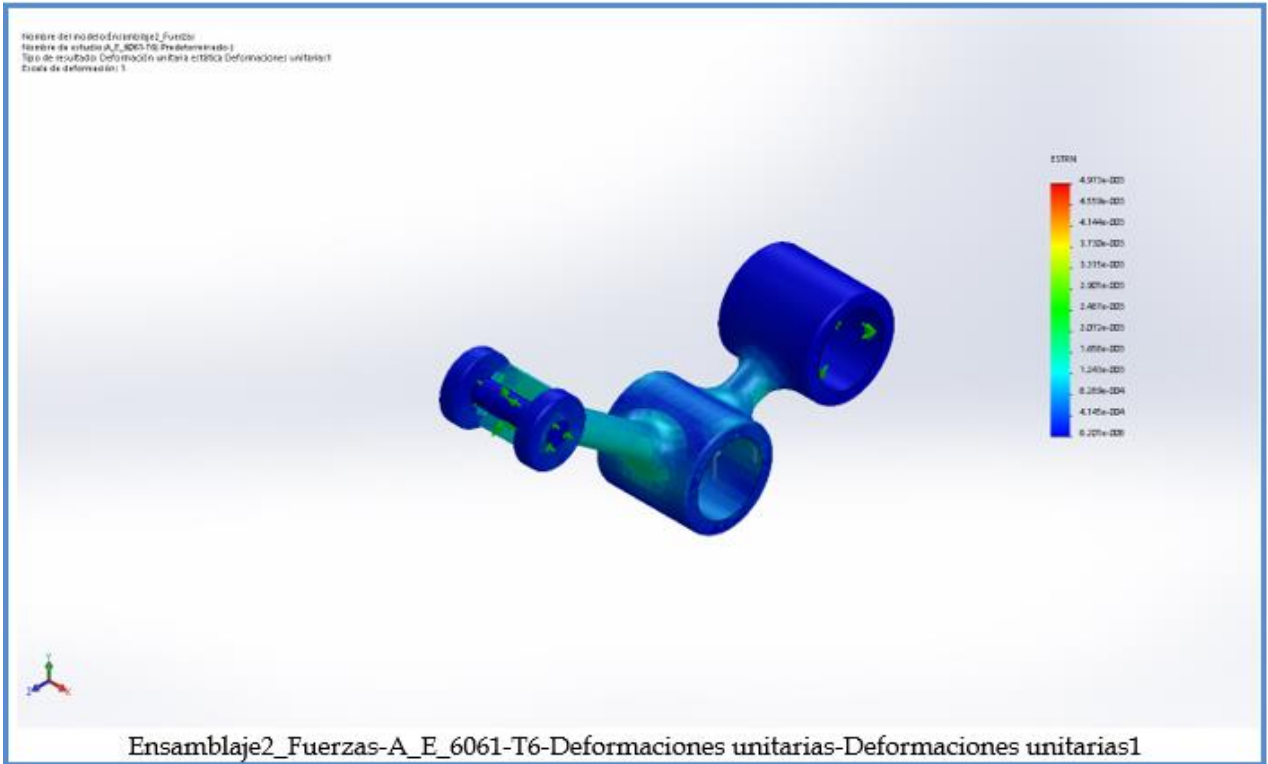
Apéndices

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	9.156e-004mm Nodo: 18315	2.441e-001mm Nodo: 16929



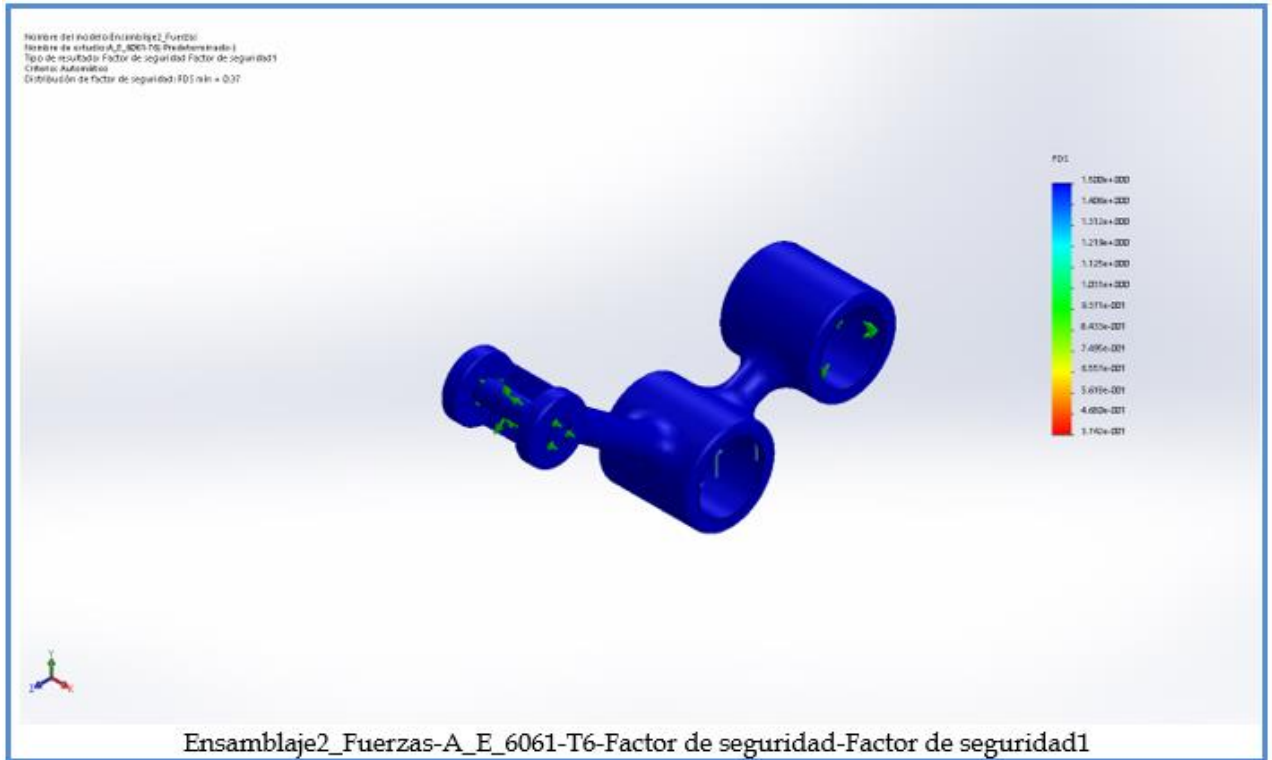
Apéndices

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	8.201e-008 Elemento: 10446	4.973e-003 Elemento: 6800



Apéndices

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Automático	3.742e-001 Nodo: 1357	1.500e+000 Nodo: 1



Apéndices

→ Anexo 10:



Analisis de fatiga; Pieza 3; 6061-T6

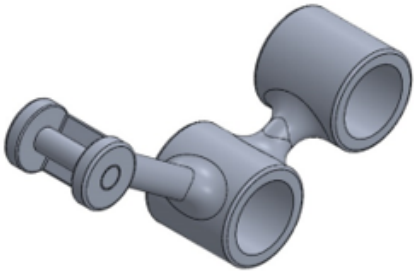



Diseñador: Luis Eduardo Jimenez Montes

Nombre de estudio: F_6061-T6

Tipo de análisis: Fatiga (Amplitud constante)

Apéndices

Información de modelo

			
			
<p>Nombre del modelo: Ensamblaje2_Fuerzas Configuración actual: Predeterminado</p>			
Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Redondeo5 	Sólido	Masa:0.103223 kg Volumen:3.82288e-005 m ³ Densidad:2700.15 kg/m ³ Peso:1.01159 N	C:\Users\Luis Jimenez\Desktop\Escritorio\Propuestas de diseño\Trabajos casi definitivos\Propuesta chasis tubular\Pieza2.SLDPR T Dec 19 11:07:38 2017
Redondeo1 	Sólido	Masa:0.00468872 kg Volumen:1.73656e-006 m ³ Densidad:2700 kg/m ³ Peso:0.0459495 N	C:\Users\Luis Jimenez\Desktop\Escritorio\cilindro.SLDPR T Nov 28 15:08:41 2017

Apéndices


Propiedades de estudio

Nombre de estudio	F_6061-T6
Tipo de análisis	Fatiga(Amplitud constante)
Interacción entre sucesos	Aleatoria
Calcular tensiones alternas usando	Intensidad de tensión (P1-P3)
Cara de elemento SHELL	Cara superior
Corrección de la tensión media	Ninguno
Factor de reducción de resistencia a la fatiga	1
Vida infinita	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Luis Jimenez\Desktop\Escritorio\Propuestas de diseño\Trabajos casi definitivos\Propuesta chasis tubular\Definitivo)

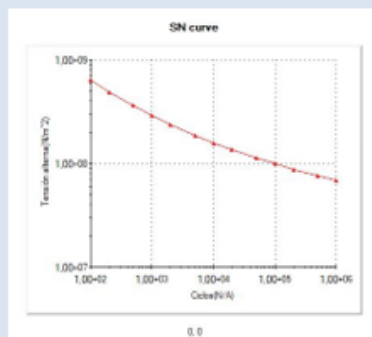
Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: 6061-T6 (SS)</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p>	<p>Sólido</p> <p>1(Redondeo5)(Pieza2-1), Sólido</p> <p>1(Redondeo1)(cilindro-1)</p>

Datos de curva:



