

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**  
**ESCUELA POLITÈCNICA SUPERIOR DE ALCOY**



**UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA**

**CAMPUS D'ALCOI**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA**

**“Rediseño, desarrollo técnico y optimización de una bieleta  
selectora de caja de cambios manual”**

**Autor:**

D. David Semper Fernández

**Dirigido por:**

Dra. Lourdes Sánchez Nácher

Dr. Néstor Montañés Muñoz

**Julio 2018**



# **RESUMEN**

**“Rediseño, desarrollo técnico y optimización de una bieleta selectora de caja de cambios manual”**

En este proyecto, se hará una pequeña introducción de la historia de las cajas de cambios, seguidamente centraremos nuestro proyecto en las bieletas selectoras de las cajas de cambios, donde rediseñaremos la pieza, y realizaremos cambios de materiales para hacer una comparativa de estos con la original. El material de la pieza original es fundición gris y los materiales propuestos para realizar el cambio son termoplásticos, en concreto, el ABS y PA66+GF30%.

Este proyecto se realizará apoyándose en diferentes programas utilizados en la ingeniería. Se tratan del programa de diseño Solid Works (SW) y el programa de materiales CES edupack.

Para el rediseño de la pieza real, realizaremos las simulaciones con el material original, es decir, fundición gris. Seguidamente a la misma pieza le aplicaremos dos cambios de materiales, utilizando el ABS como un cambio y el PA66+GF30% como otro. Una vez obtenidos los resultados de esta pieza con los materiales citados, procederemos a realizar tres rediseños diferentes y simularemos cada uno de estos rediseños con ABS y con PA66+GF30%.

Finalmente se hará un estudio para valorar cual es el diseño más recomendable y óptimo.



# **SUMMARY**

**“Redesign, technical development and optimization of a manual gearbox selector link”**

This project will be a brief introduction of the history of gear boxes, then we will focus our project on the selector link rods of gearboxes, where we will redesign the part, and we will change the materials to make a comparison with the original one. The material of the original piece is cast iron, and the materials proposed to change are thermoplastic, specifically ABS and PA66+GF30%.

This project will take place from different programs that use engineering, they are design programs Solid Works (SW) and material program CES edupack.

For the redesign of the actual piece, we will carry out the simulations with the original material, that means, grey cast iron, then to the same piece we will implement two changes of materials. Using the ABS as a change and PA66 + GF30%. Once the results of this piece with the cited materials, is that we will proceed to perform three different redesigns and each of these redesigns with ABS and PA66 + GF30%.

Finally a study will be to assess which is the most recommended and optimal design.



# RESUM

## **“Redisseny, desenvolupament tècnic i optimització d'una bieleta selectora de caixa de canvi”**

En aquest projecte, es farà una introducció breu de la història de la caixa del canvi, seguidament, centrarem el nostre projecte en les bieles selectores de les caixes del canvi, on redissenyarem la peça, i realitzarem un canvi de materials per a veure una comparativa amb l'original. El material de la peça original és fosa grisa, i els materials proposats per a realitzar el canvi són termoplàstics, en concret, l'ABS i PA66+GF30%.

Aquest projecte es realitzarà apollant-se des de diferents programes utilitzats en l'enginyeria, com el programa de disseny Solid Works (SW) i el programa de materials CES edupack.

Per al redisseny de la peça real, realitzarem les simulacions amb el material original, és a dir, amb la fosa grisa. Seguidament, a la mateixa peça, hi aplicarem dos canvis de materials, i utilitzarem l'ABS, com un canvi, i el PA66+GF30%, com l'altre. Una vegada obtinguts els resultats d'aquesta peça amb els materials citats, procedirem a realitzar tres redissenys diferents i en simularem cada un amb ABS i amb PA66+GF30%.

Finalment, es farà un estudi per a valorar quin és el disseny més recomanable i òptim.



# Tabla de Contenidos

RESUMEN .....	3
SUMMARY .....	5
RESUM.....	7
ABREVIATURAS.....	11
LISTADO DE FIGURAS .....	13
LISTADO DE TABLAS.....	17
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>20</b>
I.1. ANTECEDENTES.....	21
I.1.1. Evolución de las cajas de cambio .....	21
<b>II. OBJETIVOS.....</b>	<b>35</b>
II.1. OBJETIVO GENERAL.....	36
II.2. OBJETIVOS PARTICULARES. ....	37
<b>III. DESARROLLO PROYECTO .....</b>	<b>40</b>
III.1. DISEÑO INICIAL PROTOTIPOS.....	41
III.1.1 Pieza original.....	41
III.1.2 Pieza 1 .....	49
III.1.3 Pieza 2 .....	51
III.1.4 Pieza 3 .....	53
III.2. NORMATIVA APLICABLE.....	56
III.3. SELECCIÓN DE MATERIALES. ....	57

III.4. DEFINICIÓN DE CONDICIONES DE CONTORNO. ....	68
III.5. SIMULACIÓN MEDIANTE FEM.....	69
III.5.1. Estudios estáticos.....	69
III.5.2. Estudios de fatiga .....	85
III.6. DISEÑO FINAL.....	96
III.7. FABRICACIÓN Y ESTUDIO ECONÓMICO.....	99
<b>IV. APÉNDICES .....</b>	<b>110</b>
IV.1. ANEXOS.....	111
IV.2. REFERENCIAS .....	208
IV.3. PLANOS ACOTADOS.....	209

# **ABREVIATURAS**

E	Módulo elástico
FEA	Método de los elementos finitos
SW	Solid Works
CES	CES edupack
PA66	Poliamida 66
GF30%	Fibra de vidrio al 30 %
ABS	Plástico ABS
F. Gris	Fundición gris



# LISTADO DE FIGURAS

Ilustración 1. Primera caja de cambios diseñada por Leonardo Da Vinci.....	21
Ilustración 2. Caja manual de 3 velocidades.....	22
Ilustración 3. Sistema de cambio de dos ejes.....	23
Ilustración 4. Caja de cambios con palanca incorporada.....	24
Ilustración 5. Palanca de cambios Renault.....	25
Ilustración 6. Mecanismo de palanca de cambios.....	26
Ilustración 7. Mecanismo de palanca de cambios actual.....	26
Ilustración 8. Palanca de cambio de bicicleta.....	27
Ilustración 9. Cambio de bicicleta en el manguito.....	28
Ilustración 10. Cambio de marchas de una motocicleta.....	28
Ilustración 11. Bieleta simple.....	29
Ilustración 12. Grapa de plástico interior.....	29
Ilustración 13. Bieleta regulable.....	30
Ilustración 14. Bieleta plástico.....	31
Ilustración 15. Bieleta plástico PSA.....	31
Ilustración 16. Bieleta giro 90°.....	32
Ilustración 17. Bieleta actual PSA.....	32
Ilustración 18. Diagrama de flujo del proyecto.....	38
Ilustración 19. Croquis pieza real.....	41
Ilustración 20. Parte inferior pieza real.....	42
Ilustración 21. Extrusión pieza real.....	42
Ilustración 22. Nuevo croquis sobre cara.....	43

Ilustración 23. Vista pieza. ....	44
Ilustración 24. Vista isométrica.....	44
Ilustración 25. Croquis sobre cara alzado. ....	45
Ilustración 26. Extrusión de los agujeros para grapas.....	45
Ilustración 27. Vista isométrica operación. ....	46
Ilustración 28. Vista plano.....	46
Ilustración 29. Plano medio de la pieza.....	47
Ilustración 30. Extrusión operación plano medio. ....	47
Ilustración 31. Vista de perfil.....	48
Ilustración 32. Vista desde debajo de la pieza.....	48
Ilustración 33. Vista alzado. ....	49
Ilustración 34. Croquis pieza 1. ....	49
Ilustración 35. Vista pieza 1 después de extrusión.....	50
Ilustración 36. Vista isométrica.....	50
Ilustración 37. Vista pieza 1. ....	51
Ilustración 38. Croquis pieza 2. ....	51
Ilustración 39. Vista isométrica.....	52
Ilustración 40. Vista alzado. ....	52
Ilustración 41. Vista croquis pieza 3. ....	53
Ilustración 42. Vista alzado. ....	53
Ilustración 43. Vista isométrica pieza 3. ....	54
Ilustración 44. Pieza real.....	55
Ilustración 45. Pieza 1. ....	55
Ilustración 46. Pieza 2. ....	55

Ilustración 47. Pieza 3. ....	55
Ilustración 48. CES edupack. ....	61
Ilustración 49. Selección de material.....	62
Ilustración 50. Propiedades Fundición gris en CES edupack. ....	63
Ilustración 51. Propiedades Fundición gris en SW.....	64
Ilustración 52. Propiedades PA66+GF30%. ....	65
Ilustración 53. Propiedades ABS. ....	66
Ilustración 54. Sujeción fija y dirección fuerza. ....	69
Ilustración 55. Pieza óptima final.....	98
Ilustración 56. Programa CES edupack.....	99
Ilustración 57. Ventana de material. ....	100
Ilustración 58. Ventana de sintetizar. ....	100
Ilustración 59. Ventana de propiedades de coste.....	101
Ilustración 60. Resultado propiedades Polymer extrusion con 1.000.000 de piezas.....	103
Ilustración 61. 10.000.000 Piezas con Polymer extrusión.....	104
Ilustración 62. 1.000.000 Piezas con Injection blow molding. ....	105
Ilustración 63. 10.000.000 Piezas con Injection blow molding. ....	107



# **LISTADO DE TABLAS**

Tabla III.1. Propiedades del ABS.

Tabla III.2. Tabla comparativa de las propiedades para diferentes materiales.

Tabla III.3. Tabla comparativa de las propiedades del estudio estático.

Tabla III.4. Tabla comparativa de los resultados obtenidos después del estudio de fatiga.

Tabla III.5. Resumen de las características más importantes de la pieza real.

Tabla III.6. Resumen de las características más importantes de la pieza 1.

Tabla III.7. Resumen de las características más importantes de la pieza 2.

Tabla III.8. Resumen de las características más importantes de la pieza 3.



# **I. INTRODUCCIÓN**

## **INTRODUCCIÓN**

# I. INTRODUCCIÓN

En este proyecto se estudiarán las propiedades mecánicas de una pieza que se encarga de engranar y desengranar diferentes marchas del cambio manual de un vehículo. La pieza en concreto se denomina 'bioleta selectora de caja de cambios manual'. Dicha pieza no es que esté sometida a mucha fuerza ya que la fuerza que recibe es la que proporciona el usuario a la hora de realizar un cambio de marchas mientras se está conduciendo.

Para realizar este proyecto se utilizará el programa SolidWorks (SW), ya que permite realizar simulaciones y facilita información muy precisa para el proyecto. También se empleará el programa CES Edupack para ver las propiedades de los materiales y hacer el estudio económico correspondiente a la pieza.