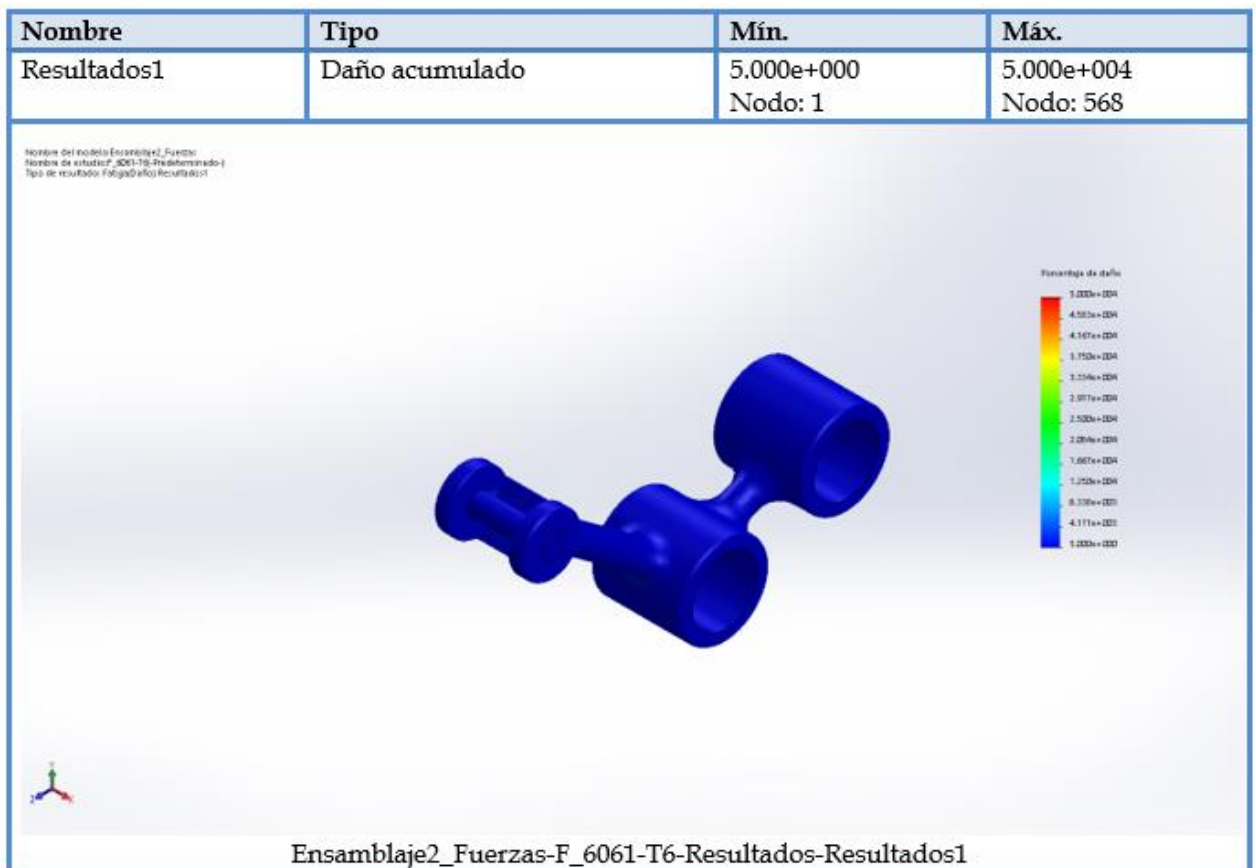
SN curve

Apéndices

Opciones de carga

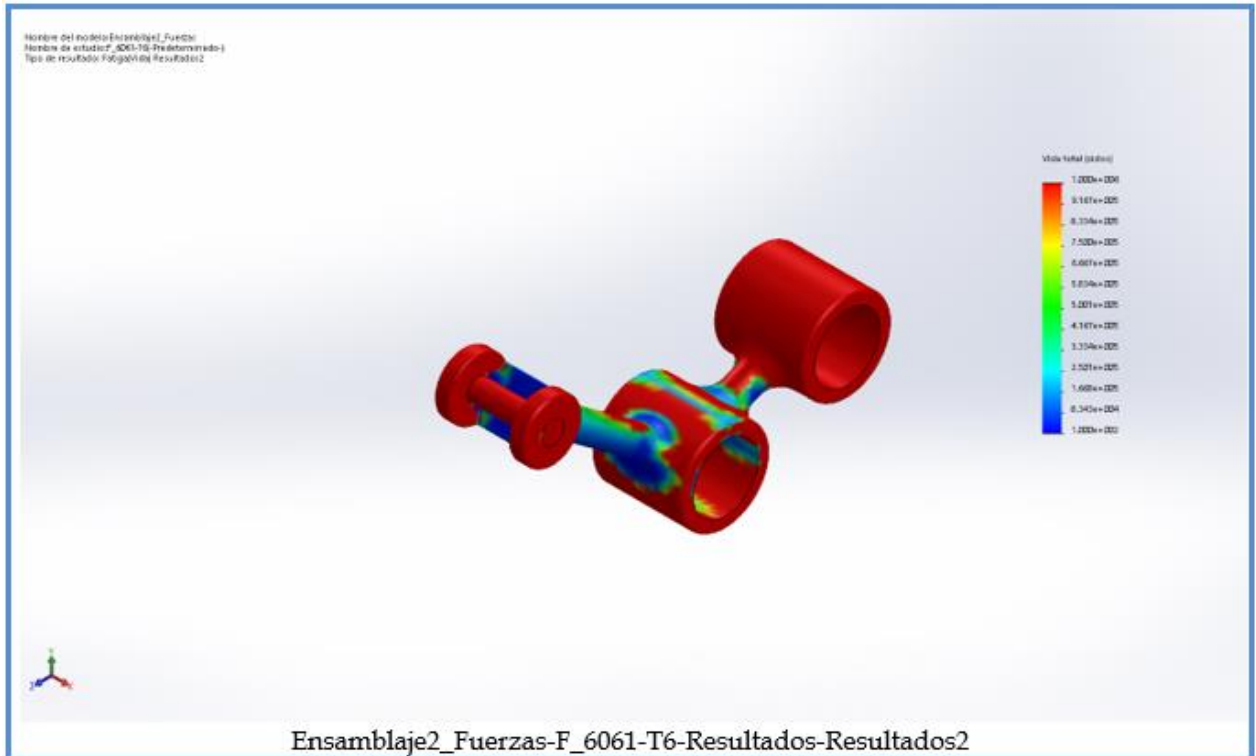
Nombre del evento	N.º de ciclos	Tipo de carga	Asociación de estudios		
			Nombre de estudio	Factor de escala	Incremento
Suceso-1	50000	Completamente invertida (LR=-1)	A_E_6061-T6	1	0

Resultados del estudio



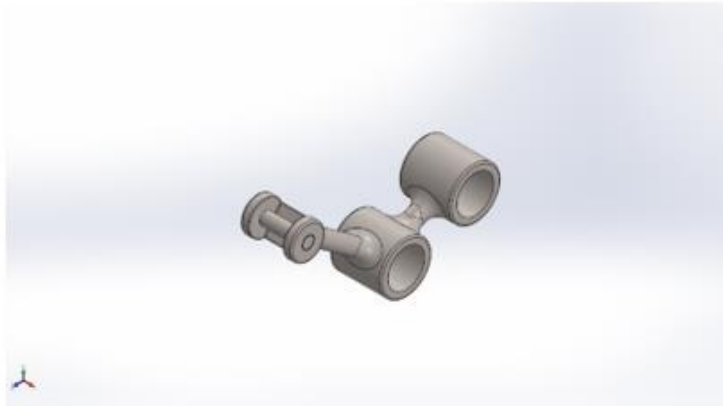
Apéndices

Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Resultados2	Vida total	1.000e+002ciclos Nodo: 568	1.000e+006ciclos Nodo: 1



Apéndices

→ Anexo 11:



Analisis estatico; Pieza 3; Titanio

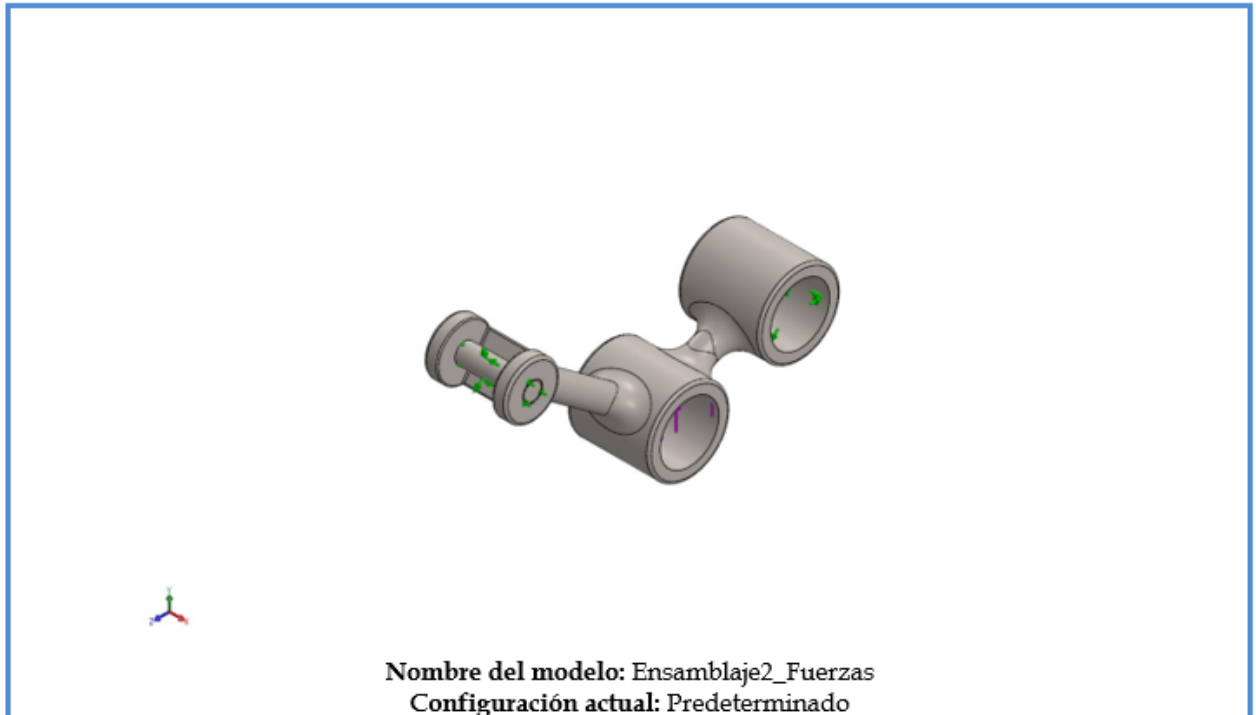
Diseñador: Luis Eduardo Jimenez Montes



Nombre de estudio: A_E_Ti

Tipo de análisis: Análisis estático

Apéndices

Información de modelo



Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Redondeo5 	Sólido	Masa:0.175862 kg Volumen:3.82288e-005 m ³ Densidad:4600.25 kg/m ³ Peso:1.72345 N	C:\Users\Luis Jimenez\Desktop\Escritorio\Propuestas de diseño\Trabajos casi definitivos\Propuesta chasis tubular\Pieza2.SLDPRT Dec 19 11:07:38 2017
Redondeo1 	Sólido	Masa:0.0079882 kg Volumen:1.73656e-006 m ³ Densidad:4600 kg/m ³ Peso:0.0782843 N	C:\Users\Luis Jimenez\Desktop\Escritorio\cilindro.SLDPRT Nov 28 15:08:41 2017

Apéndices

Propiedades de estudio


Nombre de estudio	A_E_Ti
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Luis Jimenez\Desktop\Escritorio\Propuestas de diseño\Trabajos casi definitivos\Propuesta chasis tubular\Definitivo)

Unidades

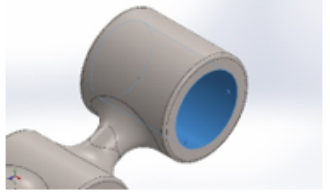
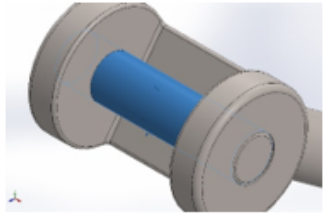
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Apéndices

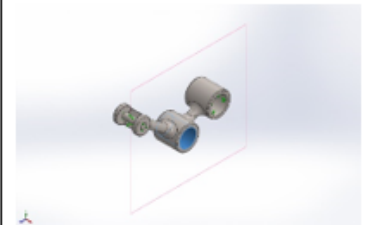
Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: Titanio Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx. Límite elástico: 1.4e+008 N/m ² Límite de tracción: 2.35e+008 N/m ² Módulo elástico: 1.1e+011 N/m ² Coefficiente de Poisson: 0.3 Densidad: 4600 kg/m ³ Módulo cortante: 4.3e+010 N/m ² Coefficiente de dilatación térmica: 8.8e-006 /Kelvin	Sólido 1(Redondeo5)(Pieza2-1), Sólido 1(Redondeo1)(cilindro-1)
Datos de curva:N/A		

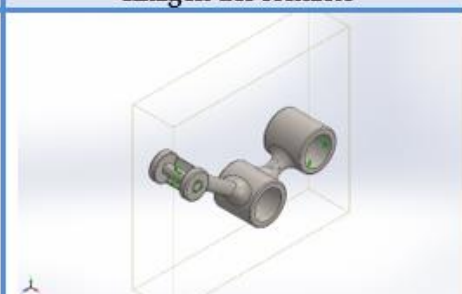
Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Bisagra fija-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Bisagra fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-0.124837	-2611.84	5934.35	6483.69
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0
Bisagra fija-2		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Bisagra fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	0.128902	-4364.85	-5934.24	7366.62
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Apéndices

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s), 1 plano(s) Referencia: Vista lateral Tipo: Aplicar fuerza Valores: --, 6976.74, -- N

Información de contacto

Contacto	Imagen del contacto	Propiedades del contacto
Contacto global		Tipo: Unión rígida Componentes: 1 componente(s) Opciones: Mallado compatible