Lo que voy a realizar es, en primer lugar, antes de proceder a rediseñar la pieza original, simular mediante SW la pieza con su material original (Fundición gris) y así obtendremos los resultados originales de la pieza. Estos nos servirán para compararlos una vez le apliquemos un cambio de material.

Después realizaremos un rediseño de la pieza con el propósito de adaptarla para que una vez aplicado el material en ésta, no esté sobredimensionada, pero cumpla con las características necesarias. Para ello, en el rediseño le aplicaré diferentes materiales, los cuales creo convenientes para la utilidad de esta pieza, y finalmente realizaré una tabla comparativa completa para que me ayude a elegir el diseño más óptimo y conveniente.

# I.1. ANTECEDENTES.

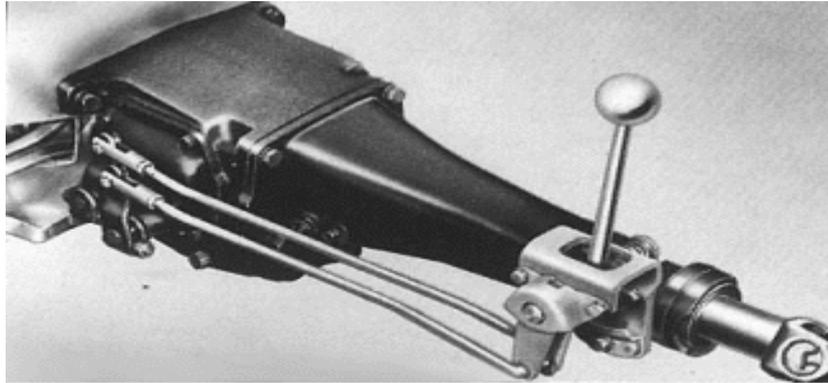
## I.1.1. Evolución de las cajas de cambio

En una época en que los vehículos estaban aún a siglos de ser inventados, Leonardo Da Vinci diseñó un sistema que sería el precursor de la caja de cambios que actualmente usamos. Estaba compuesto por una pieza cilíndrica y otra cónica con una serie de engranajes que convertían el mecanismo en un cambio de velocidades.



*Ilustración 1. Primera caja de cambios diseñada por Leonardo Da Vinci.*

En la actualidad existen muchas formas diferentes de selectores, pero vamos a ir mostrando desde los primeros que existieron hasta los más actuales. Para ello, vamos a apoyarnos y a familiarizarnos con los diferentes elementos que componen una caja de cambios manual.



Caja manual de 3 velocidades instalada a partir de fines del modelo 1955

Ilustración 2. Caja manual de 3 velocidades.

En la imagen anterior podemos observar uno de los diseños más usados para el montaje de una palanca de cambio de marchas, la cual accionabas desde dentro del habitáculo. Este sistema de cambio se constituye de un soporte fijo al cuerpo de la caja de cambios para impedir el desplazamiento de éste, ya sea en vibraciones o accionamiento de palanca. Como podemos observar tiene el sistema de varillaje unido directamente de un extremo a la palanca de cambios y del otro extremo al sincronizador del árbol o eje primario. Como está constituido por dos varillas, indica que tiene varias marchas de engrane para que según dirijas la palanca de cambio, esta engrane en su correspondiente marcha.

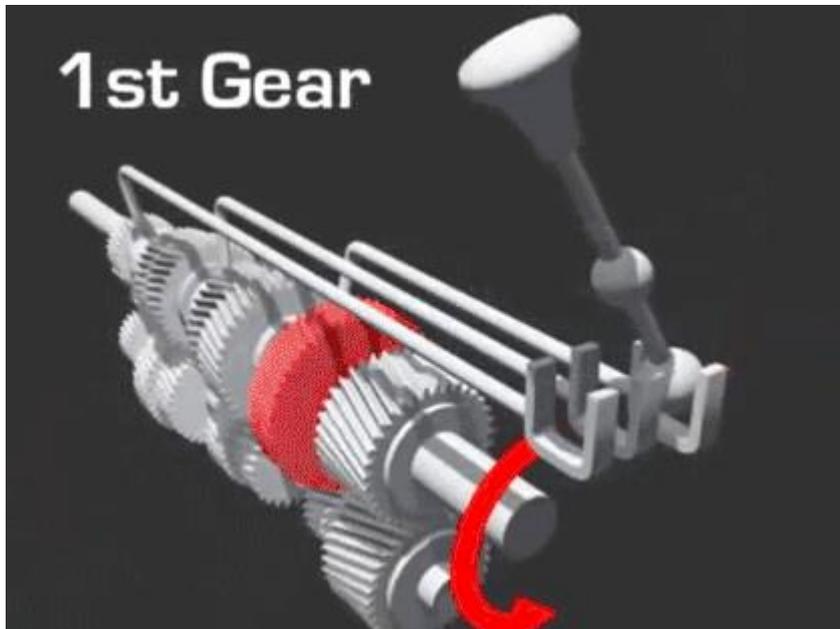
El sistema de cambio de marchas manual ha evolucionado notablemente desde los primeros mecanismos de caja de cambios de marchas manuales sin dispositivos de sincronización hasta las actuales cajas de cambio sincronizadas de dos ejes.

Independientemente de la disposición transversal o longitudinal y delantera o trasera, las actuales cajas de cambios manuales son principalmente de dos tipos:

**- De tres ejes:** un eje primario recibe el par del motor a través del embrague y lo transmite a un eje intermediario. Éste a su vez lo transmite a un eje secundario de salida, coaxial con el eje primario, que acciona el grupo diferencial.

- **De dos ejes:** un eje primario recibe el par del motor y lo transmite de forma directa a uno secundario de salida de par que acciona el grupo diferencial.

En ambos tipos de cajas manuales los piñones utilizados actualmente en los ejes son de dentado helicoidal, el cual presenta la ventaja de que la transmisión de par se realiza a través de dos dientes simultáneamente, en lugar de uno como ocurre con el dentado recto tradicional, siendo además la longitud de engrane y la capacidad de carga mayor. Esta mayor suavidad en la transmisión de esfuerzo entre piñones se traduce en un menor ruido global de la caja de cambios.



*Ilustración 3. Sistema de cambio de dos ejes.*

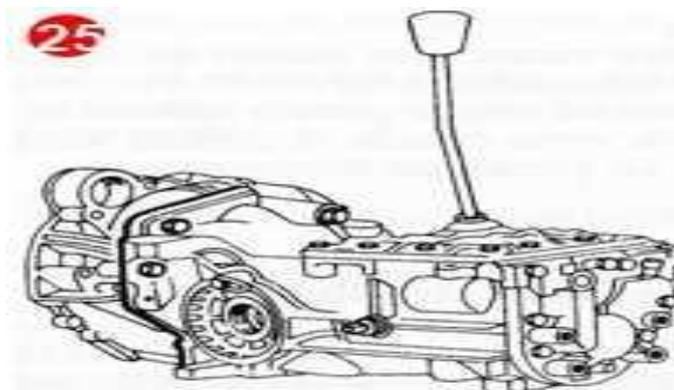
En la imagen anterior podemos observar que se trata de una caja de cambios manual de 2 ejes, es decir, uno es el eje primario que es el encargado de engranar con el secundario con la ayuda del selector de marchas. Y el otro eje es el eje secundario, encargado de transmitir la potencia y velocidad recibida desde el eje primario a las ruedas, claramente mediante otros elementos de transmisión.

En la marcha atrás se pueden utilizar piñones de dentado recto ya que a pesar de soportar peor la carga su utilización es menor y además tienen un coste más reducido.

En la actualidad el engrane de las distintas marchas se realiza mediante dispositivos de sincronización o "sincronizadores" los cuales igualan la velocidad periférica de los ejes con la velocidad interna de los piñones de forma que se consiga un perfecto engrane de la marcha sin ruido y sin peligro de posibles roturas de dentado. Es decir, las ruedas o piñones están permanentemente engranadas entre sí de forma que una gira loca sobre uno de los ejes que es el que tiene que engranar y la otra es solidaria en su movimiento al otro eje. El sincronizador tiene, por tanto, la función de un embrague de fricción progresivo entre el eje y el piñón que gira libremente sobre él. Los sincronizadores suelen ir dispuestos en cualquiera de los ejes de forma que el volumen total ocupado por la caja de cambios sea el más reducido posible. Existen varios tipos de sincronizadores de los cuales destacan: sincronizadores con cono y esfera de sincronización, sincronizadores con cono y cerrojo de sincronismo y sincronizadores con anillo elástico entre otros.

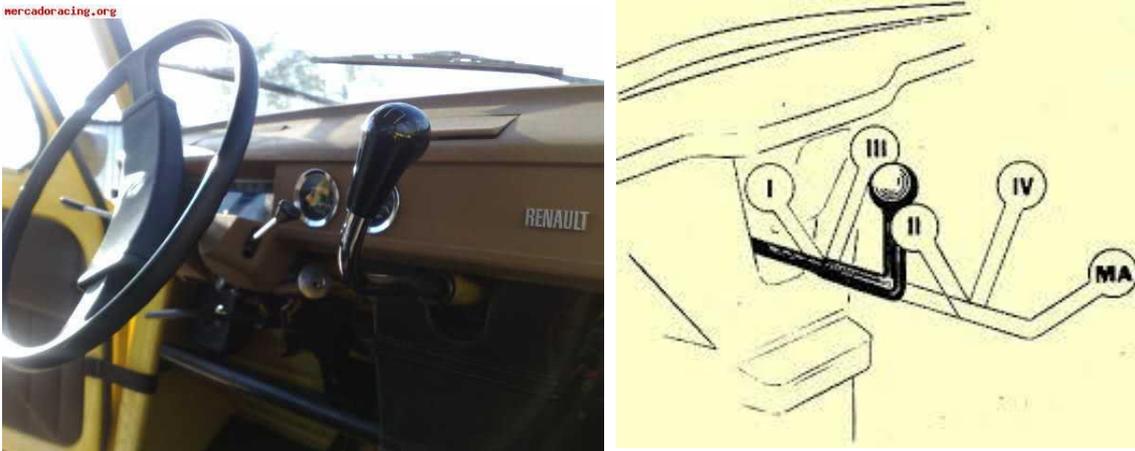
El accionamiento de los sincronizadores se efectúa mediante un varillaje de cambio que actúa mediante horquillas sobre los sincronizadores, desplazándolos axialmente a través del eje, y embragando en cada momento la marcha correspondiente. Los dispositivos de accionamiento de las distintas marchas dependen del tipo de cambio y de la ubicación de la palanca de cambio. La situación de la caja de cambios en el vehículo dependerá de la colocación del motor y del tipo de transmisión, ya sea está delantera o trasera.

Ahora vamos a observar diferentes tipos de accionamiento.



*Ilustración 4. Caja de cambios con palanca incorporada.*

En la imagen podemos observar que la palanca de cambios está directamente incrustada en el interior de la caja de cambios. Eso significa que trabaja directamente con los sincronizadores interiores de esta. Estos tipos de cambios se montan en vehículos que disponen de una orientación del motor de modo longitudinal, es decir, de delante hacia atrás.