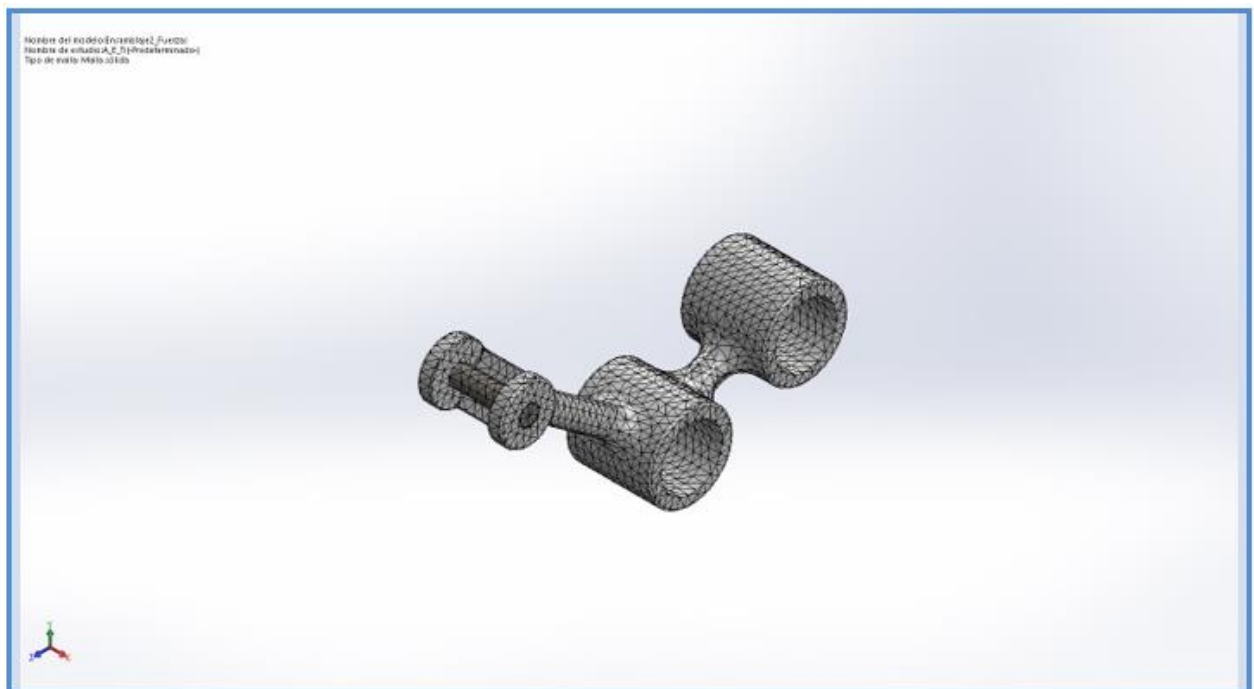
Apéndices

Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	3.1989 mm
Tolerancia	0.159945 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	19067
Número total de elementos	11016
Cociente máximo de aspecto	20.068
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	93.7
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0.363
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:03
Nombre de computadora:	



Apéndices

Fuerzas resultantes

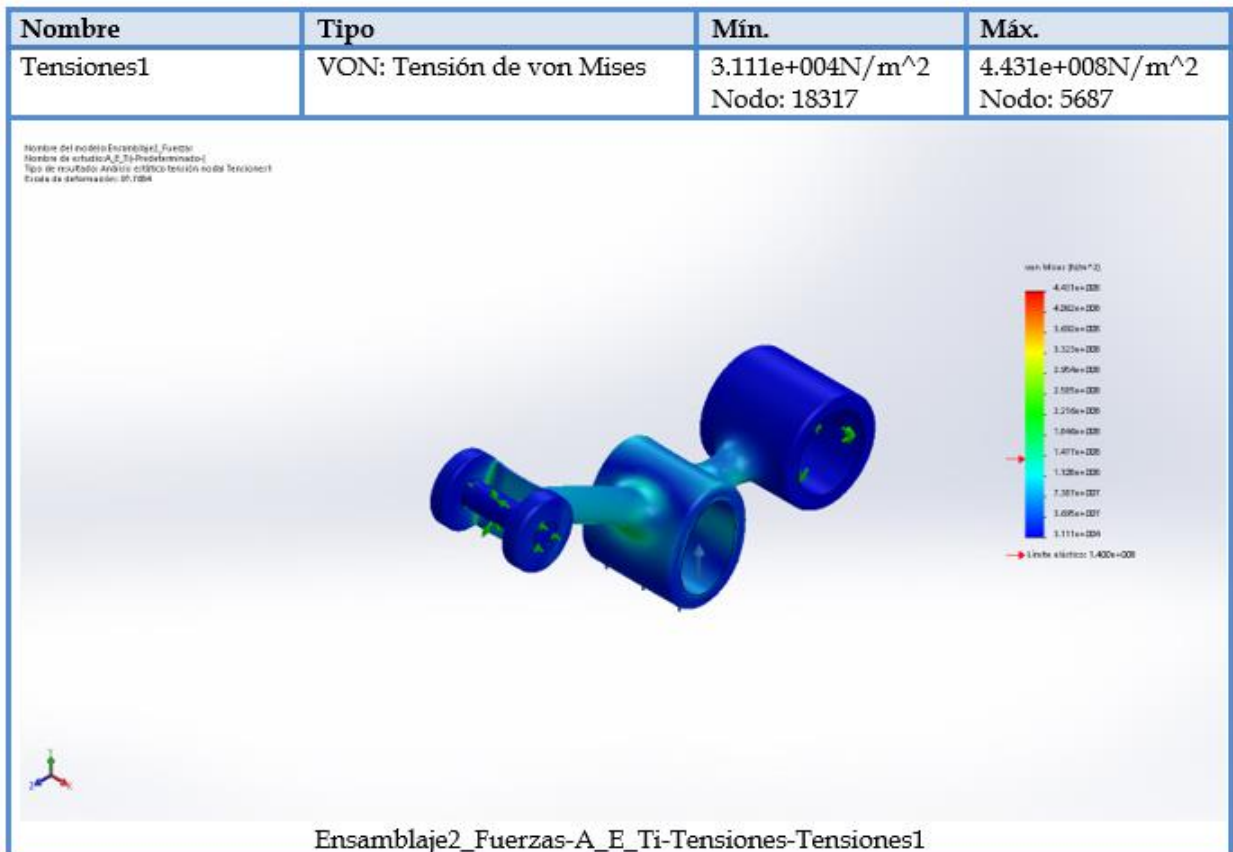
Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	0.00426054	-6976.69	0.108854	6976.69

Momentos de reacción

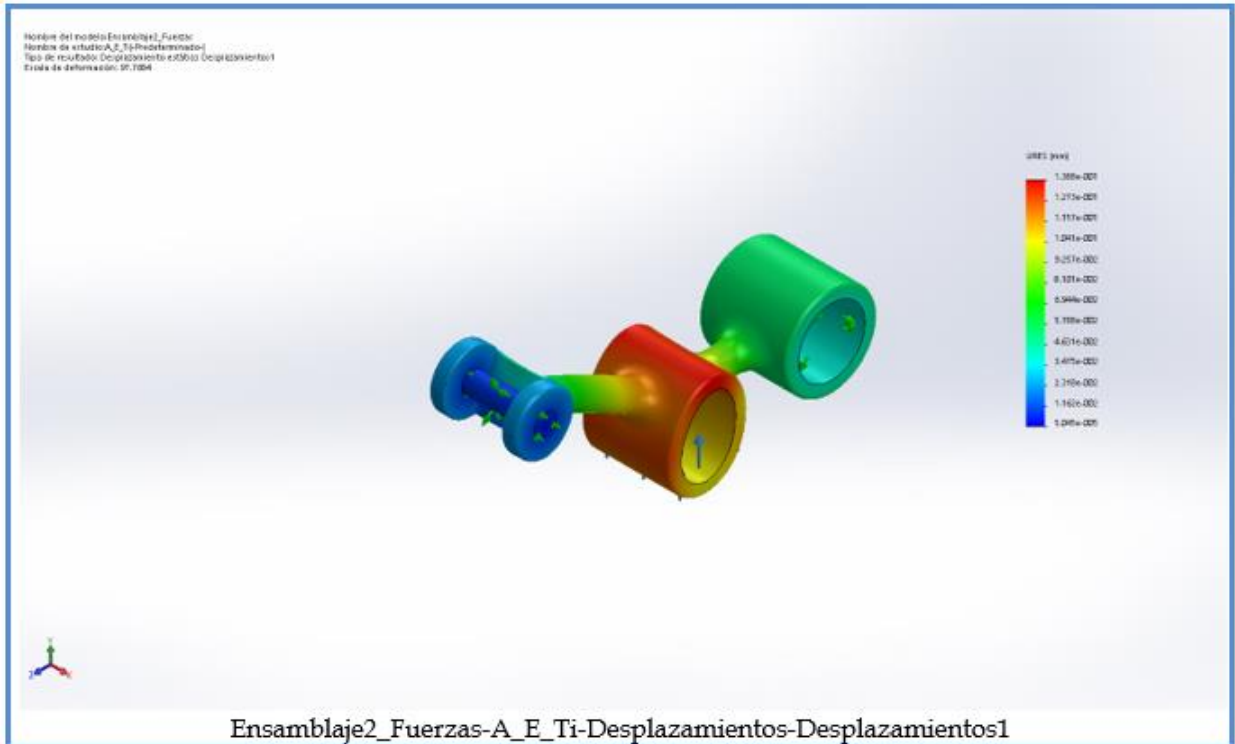
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

Resultados del estudio



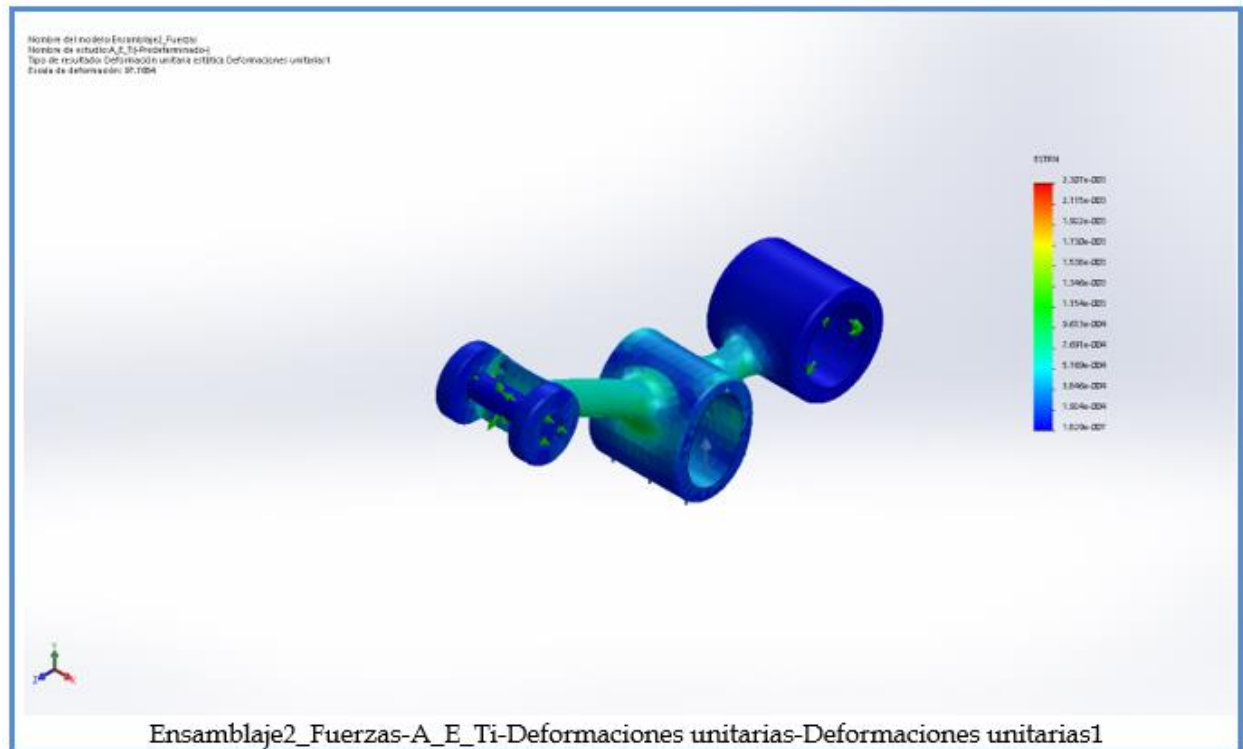
Apéndices

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	5.045e-005mm Nodo: 18413	1.388e-001mm Nodo: 16662



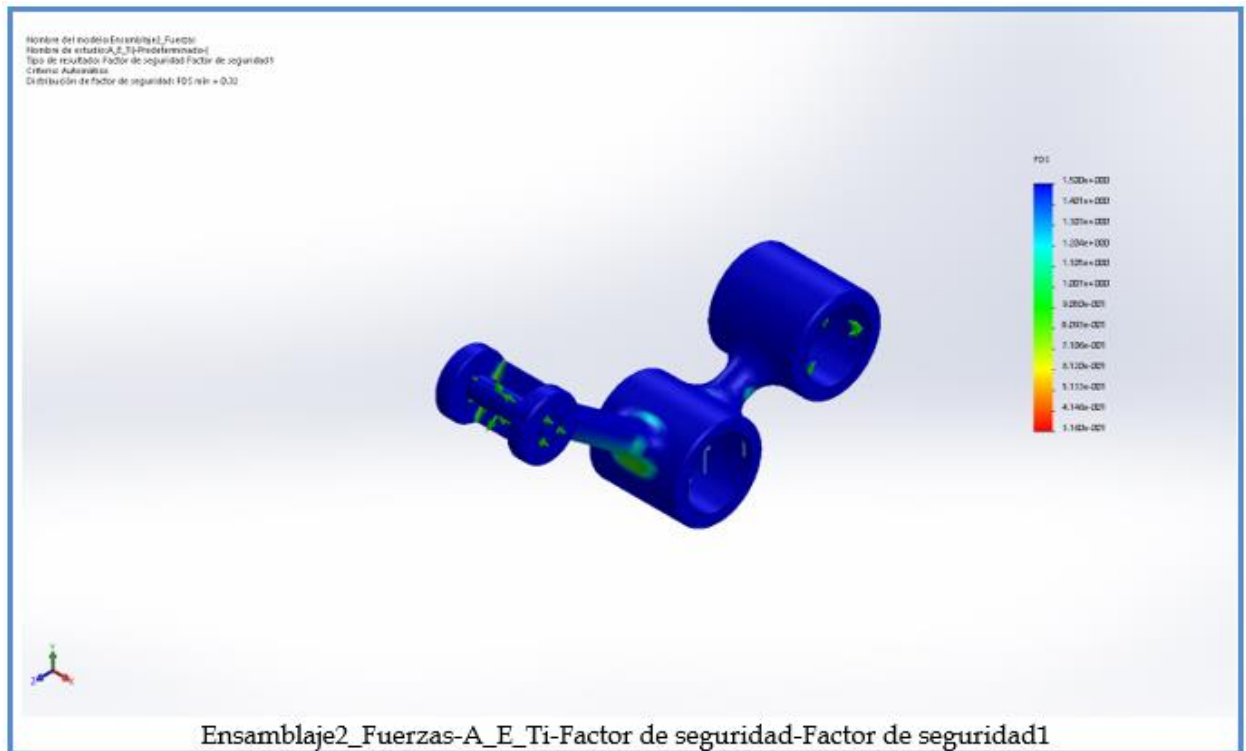
Apéndices

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1.829e-007 Elemento: 10533	2.307e-003 Elemento: 2420



Apéndices

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Automático	3.160e-001 Nodo: 5687	1.500e+000 Nodo: 1



Apéndices

→ Anexo 12:



Analisis de fatiga; Pieza 3; Titanio

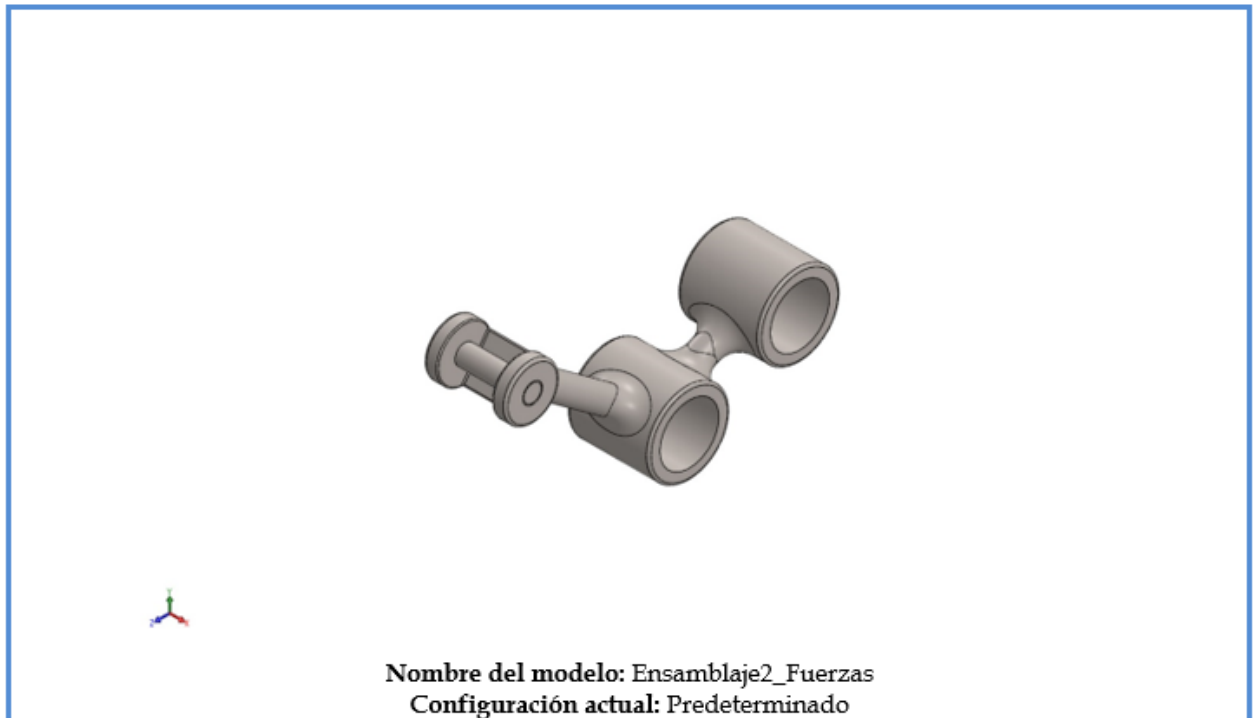
Diseñador: Luis Eduardo Jimenez Montes



Nombre de estudio: F_Ti

Tipo de análisis: Fatiga (Amplitud constante)

Apéndices

Información de modelo



Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Redondeo5 	Sólido	Masa:0.175862 kg Volumen:3.82288e-005 m ³ Densidad:4600.25 kg/m ³ Peso:1.72345 N	C:\Users\Luis Jimenez\Desktop\Escritorio\Propuestas de diseño\Trabajos casi definitivos\Propuesta chasis tubular\Pieza2.SLDPR T Dec 19 11:07:38 2017
Redondeo1 	Sólido	Masa:0.0079882 kg Volumen:1.73656e-006 m ³ Densidad:4600 kg/m ³ Peso:0.0782843 N	C:\Users\Luis Jimenez\Desktop\Escritorio\cilindro.SLDPRT Nov 28 15:08:41 2017

Apéndices


Propiedades de estudio

Nombre de estudio	F_Ti
Tipo de análisis	Fatiga(Amplitud constante)
Interacción entre sucesos	Aleatoria
Calcular tensiones alternas usando	Intensidad de tensión (P1-P3)
Cara de elemento SHELL	Cara superior
Corrección de la tensión media	Ninguno
Factor de reducción de resistencia a la fatiga	1
Vida infinita	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Luis Jimenez\Desktop\Escritorio\Propuestas de diseño\Trabajos casi definitivos\Propuesta chasis tubular\Definitivo)

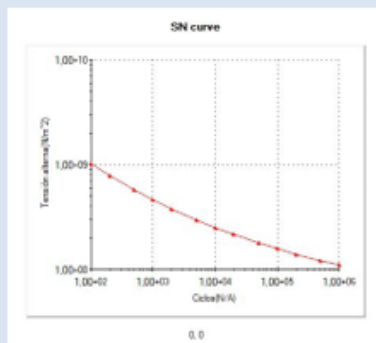
Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: Titanio</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p>	<p>Sólido</p> <p>1(Redondeo5)(Pieza2-1),</p> <p>Sólido</p> <p>1(Redondeo1)(cilindro-1)</p>

Datos de curva:



SN curve

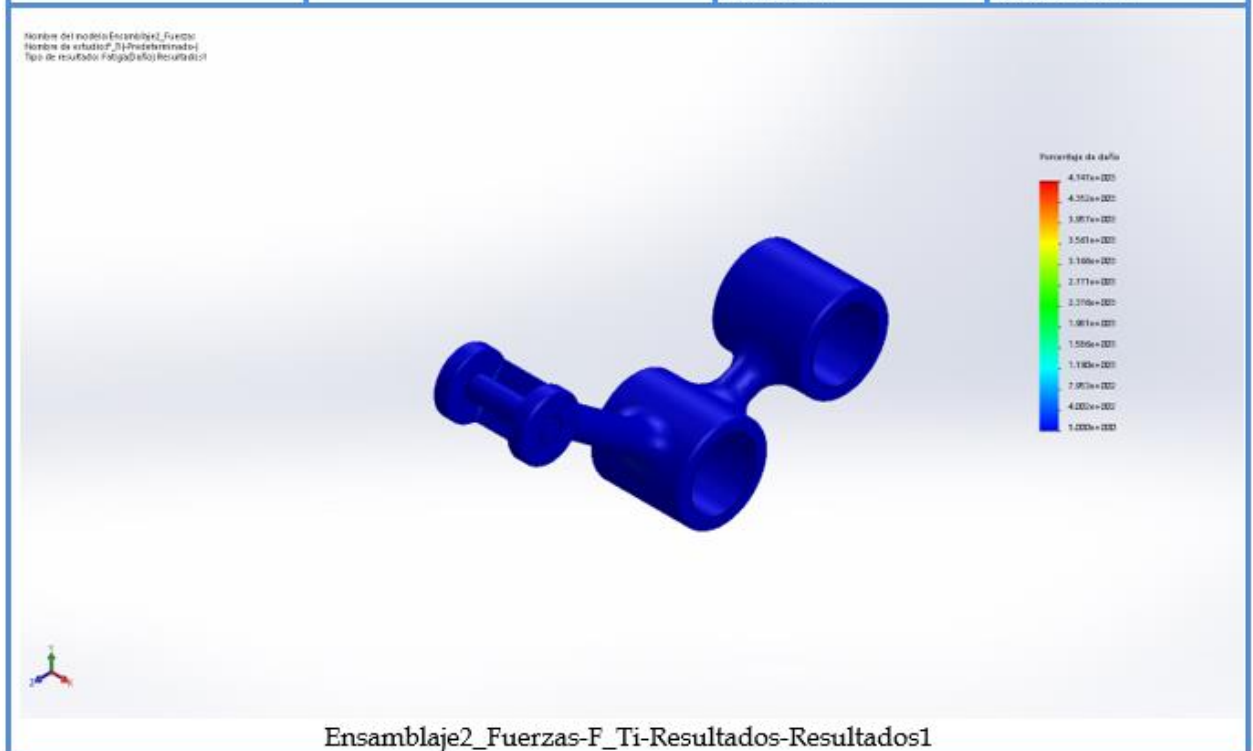
Apéndices

Opciones de carga

Nombre del evento	N.º de ciclos	Tipo de carga	Asociación de estudios		
			Nombre de estudio	Factor de escala	Incremento
Suceso-1	50000	Completamente invertida (LR=-1)	A_E_Ti	1	0