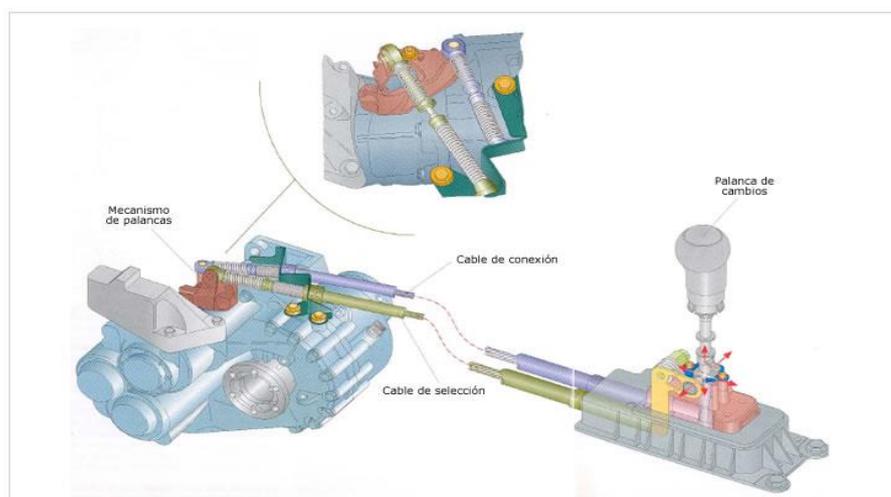
*Ilustración 5. Palanca de cambios Renault.*

El accionamiento que observamos en la imagen superior se trata de un accionamiento manual directamente desde el habitáculo a la caja de cambios. Se trata de una varilla la cual se ajusta mediante tornillería a un selector de la caja de cambios y mediante el movimiento diseñado puedes obtener diferentes marchas de velocidad. Este tipo de cambio era típico de Renault, el cual tuvo que diseñar esta forma porque disponía de la caja de cambios orientada frontalmente. No es muy habitual encontrarse este tipo de diseño.



*Ilustración 6. Mecanismo de palanca de cambios.*

En esta imagen observamos los tipos más comunes de mecanismos de la palanca de cambios de marchas actuales. Este tipo dispone de una palanca la cual va fijada mediante tornillería al chasis del habitáculo del vehículo. Mediante los dos cables de varillaje acciona las diferentes bieletas, sobre las cuales vamos a centrarnos en el proyecto que explicaremos más adelante. Podemos observar que estos cables se fijan a los ejes de las bieletas mediante una arandela y un pasador metálico, el cual se encarga de no dejar salir la varilla, ya que es un elemento importante en el vehículo a la hora de conducir.



*Ilustración 7. Mecanismo de palanca de cambios actual.*

En este sistema, a simple vista observamos que es muy similar al anterior, pero éste es el más utilizado. Como diferencia a los otros, dispone de un cuerpo sólido el cual se utiliza para la incorporación de la palanca en su interior y a través de unos acoples podemos anclar un extremo de los cables varilla a la palanca de cambio. El otro extremo de los cables se conecta a las bieletas gracias a unos soportes que incorporan unas grapas de plástico para poder fijar el cable a la bieleta, así obtienen una fácil accesibilidad para su repuesto si fuese necesario.

Una vez vistos unos ejemplos de tipos de mecanismos de palanca de caja de cambios, vamos a observar otros pero que no son de automóvil, para ver que no solo se utilizan en los coches.



*Ilustración 8. Palanca de cambio de bicicleta.*

Podemos observar que se trata de una bicicleta, la cual dispone de cambio de velocidades, pero evidentemente para poder cambiar de velocidad se precisa de un sistema con el cual no se tenga que bajar de la bicicleta cada vez que se desee una velocidad nueva. Es por eso que se inventó esta especie de palanca, que no deja de ser una palanca de cambios como hemos estado viendo hasta ahora. Estas palancas funcionan independientes, es decir, tú puedes variar el tamaño del 'piñón' sin tener que variar el del 'plato', y al revés. Así consigues ganar más fuerza, más velocidad, más suavidad, etc, todo dependiendo que lo que estás buscando es cada momento.



*Ilustración 9. Cambio de bicicleta en el manguito.*

Este es otro tipo de ‘palanca de cambios’ de bicicleta, pero ya se trata de modelos más recientes. Tiene la comodidad de no tener que quitar las manos de su sitio cada vez que tienes que cambiar de marcha ya que para ello con solo rotar el selector es suficiente.



*Ilustración 10. Cambio de marchas de una motocicleta .*

Ahora, vamos a observar otra palanca de cambios, en este caso de una motocicleta. Está diseñada mediante un sistema de varillaje en el cual el actuador es el pie, eligiendo la dirección de este, es decir, para arriba subiendo de marcha y para abajo reduciendo la marcha. Esta palanca actúa directamente en el interior de la caja de cambios.

Con esta pequeña introducción a las cajas de cambios que hemos visto, vamos a centrarnos ahora en la pieza clave de este proyecto. Como habíamos dicho anteriormente, esta pieza se denomina bieleta selectora del cambio de marchas.



*Ilustración 11. Bieleta simple.*

Esta pieza está constituida por dos cabezas redondas diseñadas para introducir en su interior dos componentes mecanizados e incorporados directamente en la caja de cambios. El objetivo de esta bieleta es sincronizar el movimiento de la palanca de cambios situada en el interior del habitáculo con movimiento directo a los ejes de la caja de cambios, para así conseguir engranar la marcha deseada en cada momento.



*Ilustración 12. Grapa de plástico interior.*

Como podemos observar en la imagen, en el interior de la cabeza hay un plástico blanco. Este plástico se denomina grapa circular y está encargado de acoplar esta pieza en la otra. Se montan estos tipos de grapas porque tiene una facilidad de montaje superior a las otras grapas y también facilidad de desmontaje.

Hoy en día existen muchos tipos de bieletas selectoras, voy a enseñar unas cuantas para poder hacernos una idea.



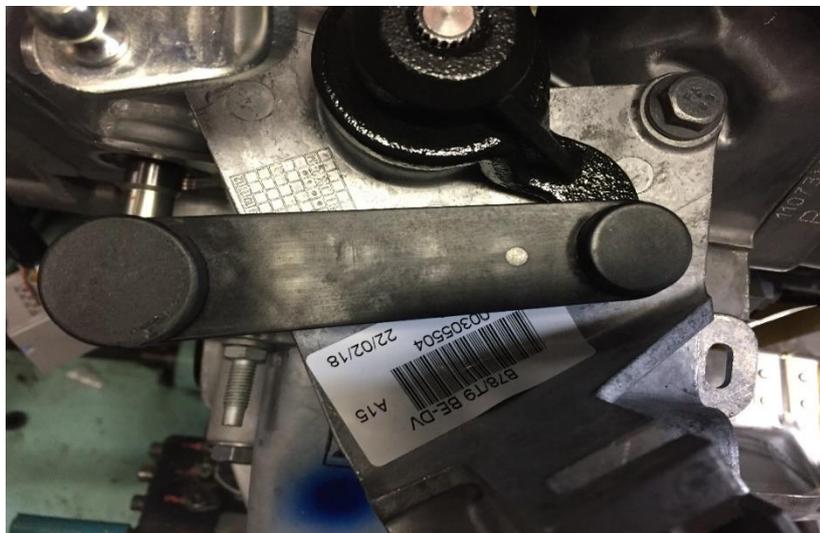
*Ilustración 13. Bieleta regulable.*

Este tipo de bieleta se denomina bieleta ajustable, ya que como podemos observar tiene un trozo de vástago roscado y en el otro extremo una pieza de acero con rosca interior y una contratuerca, para que una vez ajustada la longitud bloquee el sistema para evitar que se pueda mover o variar sola. La ventaja de este tipo de bieletas es que puedes utilizarla para todo tipo de cambios que se acoplen a presión, ya que, al poder girar fácilmente las caras, adoptan los grados deseados en cada momento.



*Ilustración 14. Bieleta plástico.*

Este tipo de bieleta es de plástico y como observamos no dispone de ninguna grapa ya que se soporta en los ejes de forma simple, colocándola en ellos a presión seguidamente de una tuerca roscada o bien un pasador metálico. Actualmente ya empiezan a ser fabricadas de este material.



*Ilustración 15. Bieleta plástico PSA.*

Esta es similar a la anterior, pero con la diferencia que no lleva ningún agujero para poner el pasador, simplemente se inserta a presión.



*Ilustración 16. Bieleta giro 90°.*

Ahora vamos a hablar un poco de este tipo de bieleta, ya que no es muy usual encontrar cambios en los que se utilice. Tiene el cuerpo doblado a 90° y tiene la función de acoplar ejes situados en diferentes planos. Podemos observar que el cuerpo es de acero, pero las grapas son de plástico.



*Ilustración 17. Bieleta actual PSA.*

Y finalmente vamos a hablar de esta bieleta, es el diseño exacto en la que nos vamos a basar en este proyecto. Actualmente se utiliza en la conocida marca de vehículos PSA, siendo que todos los modelos nuevos de Peugeot, Citroën y recientemente Opel utilizan este tipo de bieleta.

Como se puede observar el diseño de las grapas es diferente al resto. Estas tienen la facilidad de que, con solo apretarlas y empujar, o bien hacia arriba o bien hacia abajo, quitarlas o ponerlas. Un montaje muy rápido y limpio. En cambio, el material utilizado es fundición gris, lo que parece una sobredimensión en cuanto a las características mecánicas del material en relación a la funcionalidad de la pieza.



## **II. OBJETIVOS**

# OBJETIVOS

## **II.1. OBJETIVO GENERAL.**

El objetivo general del proyecto es desarrollar una bieleta de caja de cambios de automóvil. La bieleta selectora se proyectará y desarrollará con materiales de distintas características, comparativamente con las fabricadas en acero, y se optimizará el más adecuado. El proyecto se abordará desde diversas disciplinas de la Ingeniería Mecánica: diseño CAD, selección de materiales, fabricación, estudio técnico de dimensionamiento y estudio económico.

Para conseguir este objetivo, seguiremos los siguientes pasos:

- 1- Diseño de la pieza real con su material para poder hacer el estudio.
- 2- Selección de materiales para realizar un cambio de material. Para ello, se empleará el programa CES edupack.
- 3- Rediseño de la pieza real manteniendo las longitudes y medidas de esta, pero modificando espesores y formas.
- 4- Aplicación de los diferentes materiales seleccionados para proceder a los estudios de la pieza.
- 5- Simulación mediante el programa Solid Works de los materiales seleccionados para comprobar si cumplen con las características de funcionamiento de la pieza.
- 6- Finalmente, valoración de todos los aspectos de viabilidad del rediseño y cambio de material.