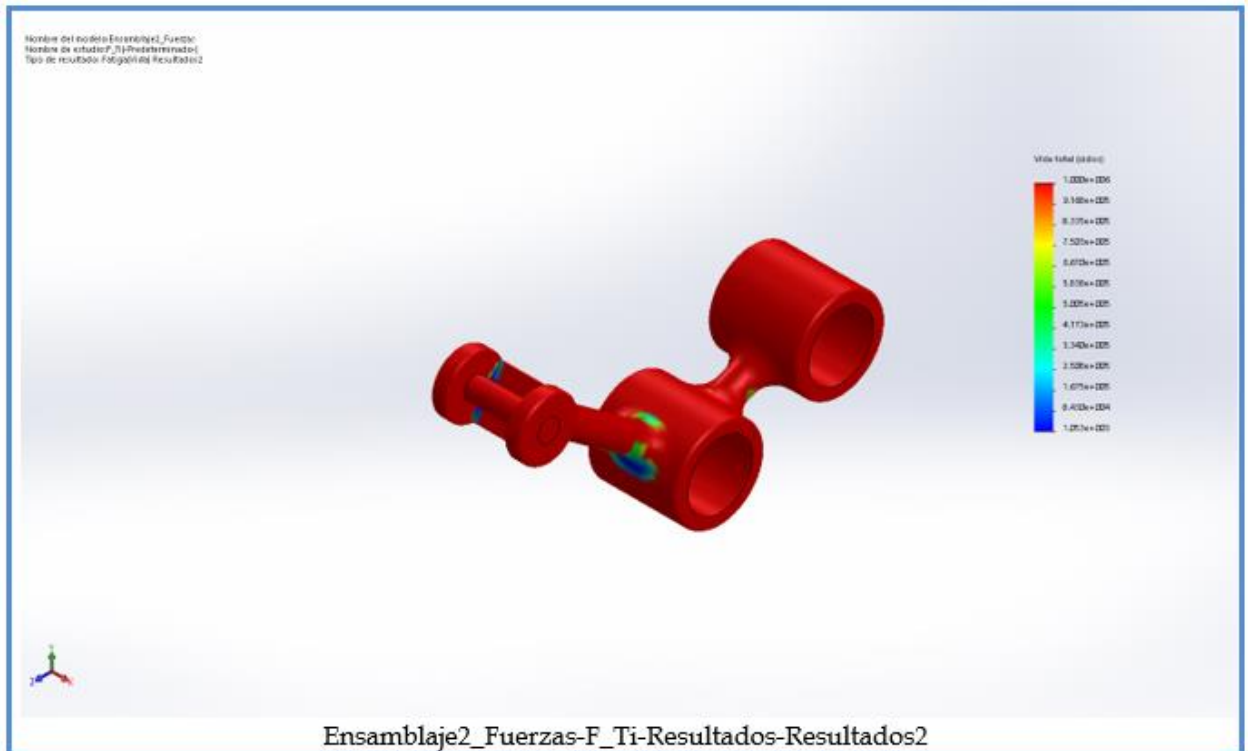
Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Resultados1	Daño acumulado	5.000e+000 Nodo: 1	4.747e+003 Nodo: 5687



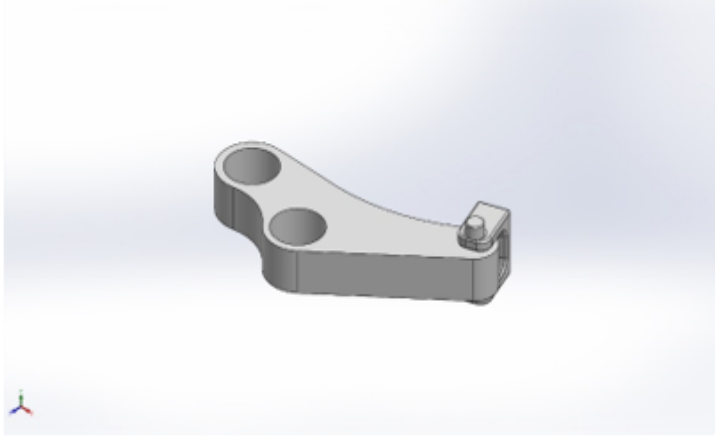
Apéndices

Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Resultados2	Vida total	1.053e+003ciclos Nodo: 5687	1.000e+006ciclos Nodo: 1



Apéndices

→ Anexo 13:



Simulacion analisis estatica; Pieza CF; Fibra de carbono

Diseñador: Luis Eduardo Jimenez Montes

Nombre de estudio: Análisis estático

Tipo de análisis: Análisis estático

Descripción

Este modelo es el modelo simplificado para poder hacer un estudio de una pieza conformada de una fibra de carbon, la pieza ira anclada al amortiguador por el exterior en ver de interiormente como es el caso de las demas piezas.

Apéndices

Propiedades de estudio


Nombre de estudio	Análisis estático 1
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Luis Jimenez\Desktop)

Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

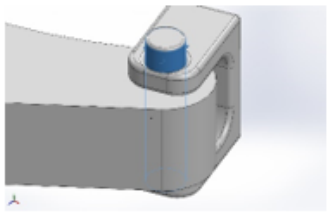
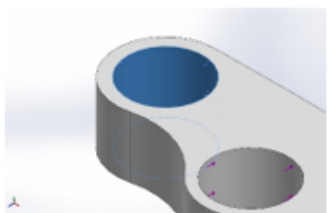
Apéndices

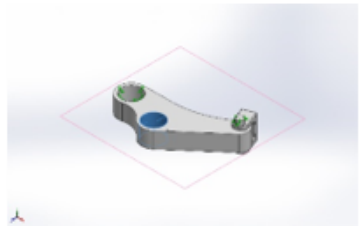
Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: Fibra buenisima</p> <p>Tipo de modelo: Ortotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 1.575e+009 N/m²</p> <p>Límite de tracción en x: 3e+007 N/m²</p> <p>Módulo de elasticidad en x: 1.13131e+011 N/m²</p> <p>Módulo de elasticidad en y: 9.7879e+010 N/m²</p> <p>Módulo de elasticidad en z: 1.1313e+011 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson en xy: 0.266</p> <p>Coefficiente de Poisson en yz: 0.23</p> <p>Coefficiente de Poisson en xz: 0.266</p> <p>Densidad: 1020 kg/m³</p> <p>Módulo cortante en xy: 3.189e+008 N/m²</p>	<p>Sólido 1(Cortar-Extruir-Lámina1)(Bieletaa_CF-1), Sólido</p> <p>1(Redondeo1)(cilindro-1), Sólido</p> <p>1(Redondeo9)(encaje_Amortiguador-1)</p>
<p>Datos de curva:N/A</p>		

Apéndices

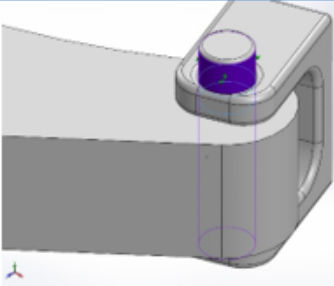
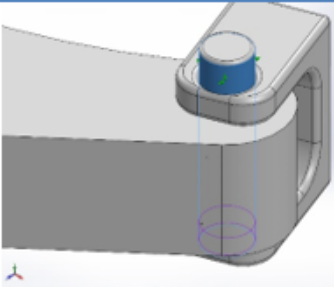
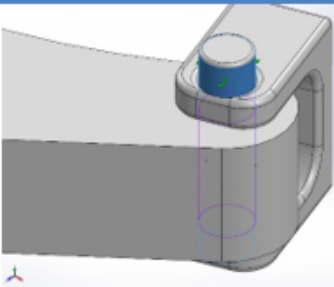
Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Bisagra fija-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Bisagra fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-4250.14	1.6043	4106.13	5909.65
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0
Bisagra fija-2		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Bisagra fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	4236.78	1.24093	2861.52	5112.59
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s), 1 plano(s) Referencia: Planta Tipo: Aplicar fuerza Valores: --, 6976.74, -- N

Apéndices

Información de contacto

Contacto	Imagen del contacto	Propiedades del contacto			
Contacto-1		<p>Tipo: Sin par de contacto de penetración</p> <p>Entidades: 2 cara(s)</p> <p>Avanzado: Nodo a superficie</p>			
Fuerza de contacto/rozamiento					
Componentes		X	Y	Z	Resultante
Fuerza de contacto(N)		4250.4	1.3597	-4106.9	5910.4
Contacto-2		<p>Tipo: Sin par de contacto de penetración</p> <p>Entidades: 2 cara(s)</p> <p>Avanzado: Nodo a superficie</p>			
Fuerza de contacto/rozamiento					
Componentes		X	Y	Z	Resultante
Fuerza de contacto(N)		4250.7	1.3615	-4105.6	5909.7
Contacto-3		<p>Tipo: Sin par de contacto de penetración</p> <p>Entidades: 2 cara(s)</p> <p>Avanzado: Nodo a superficie</p>			
Fuerza de contacto/rozamiento					
Componentes		X	Y	Z	Resultante
Fuerza de contacto(N)		-0.46373	-0.0018884	-0.11718	0.47831

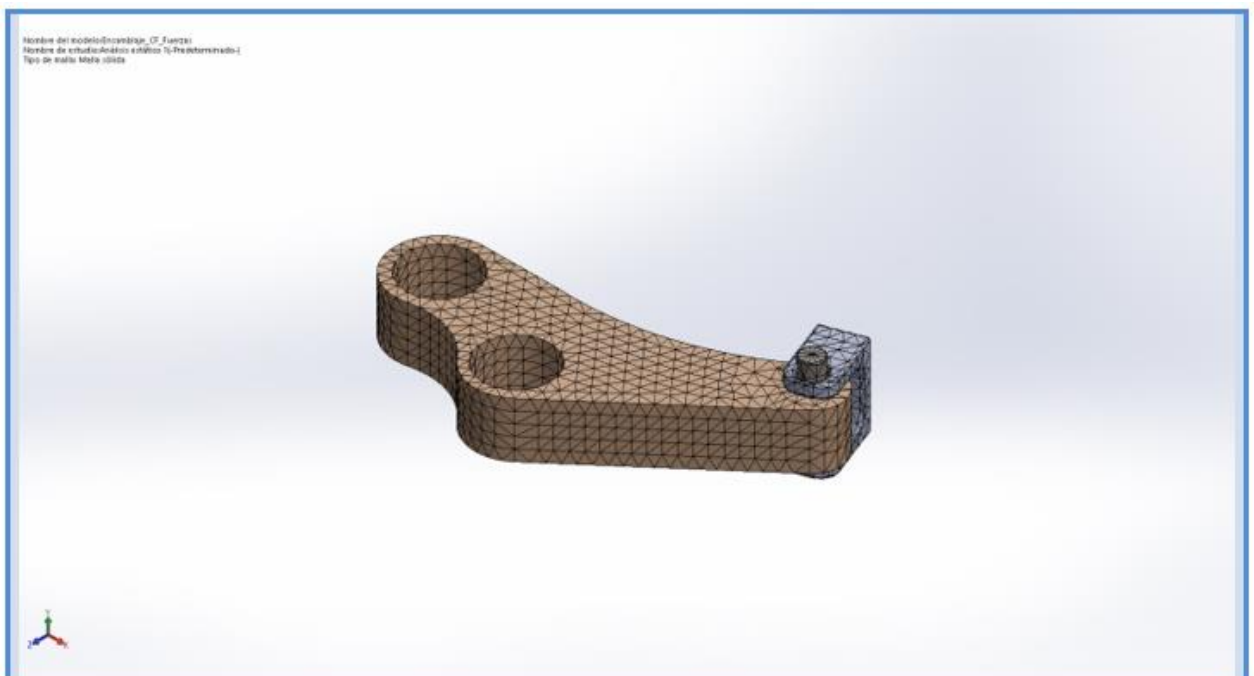
Apéndices

Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	4.08176 mm
Tolerancia	0.204088 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	14168
Número total de elementos	8282
Cociente máximo de aspecto	11.75
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	94.8
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0.0121
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:02
Nombre de computadora:	



Apéndices

Fuerzas resultantes

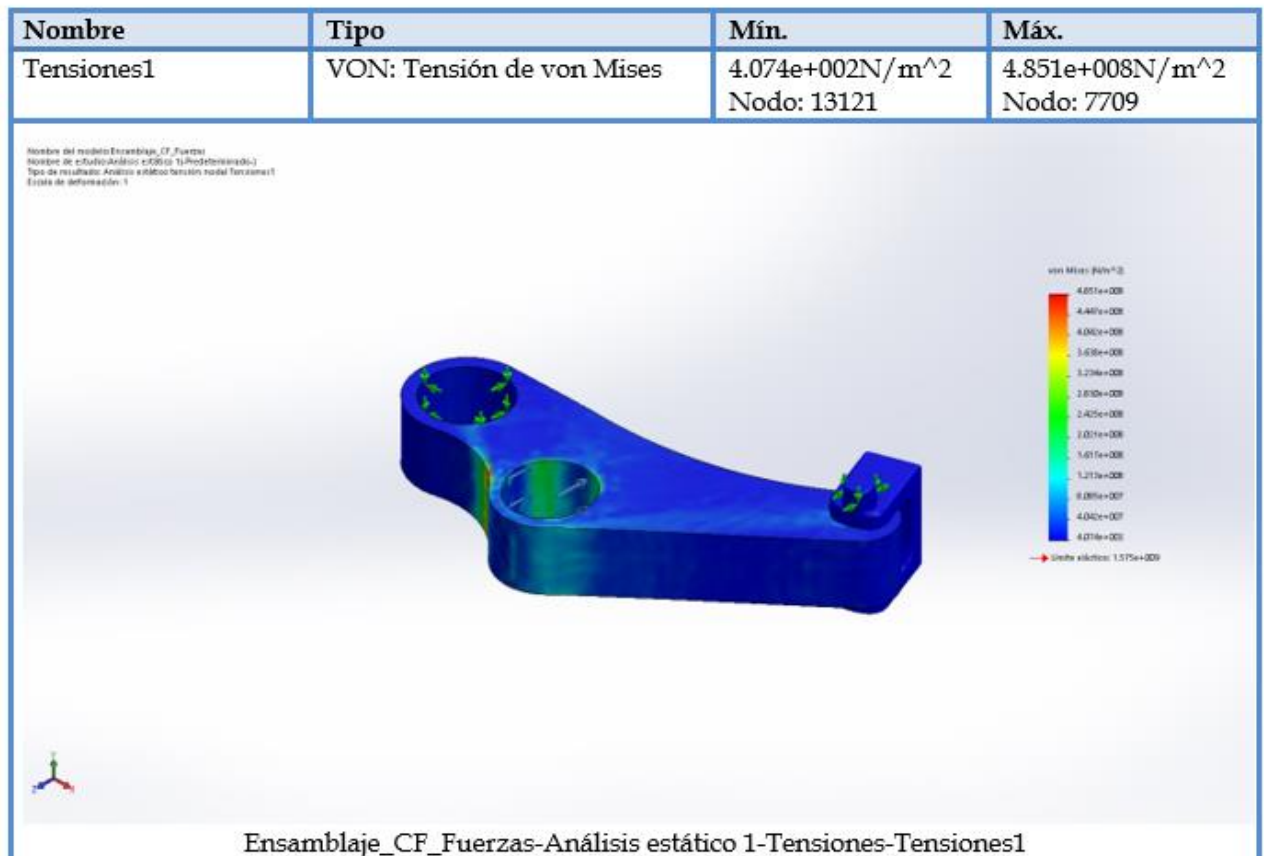
Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-13.3571	2.84524	6967.65	6967.67

Momentos de reacción

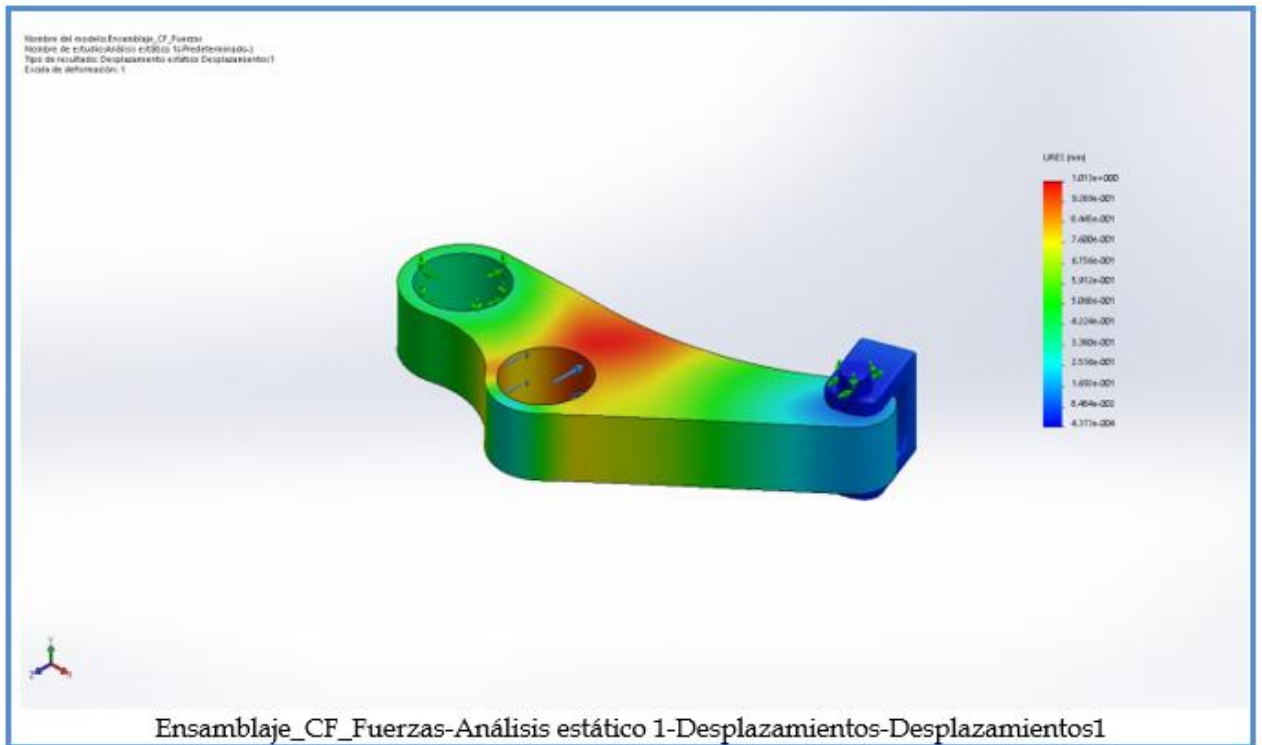
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

Resultados del estudio



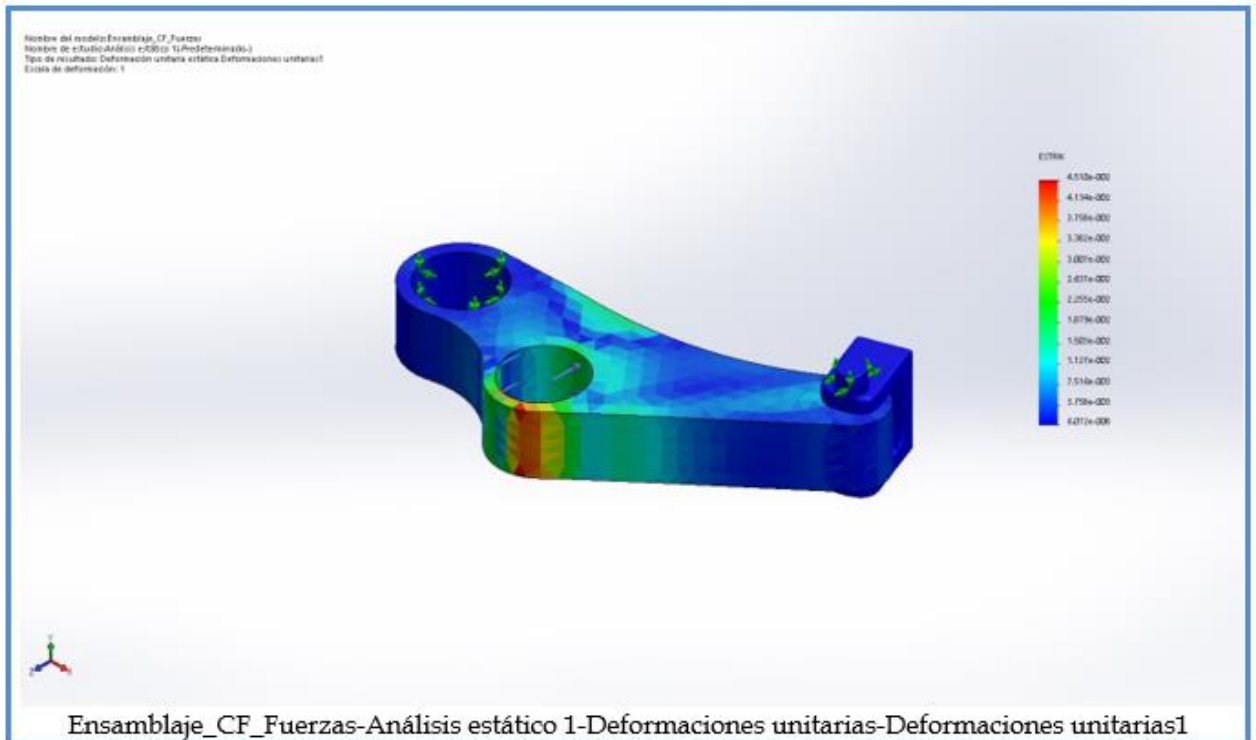
Apéndices

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	4.373e-004mm Nodo: 11209	1.013e+000mm Nodo: 2903



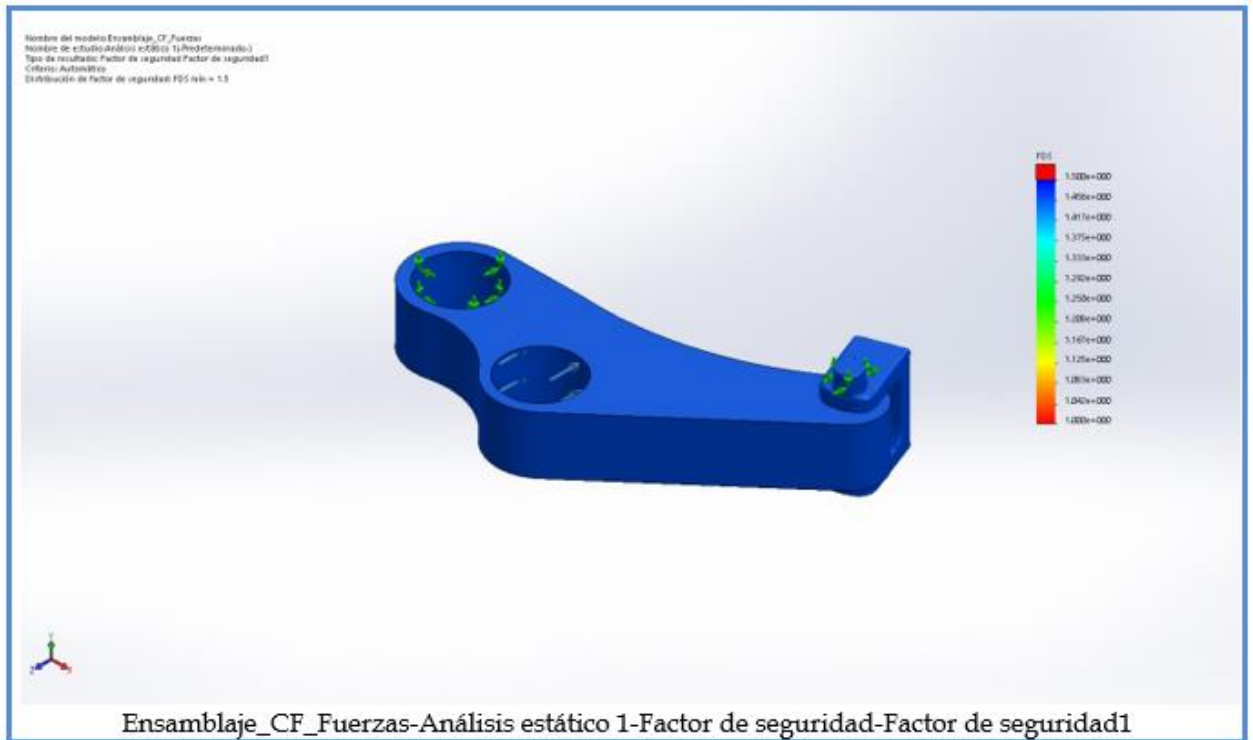
Apéndices

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	6.072e-008 Elemento: 7173	4.510e-002 Elemento: 3454