## **II.2. OBJETIVOS PARTICULARES.**

Los objetivos particulares propuestos en nuestro proyecto van a ser los siguientes:

- 1- Selección de materiales aptos para la bieleta selectora
- 2- Diseño sobre la plataforma de Solid Works de la bieleta selectora 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- Estudio de viabilidad económica del producto.
- 5- Conclusión final.

A continuación, realizare un diagrama de flujo en el cual se expone la forma en que se abordará el proyecto.

Partimos de una pieza real, en la que vamos a estudiar dos cambios de material, el primero será de plástico ABS, y el segundo de PA66 + GF30. Después realizaremos tres rediseños de las piezas denominadas 'pieza 1', 'pieza 2' y 'pieza 3' y cambio de material completo, pasando así a usar solamente materiales plásticos.

Finalmente valoraremos los resultados obtenidos y sacaremos en claro una conclusión.

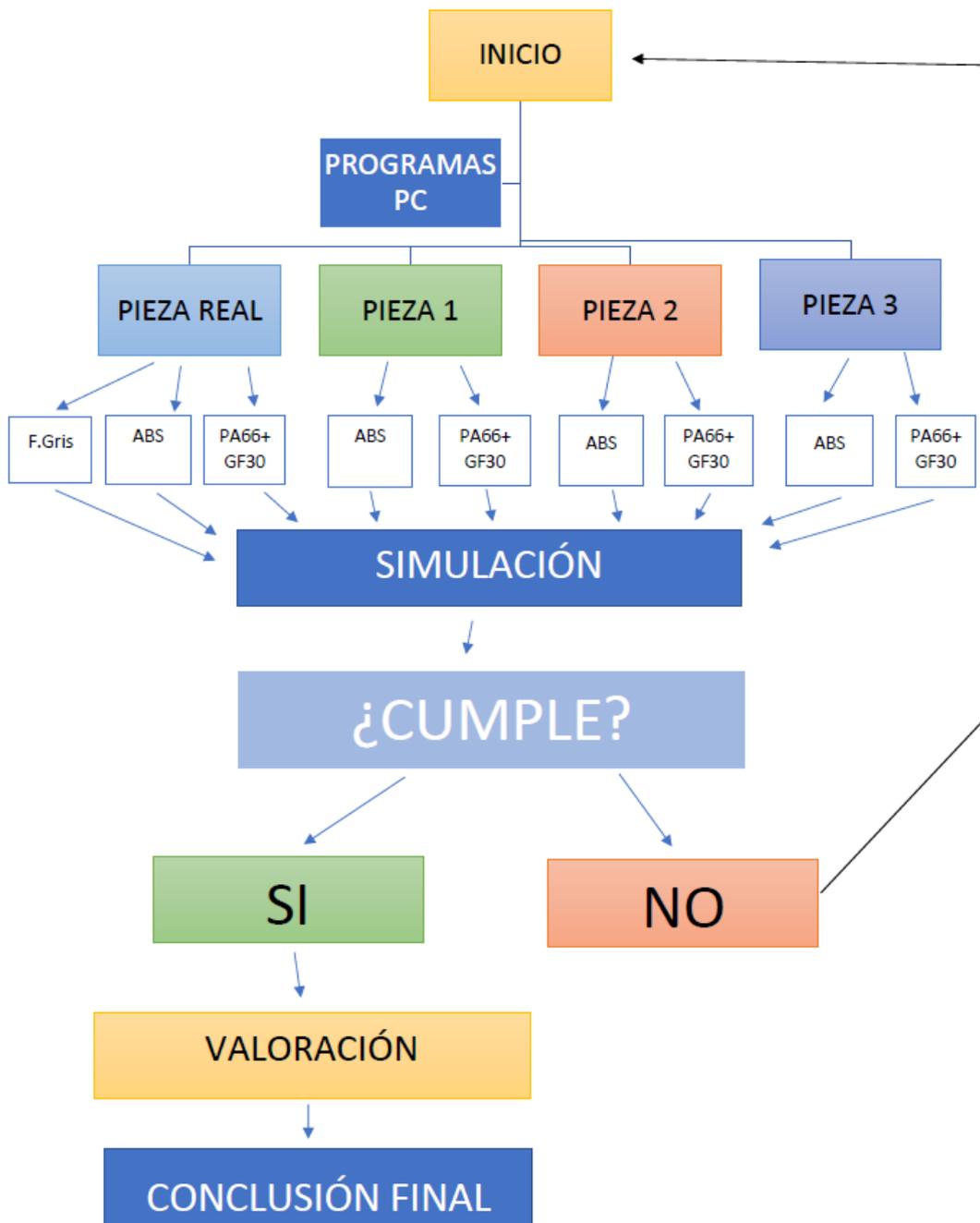


Ilustración 18. Diagrama de flujo del proyecto.

# **III. DESARROLLO PROYECTO**

## **DESARROLLO PROYECTO**

# III. DESARROLLO PROYECTO

En este punto del proyecto, nuestro objetivo es centrarnos en el diseño y desarrollo de las piezas a realizar, para ello se empleará el programa SolidWorks (SW). Este no solo nos va a ayudar a diseñar la pieza, sino, que a medida que vayamos avanzando, observaremos que vamos a poder realizar diferentes estudios sobre diferentes caras y ángulos de las piezas.

Estos estudios son los estáticos, los cuales en piezas mecánicas calculan los efectos de cargas constantes sobre la estructura de la pieza mientras se ignora la inercia y los efectos de amortiguación comúnmente encontrados al aplicar cargas que varían en el tiempo. Sin embargo, un análisis estático puede incluir cargas de inercia constantes como la gravedad, así como cargas que varíen en el tiempo pero que pueden ser aproximadas a un equivalente estático.

Otro estudio que realizaremos será el de Fatiga, o también denominado Análisis de Deformaciones. Este análisis permite validar la calidad, el rendimiento y la seguridad de la pieza mecánica, basándose esta vez en los cambios que se presentan en la geometría de dicha pieza bajo las condiciones de cargas establecidas.

Cabe destacar que las medidas obtenidas son reales ya que se trata de una pieza ya realizada y en funcionamiento, por lo tanto, podemos asegurar que las dimensiones son las correctas y corresponden a las dimensiones requeridas.

## III.1. DISEÑO INICIAL PROTOTIPOS.

Vamos a empezar este apartado diseñando la pieza real o original. Como dato importante podemos decir que esta pieza es actualmente utilizada por el grupo automovilístico PSA, en especial en la marca de coches Peugeot. Es por ello que las medidas importantes de la pieza, como lo es la distancia entre centros de las circunferencias, tienen que ser exactas.

### III.1.1 Pieza original

#### Paso 1:

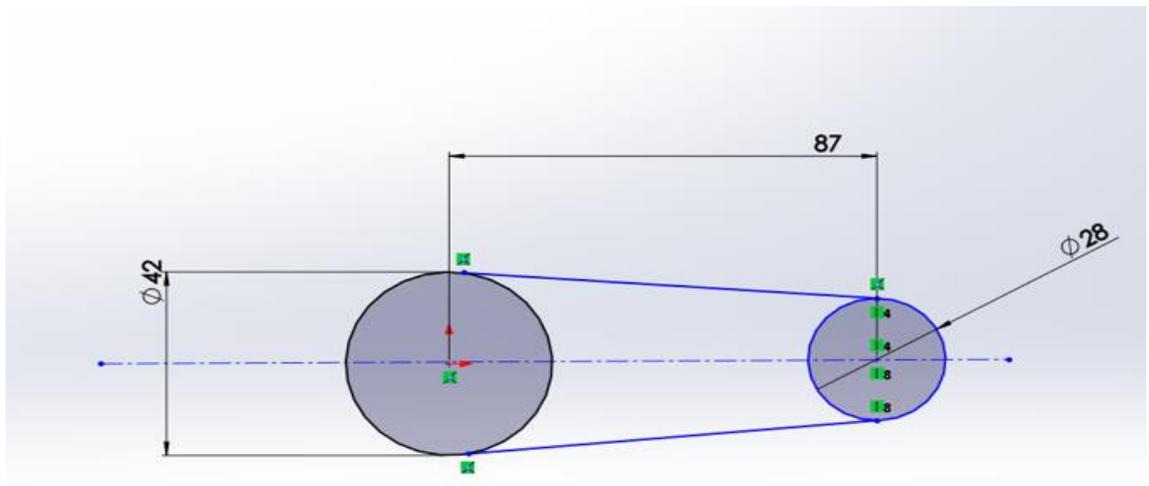
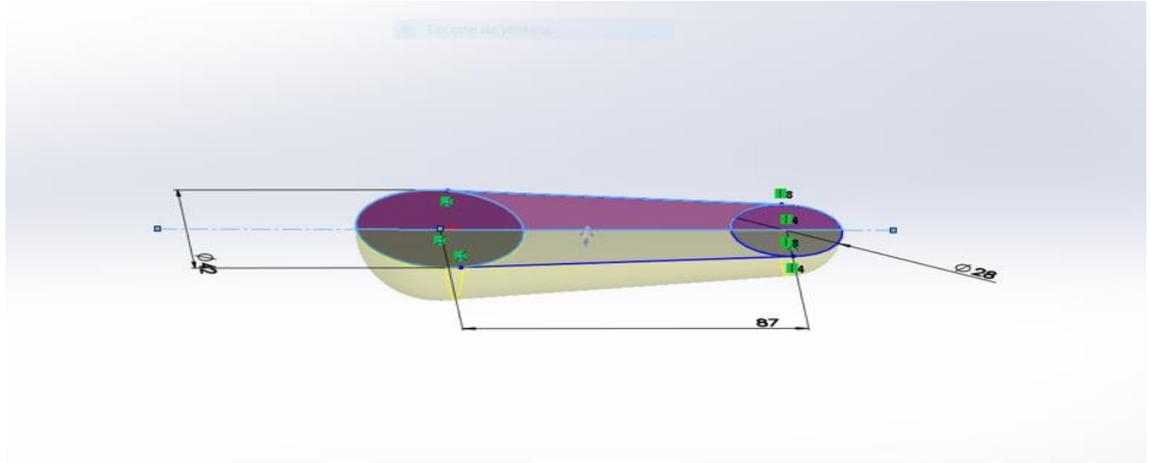


Ilustración 19. Croquis pieza real.

Una vez obtenidas las medidas reales ayudándonos principalmente de un pie de rey, procedemos a realizar el diseño real mediante el programa SW. Para ello realizamos un croquis en el plano alzado y acotamos con las medidas que ya sabemos.