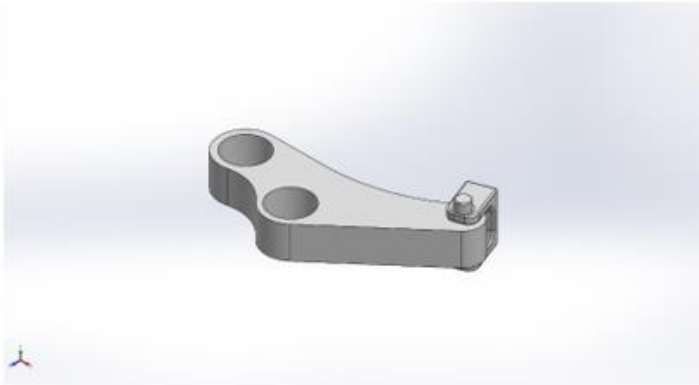
Apéndices

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Automático	1.500e+000 Nodo: 1	1.500e+000 Nodo: 1



Apéndices

→ Anexo 14:



Analisis de fatiga; Pieza de CF; Fibre de carbono

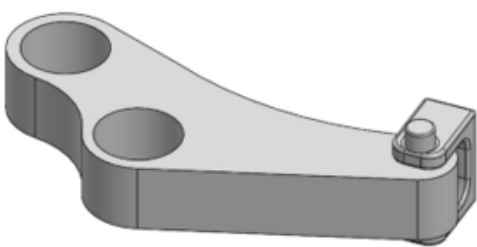



Diseñador: Luis Eduardo Jimenez Montes

Nombre de estudio: Fatiga 1

Tipo de análisis: Fatiga (Amplitud constante)

Apéndices

Información del modelo

			
<p>Nombre del modelo: Ensamblaje_CF_Fuerzas Configuración actual: Predeterminado</p>			
Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
 Cortar-Extruir-Lámina1	Sólido	Masa:0.0627655 kg Volumen:6.15348e-005 m ³ Densidad:1020 kg/m ³ Peso:0.615101 N	C:\Users\Luis Jimenez\Desktop\Escritorio\Propuestas de diseño\Basura\solid siko\Bieletaa_CF.SLDPRT Dec 20 12:34:22 2017
 Redondeo1	Sólido	Masa:0.0017713 kg Volumen:1.73656e-006 m ³ Densidad:1020 kg/m ³ Peso:0.0173587 N	C:\Users\Luis Jimenez\Desktop\Escritorio\cilindro.SLDPRT Nov 28 15:08:41 2017
 Redondeo9	Sólido	Masa:0.00476209 kg Volumen:4.66872e-006 m ³ Densidad:1020 kg/m ³ Peso:0.0466685 N	C:\Users\Luis Jimenez\Desktop\Escritorio\Propuestas de diseño\Basura\solid siko\encaje_Amortiguador.SLDPRT Dec 20 12:44:20 2017

Apéndices


Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Fatiga 1
Tipo de análisis	Fatiga(Amplitud constante)
Interacción entre sucesos	Aleatoria
Calcular tensiones alternas usando	Intensidad de tensión (P1-P3)
Cara de elemento SHELL	Cara superior
Corrección de la tensión media	Ninguno
Factor de reducción de resistencia a la fatiga	1
Vida infinita	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Luis Jimenez\Desktop)

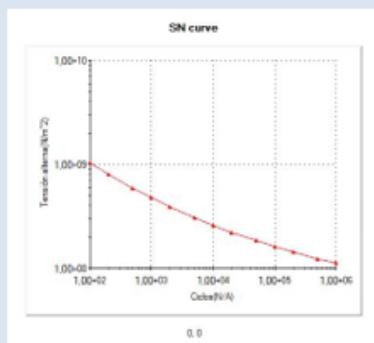
Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: Fibra buenisima</p> <p>Tipo de modelo: Ortotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p>	<p>Sólido 1(Cortar-Extruir-Lámina1)(Bieletaa_CF-1), Sólido 1(Redondeo1)(cilindro-1), Sólido 1(Redondeo9)(encaje_Amortiguador-1)</p>

Datos de curva:



SN curve

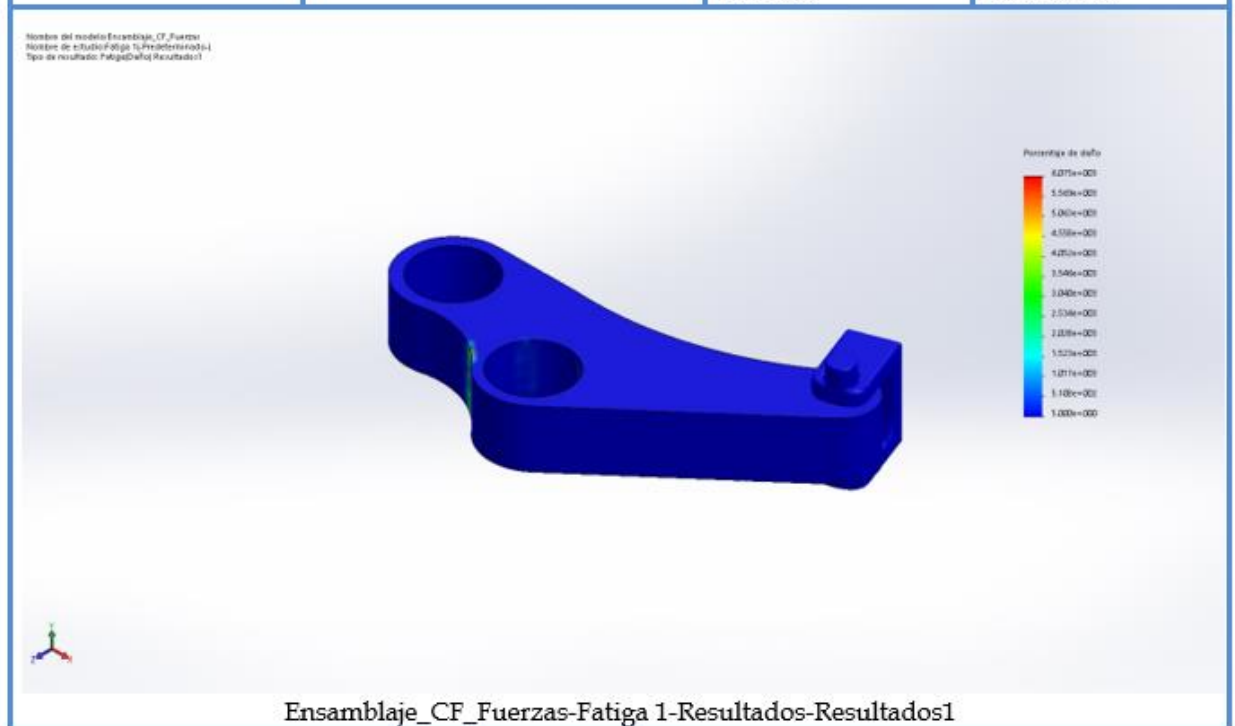
Apéndices

Opciones de carga

Nombre del evento	N.º de ciclos	Tipo de carga	Asociación de estudios		
			Nombre de estudio	Factor de escala	Incremento
Suceso-1	50000	Completamente invertida (LR=-1)	Análisis estático 1	1	0

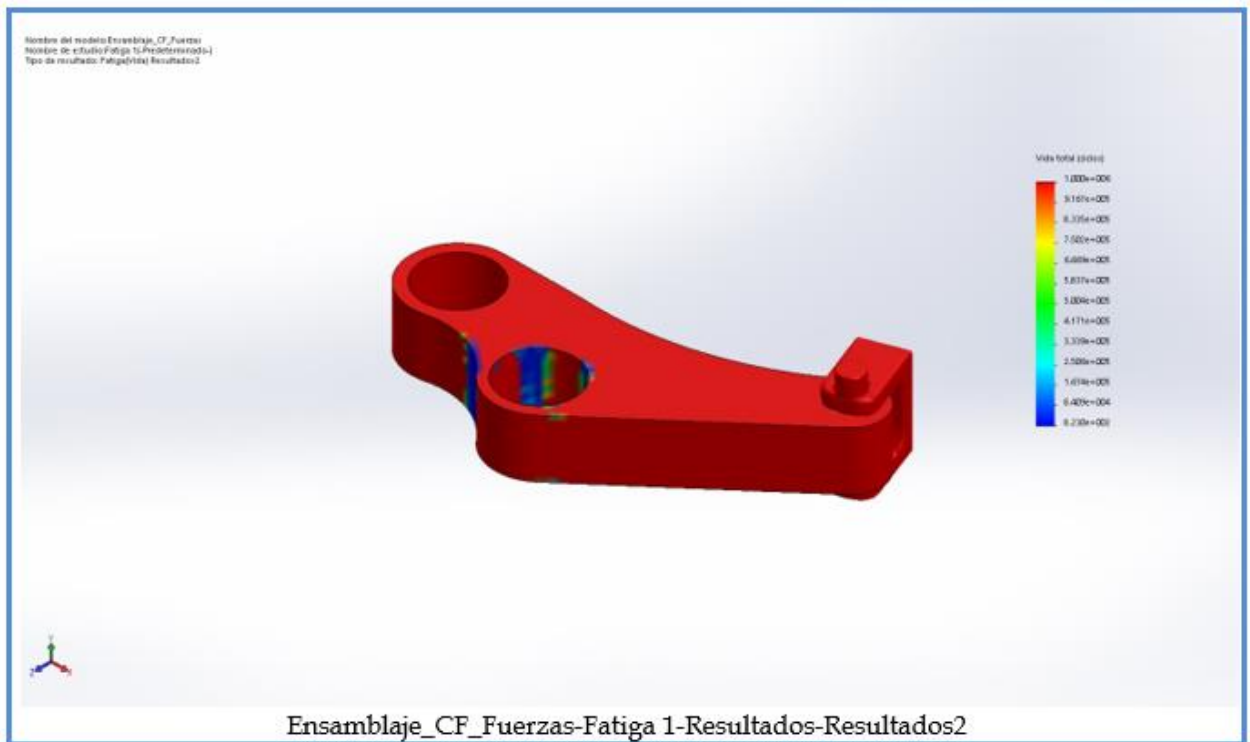
Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Resultados1	Daño acumulado	5.000e+000 Nodo: 1	6.075e+003 Nodo: 7709



Apéndices

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Resultados2	Vida total	8.230e+004ciclos Nodo: 7709	1.000e+006ciclos Nodo: 1