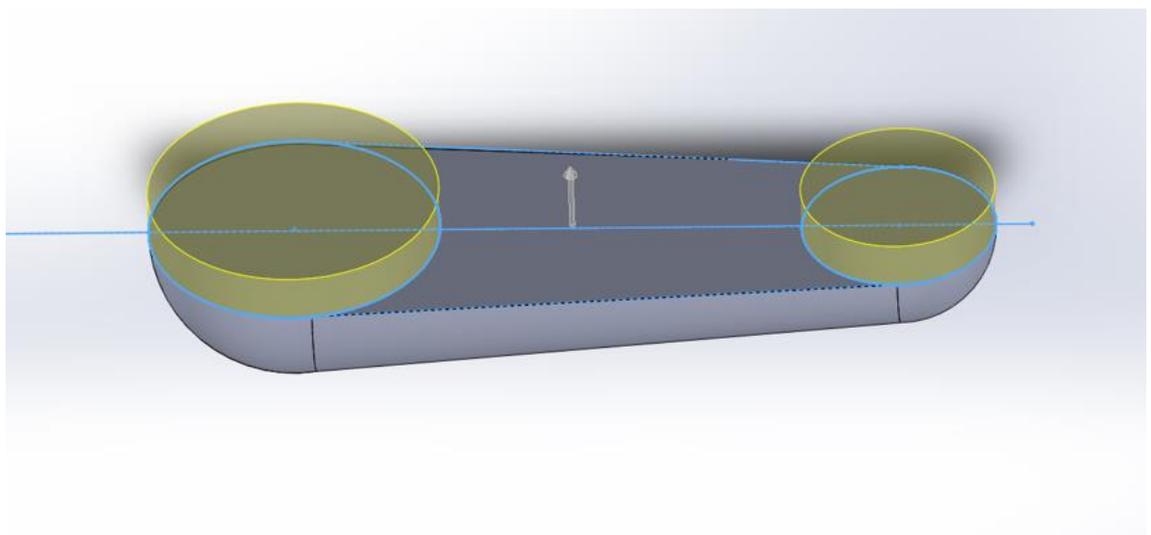
### Paso 2:



*Ilustración 20. Parte inferior pieza real.*

Como la pieza tiene una forma complicada, vamos a tener que realizar varias operaciones para conseguir la forma exacta. Para ello vamos a utilizar la operación de revolución, la cual nos ayudara a darle la forma redondeada de la superficie inferior de la pieza.

### Paso 3:

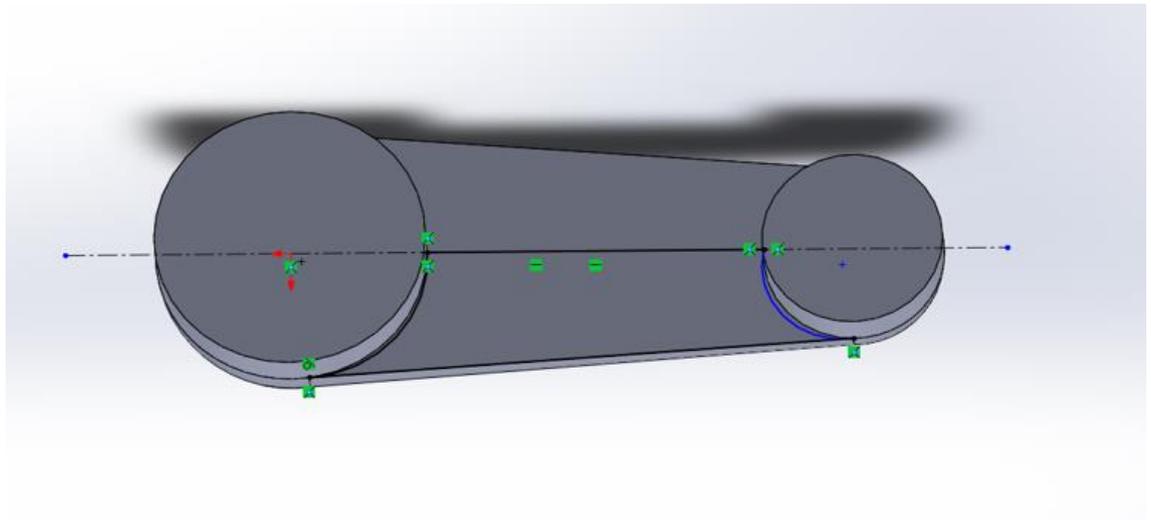


*Ilustración 21. Extrusión pieza real.*

Una vez conseguida la forma que queremos, vamos a extruir las dos circunferencias marcadas ya que es necesario para el diseño deseado. Para ello utilizaremos la operación extruir saliente/base.

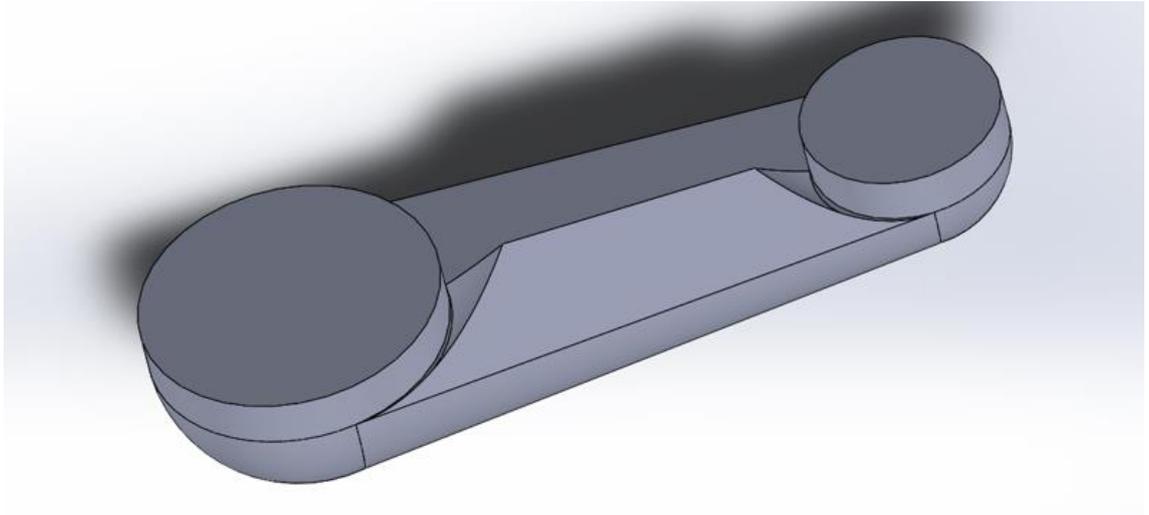
#### **Paso 4:**

Lo que vamos a hacer ahora es dibujar con la ayuda de la opción línea y con la opción círculo, las cuales las encontramos en la parte superior a la derecha, de tal forma que se quede el siguiente dibujo:



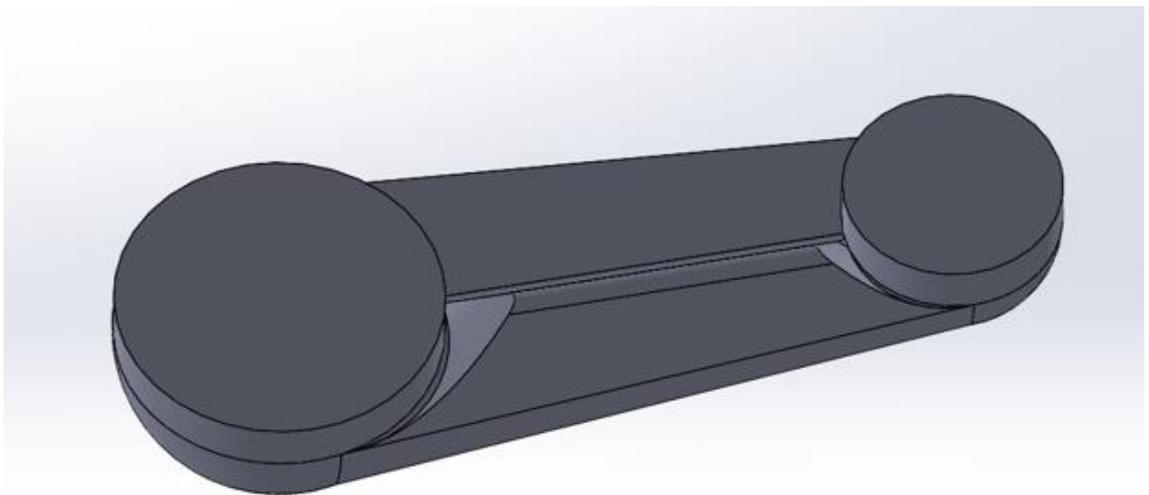
*Ilustración 22. Nuevo croquis sobre cara.*

Una vez realizado este croquis, procedemos a extruir lo último realizado. Para ello nos va a pedir una altura la cual vamos a poner de 14 mm, y muy importante, un ángulo, el cual hará que la extrusión tome la forma deseada. Dicho ángulo será de 35°, aceptamos y obtenemos lo siguiente.



*Ilustración 23. Vista pieza.*

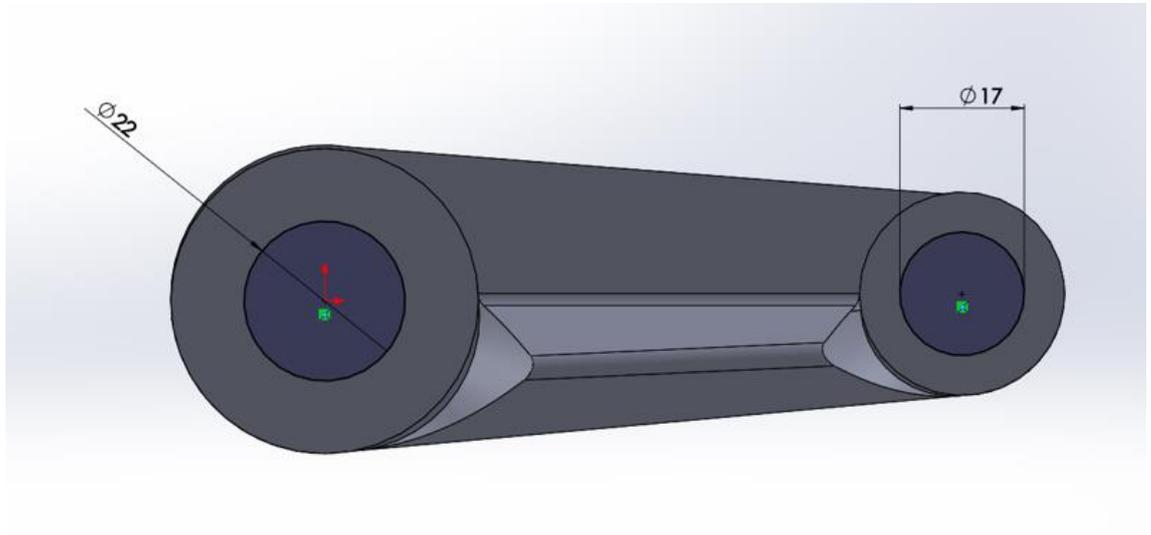
**Paso 5:**



*Ilustración 24. Vista isométrica.*

Como podemos observar en la figura, le hemos realizado un redondeo en la cresta y en la parte interior inferior de la cresta.

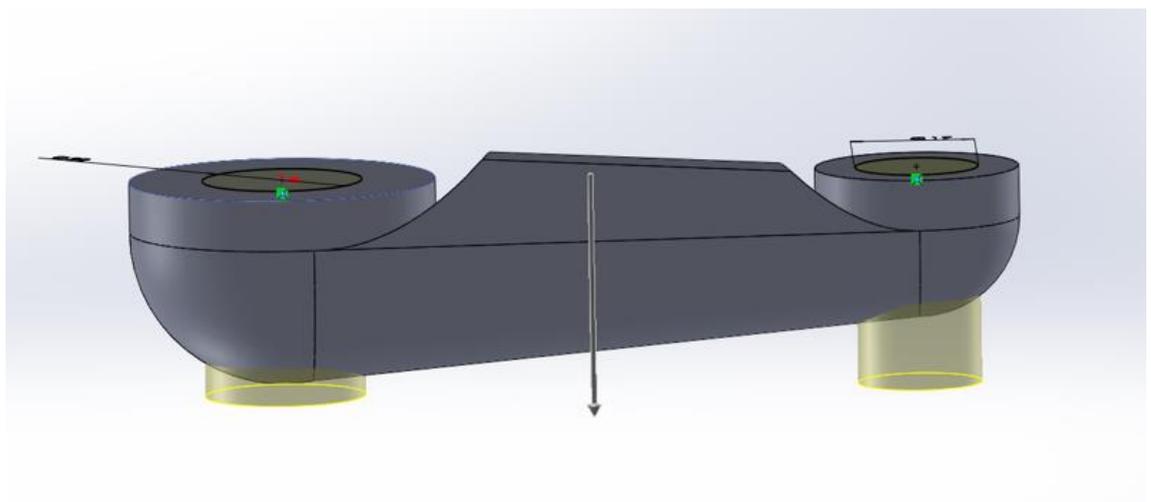
**Paso 6:**



*Ilustración 25. Croquis sobre cara alzado.*

Ahora vamos a proceder a realizar los agujeros de la pieza. Para esta operación vamos a utilizar la opción de extruir corte, pero antes hay que realizar un croquis de los elementos a extruir.

**Paso 7:**

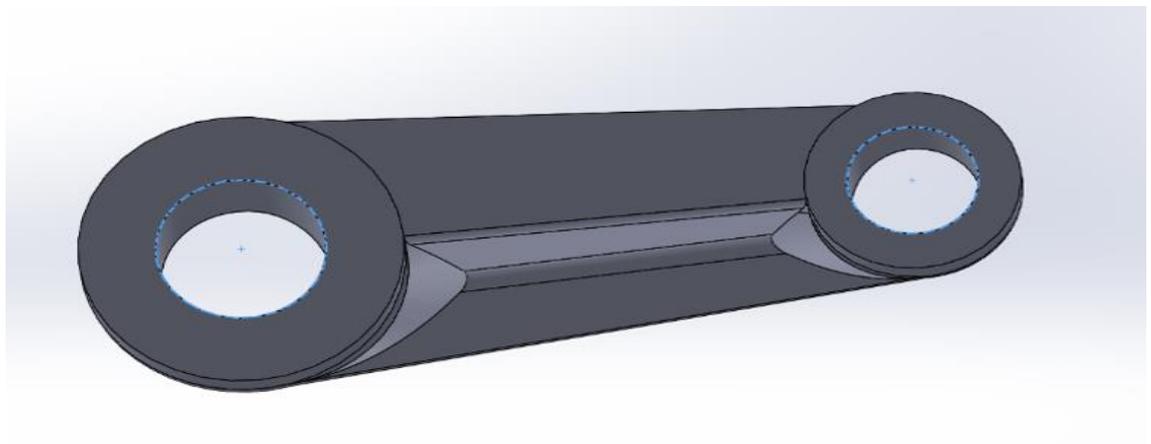


*Ilustración 26. Extrusión de los agujeros para grapas.*

Como observamos en la imagen, los cilindros amarillos son las partes que van a extruirse y la flecha situada en el centro de la figura es la que indica la dirección de la extrusión. En este caso he decidido hacer una extrusión de 30 mm ya que supera el espesor de la pieza y así queda libre en su totalidad.

**Paso 8:**

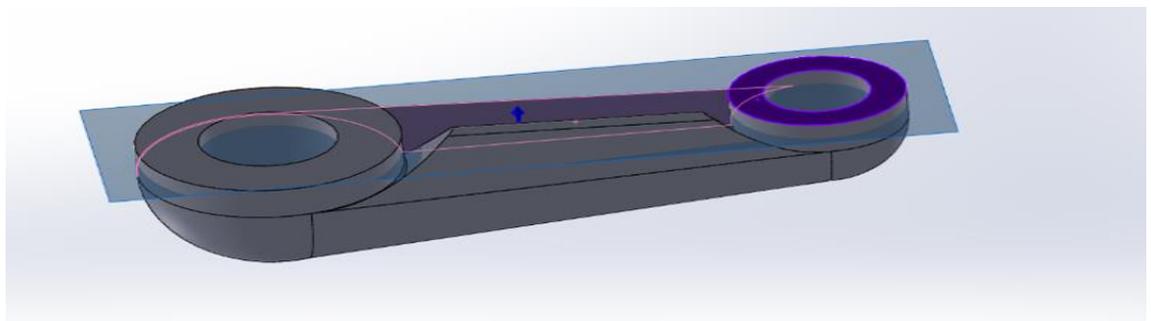
Esta es la pieza obtenida después de la extrusión.



*Ilustración 27. Vista isométrica operación.*

Ahora nos vamos a centrar en realizar en la parte inferior de la pieza la forma definitiva de esta, ya que como dicha pieza va ubicada en un conjunto de sincronizadores, tiene que tener la forma exacta.

Para ello procedemos a realizar un plano en la pieza ya realizada.



*Ilustración 28. Vista plano.*

**Paso 9:**

Ahora vamos a dibujar sobre el nuevo plano, para así dejar terminado lo que sería el diseño de la pieza.

Procedemos a dibujar en el nuevo croquis lo que queremos modificar de la pieza, que en nuestro caso serán dos circunferencias ayudándonos de la opción del menú para hacerlas, las situamos donde tienen que ir posicionadas y las acotamos.

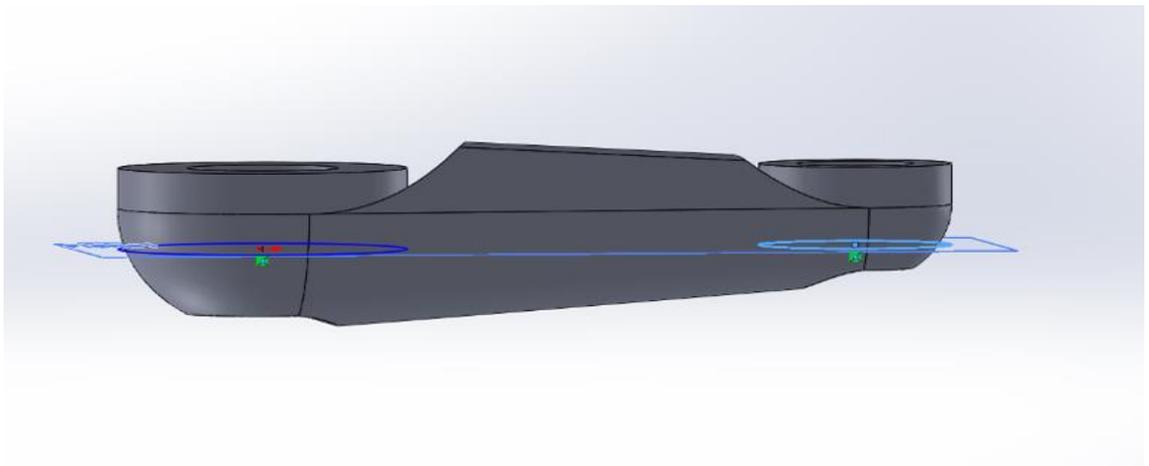


Ilustración 29. Plano medio de la pieza.

**Paso 10:**

Definimos una distancia de extrusión de 20 mm ya que podemos observar claramente que es suficiente.

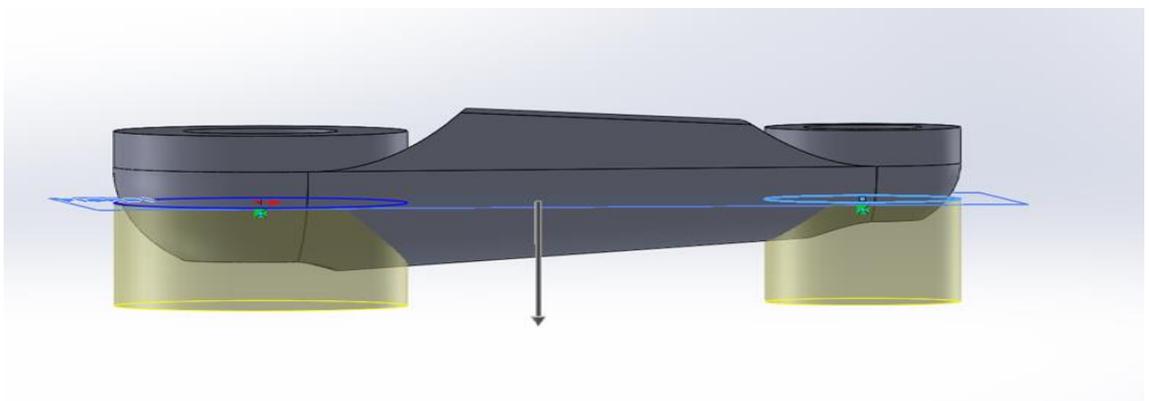
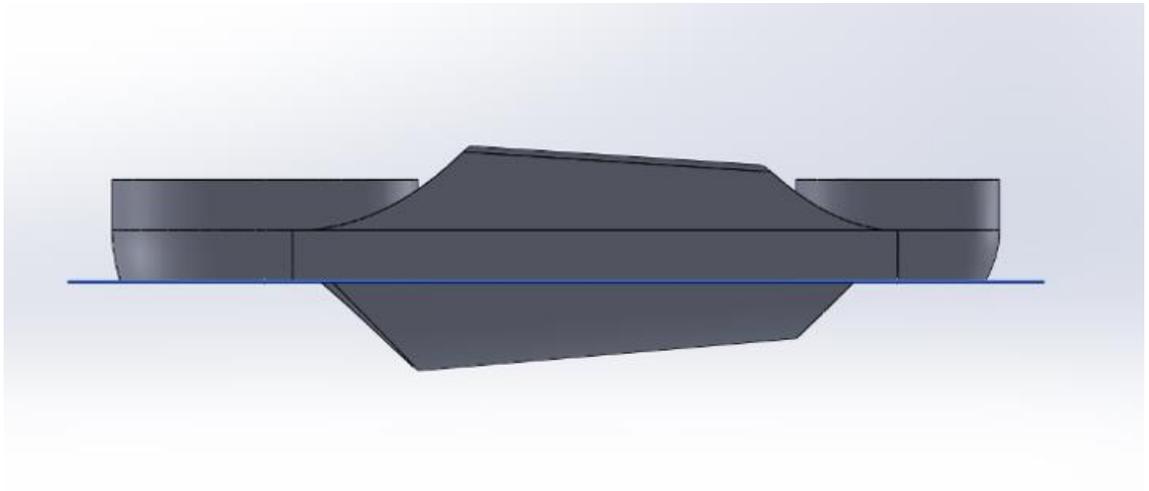