Apéndices

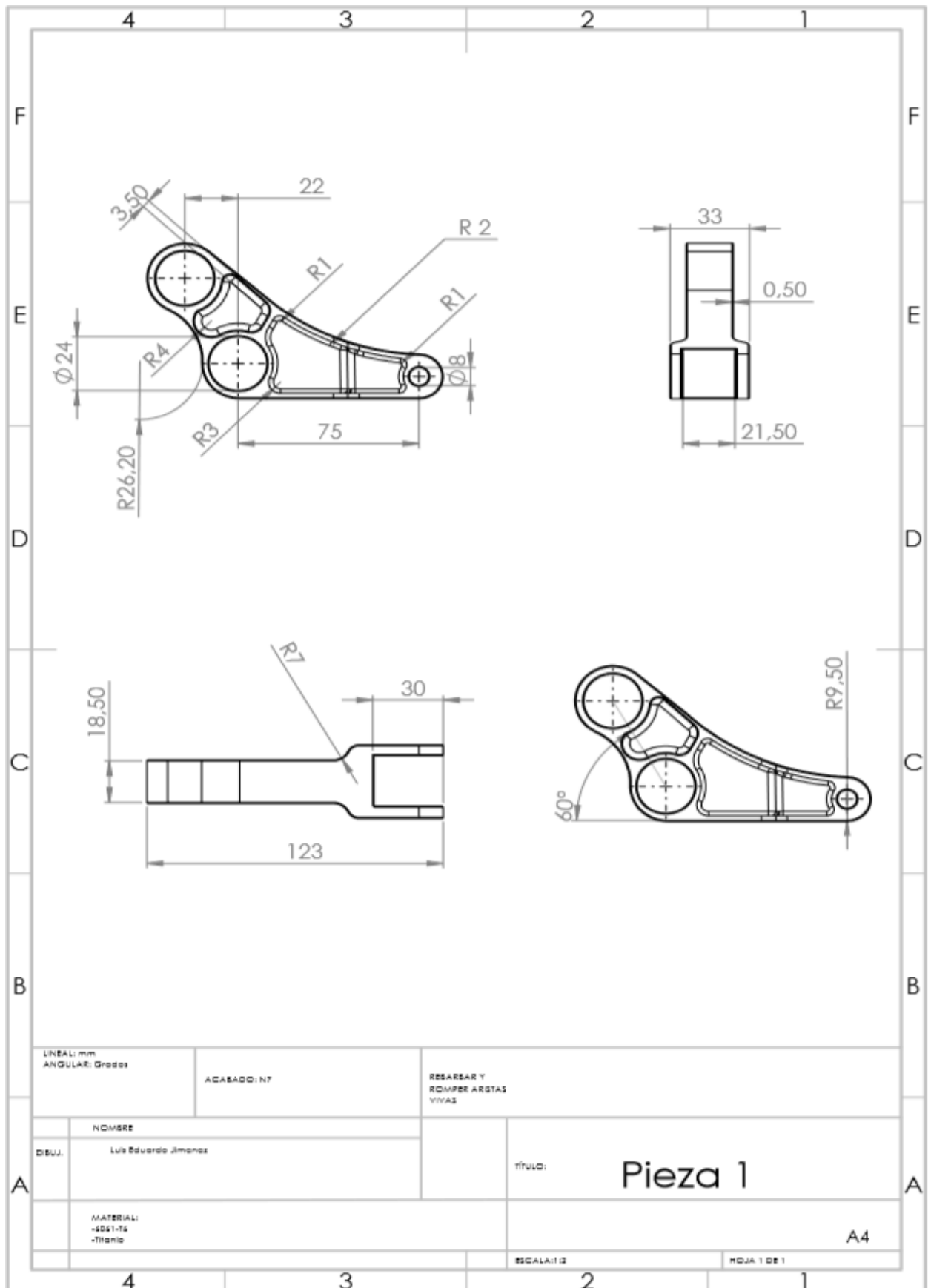
IV.2. REFERENCIAS.

- [1] Catálogo de rodamientos SKF
- [2] Manual de usuario de la suspensión trasera (Rock Shox)
- [3] <https://www.sram.com/rockshox/products/vivid-r2c#tech>
- [4] Bibliografía aportada en la asignatura de Ingeniería de materiales poliméricos
- [5] Bibliografía aportada en la asignatura de ingeniería de materiales compuestos de matriz polimérica
- [6] <https://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Portada>
- [7] <https://www.commencal-store.com>
- [8] La bicicleta, Meléndez -marzo 2013-
- [9] Tesis; DISEÑO DE UNA BICICLETA DE MONTAÑA, UNIVERSIDAD EAFIT ESCUELA DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE DISEÑO DE PRODUCTO MEDELLÍN 2009
- [10] <http://www.terra.org/categorias/articulos/ergonomia-en-la-bicicleta-la-importancia-de-los-componentes>
- [11] [http://www.alacermas.com/img/galeria/files/aluminio/chapa_6061_aluminio\(1\).pdf](http://www.alacermas.com/img/galeria/files/aluminio/chapa_6061_aluminio(1).pdf)

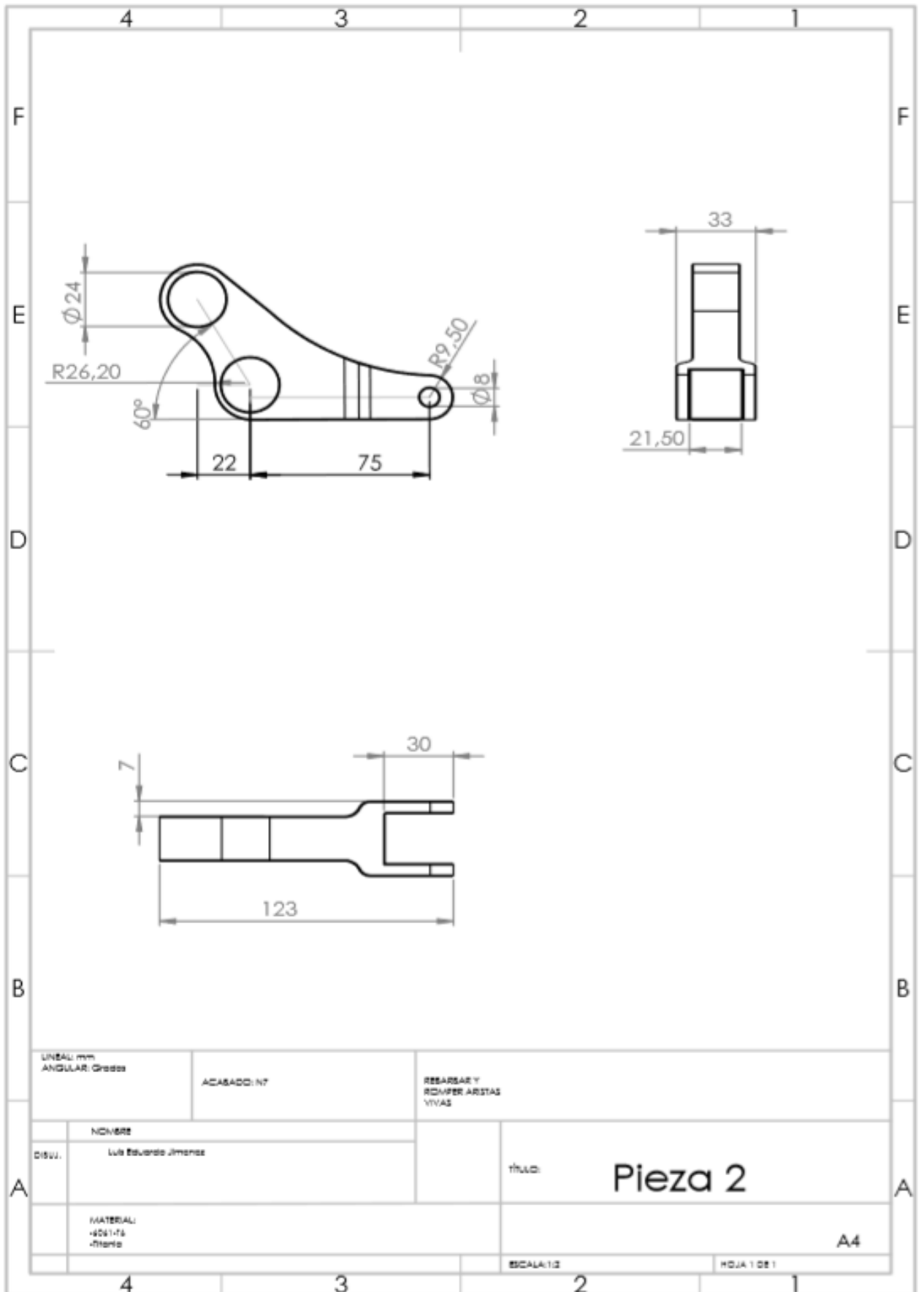
Apéndices

IV.3. PLANOS ACOTADOS

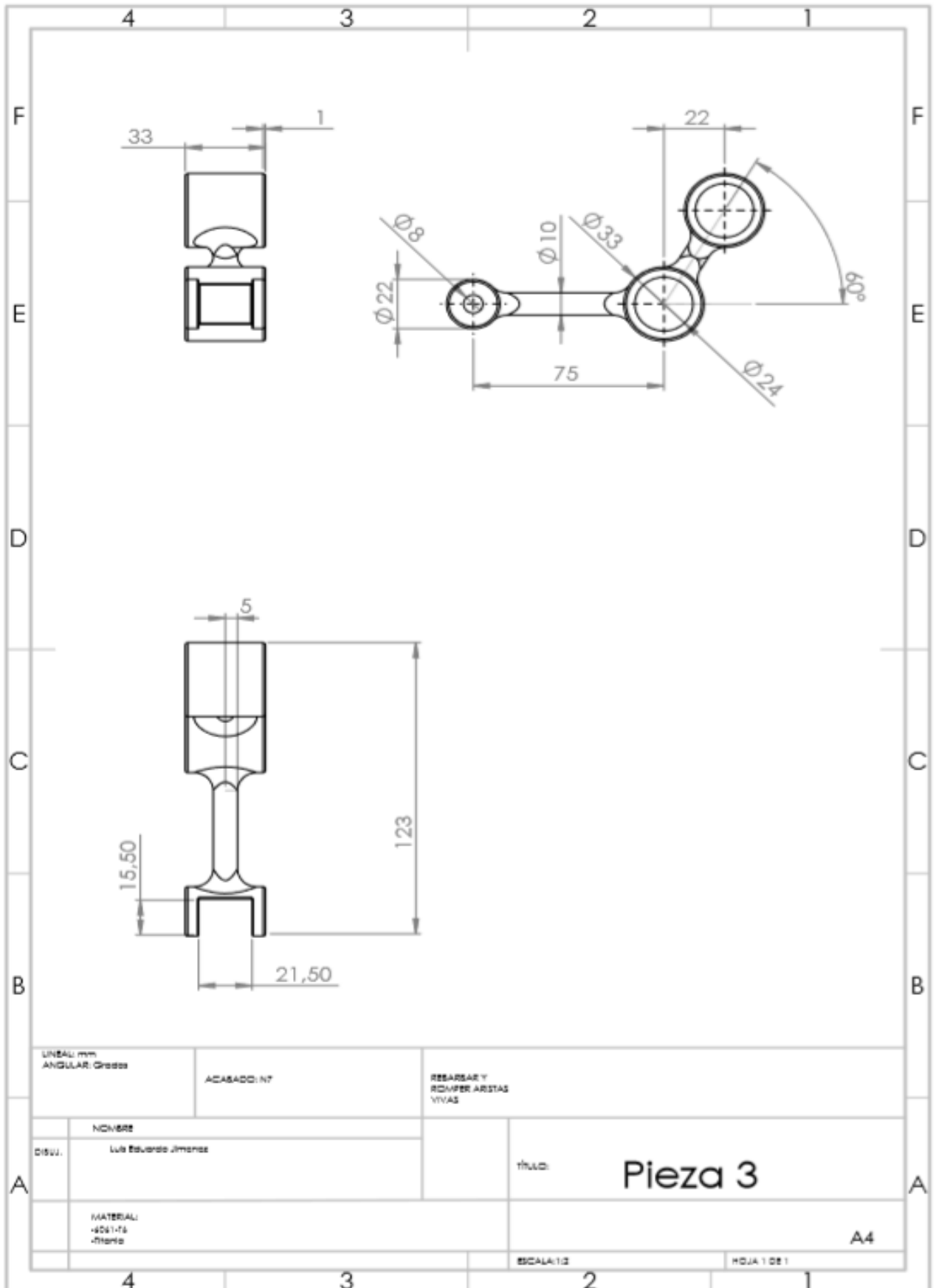
Apéndices



Apéndices



Apéndices



Apéndices