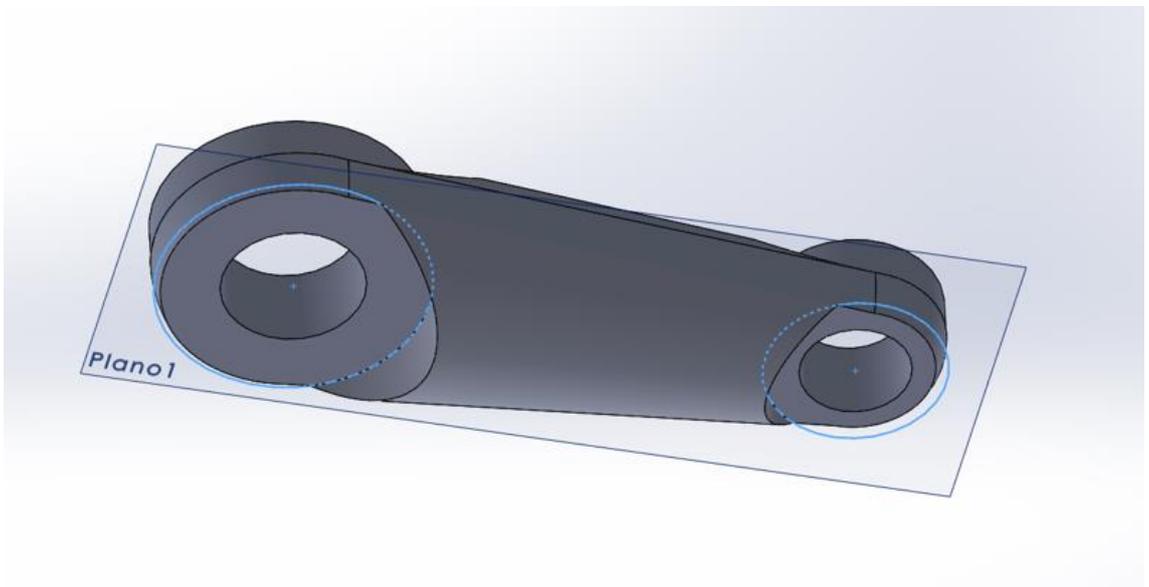
Ilustración 30. Extrusión operación plano medio.

Finalmente podemos observar el diseño final con la vista de perfil:



*Ilustración 31. Vista de perfil.*

La pieza vista desde abajo:



*Ilustración 32. Vista desde debajo de la pieza.*

Y la pieza vista desde arriba:

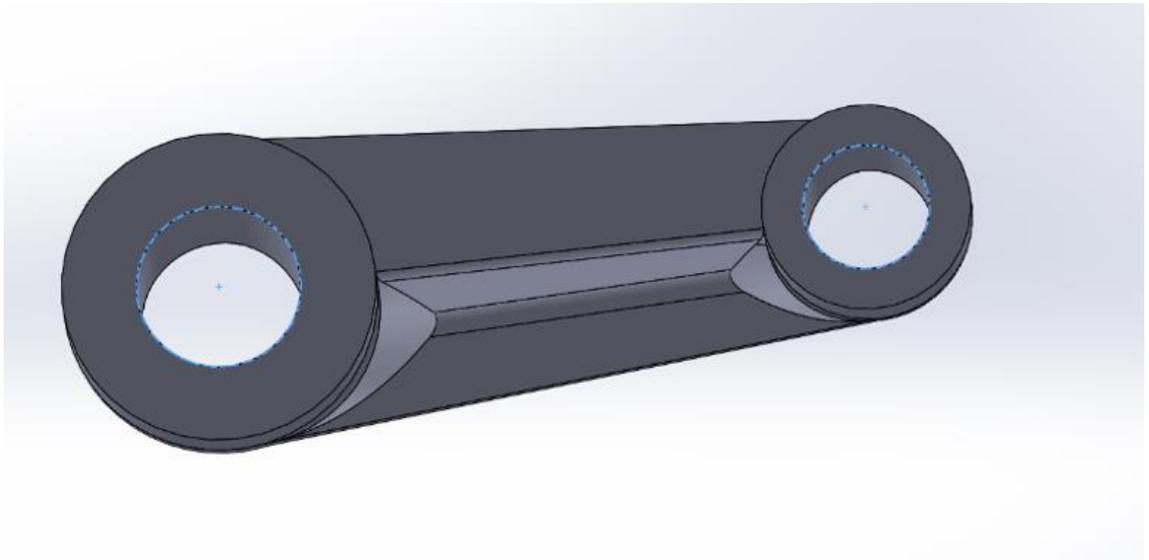


Ilustración 33. Vista alzado.

Una vez observada la pieza real, empezaremos con los rediseños de las piezas.

### III.1.2 Pieza 1

#### Paso 1:

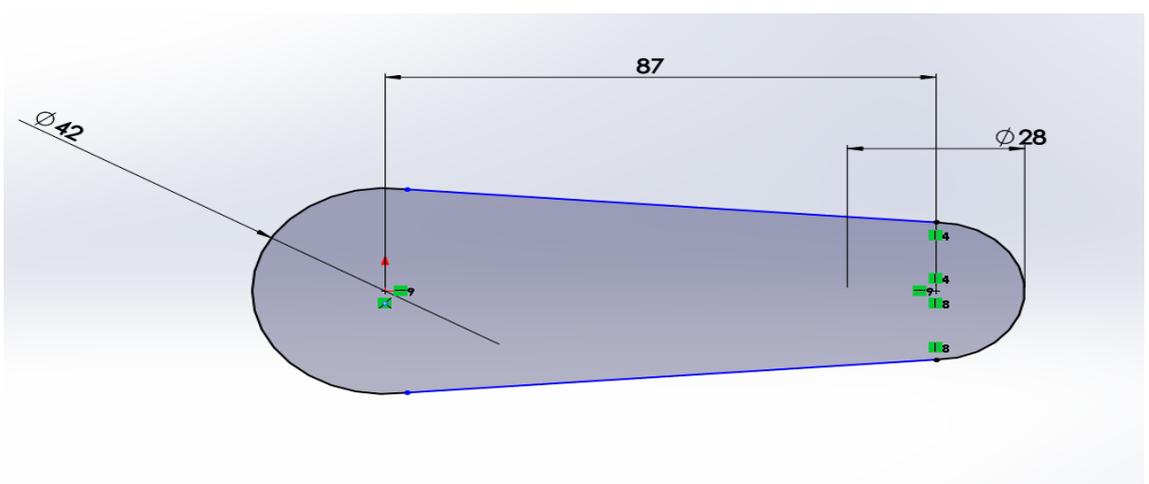


Ilustración 34. Croquis pieza 1.

Realizamos el croquis correspondiente a la pieza que deseamos realizar. Cabe destacar que el diseño de esta pieza es bastante más fácil que la real, lo que además va a permitir ahorrar mucho material y peso respecto a la anterior y manteniéndose en cualquier caso deseado.

**Paso 2:**

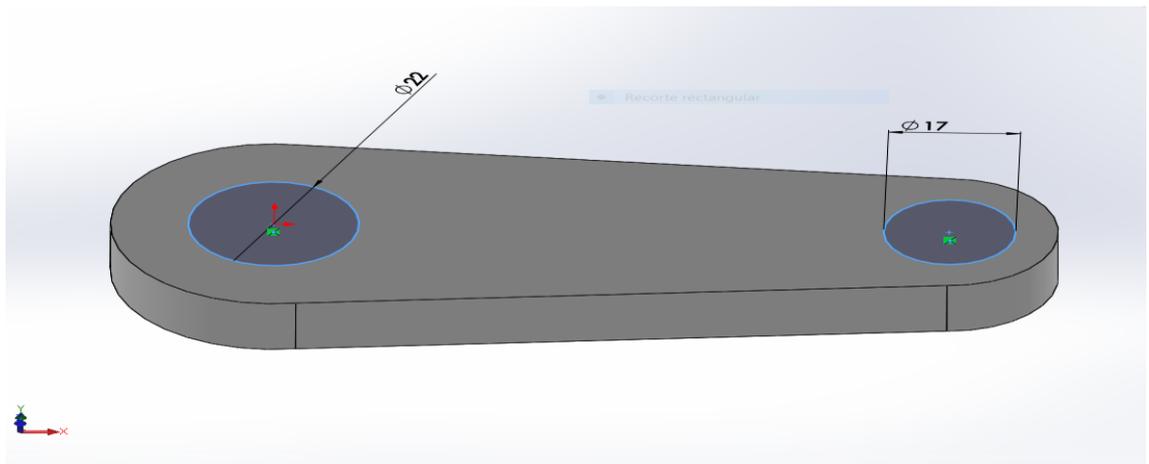


Ilustración 35. Vista pieza 1 después de extrusión.

Una vez tenemos el croquis, le diseñamos los agujeros y extruimos la pieza al espesor deseado.

**Paso 3:**

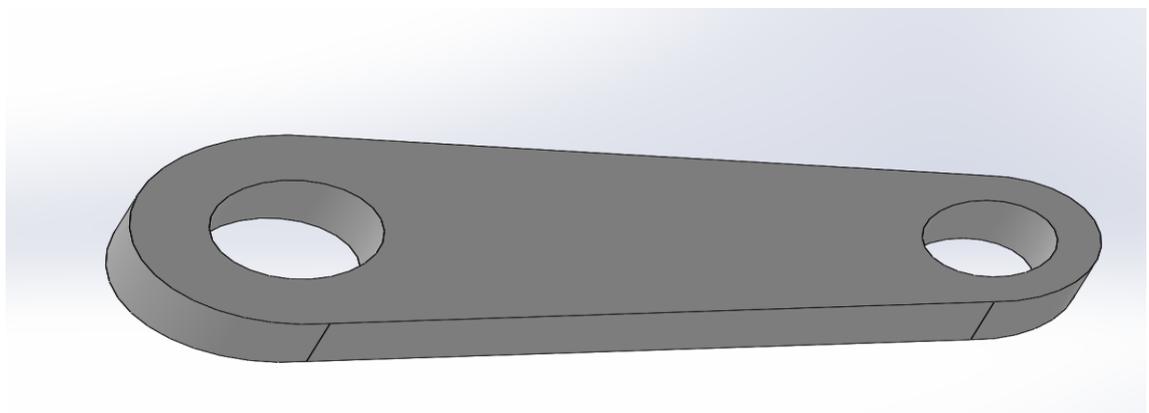
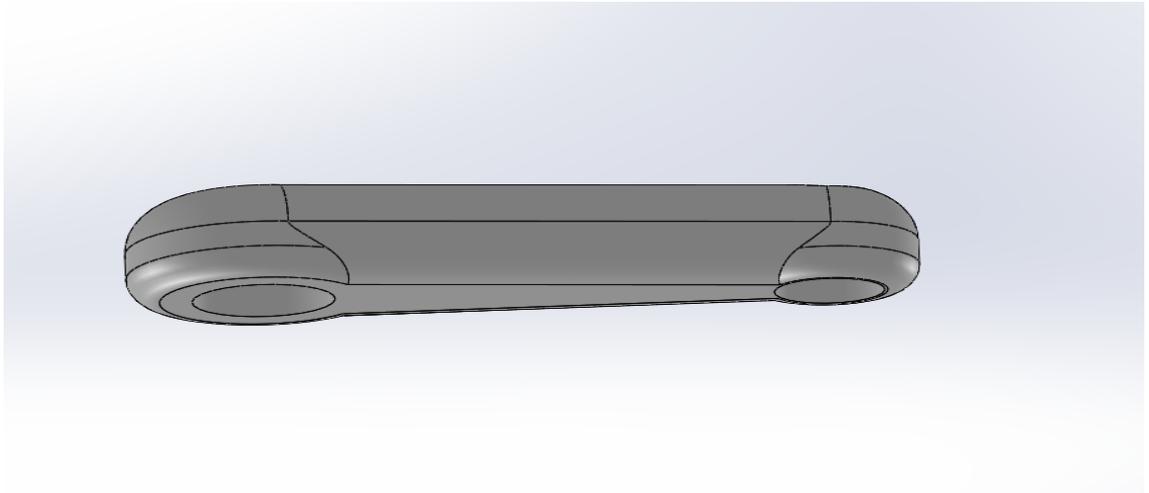


Ilustración 36. Vista isométrica.

Obteniendo así la anterior pieza.

**Paso 4:**

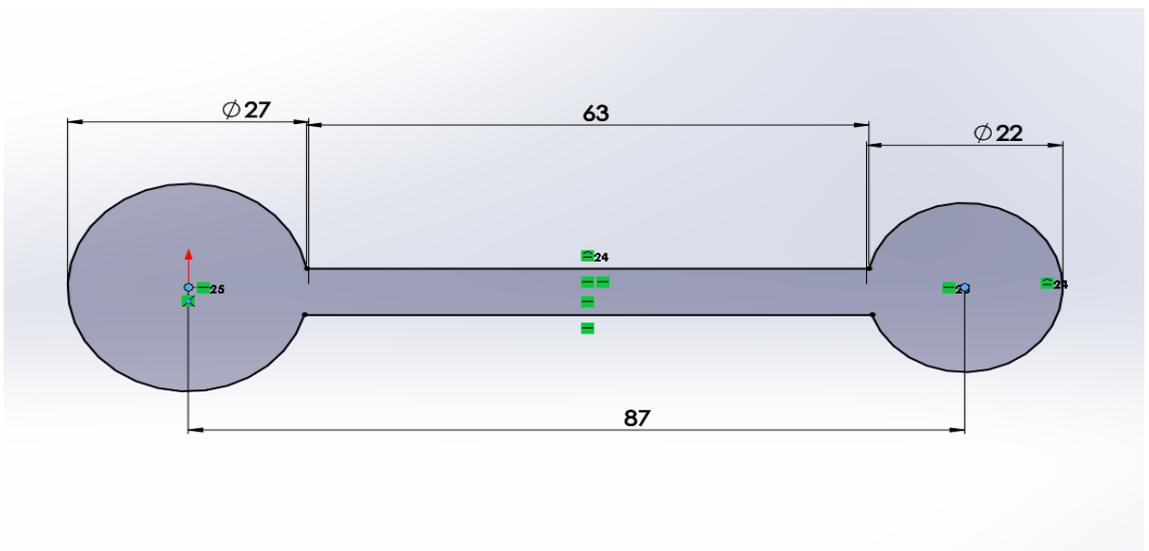


*Ilustración 37. Vista pieza 1.*

Procedemos a realizarle un redondeado de las aristas para mejorar el estado visual de la pieza y para liberar tensiones.

**III.1.3 Pieza 2**

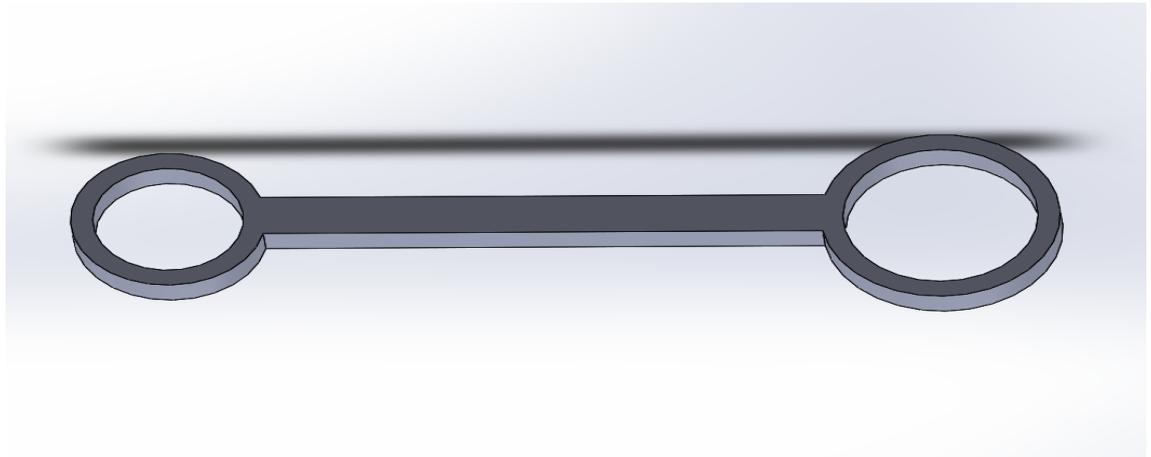
**Paso 1:**



*Ilustración 38. Croquis pieza 2.*

Realizamos el diseño de la pieza 2 y lo acotamos correctamente hasta que quede completamente definido.

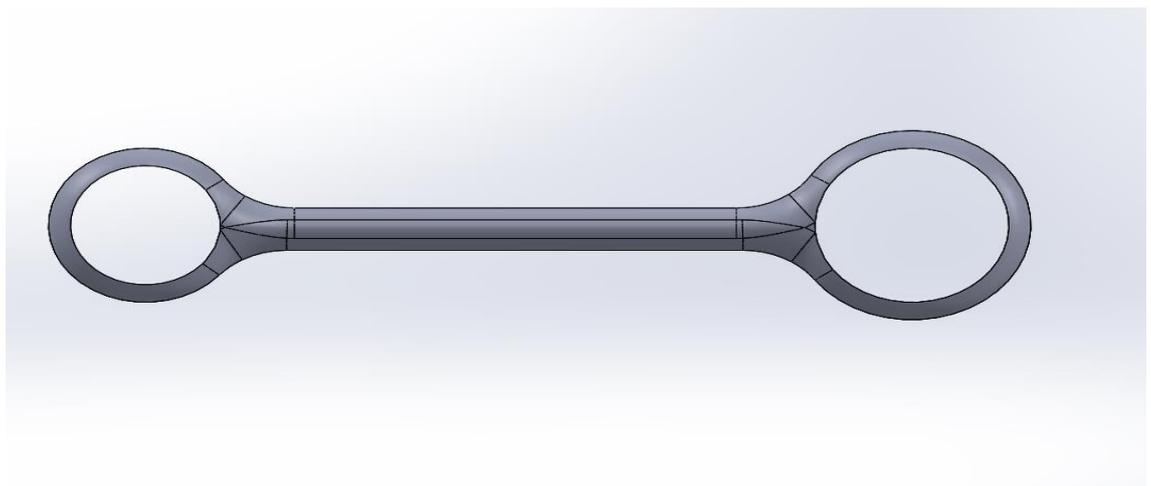
**Paso 2:**



*Ilustración 39. Vista isométrica.*

Una vez extruido al espesor deseado, procedemos a realizarle los agujeros donde se incorporarán las grapas para fijarse.

**Paso 3:**



*Ilustración 40. Vista alzado.*

Finalmente le realizamos un redondeo a la pieza para evitar tener aristas vivas, liberar tensiones y así también obtener un mejor estado visual de la pieza.

### III.1.4 Pieza 3

#### Paso 1:

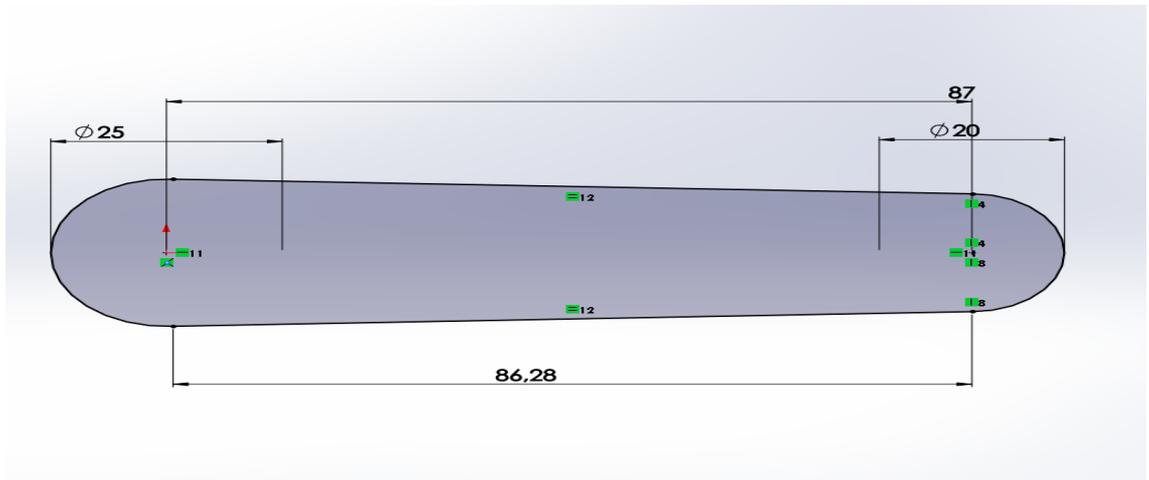


Ilustración 41. Vista croquis pieza 3.

Realizamos el croquis de la pieza 3 y acotamos de tal manera que se quede completamente bien definido. Y realizamos una extrusión de la pieza de 5 mm.

#### Paso 2:

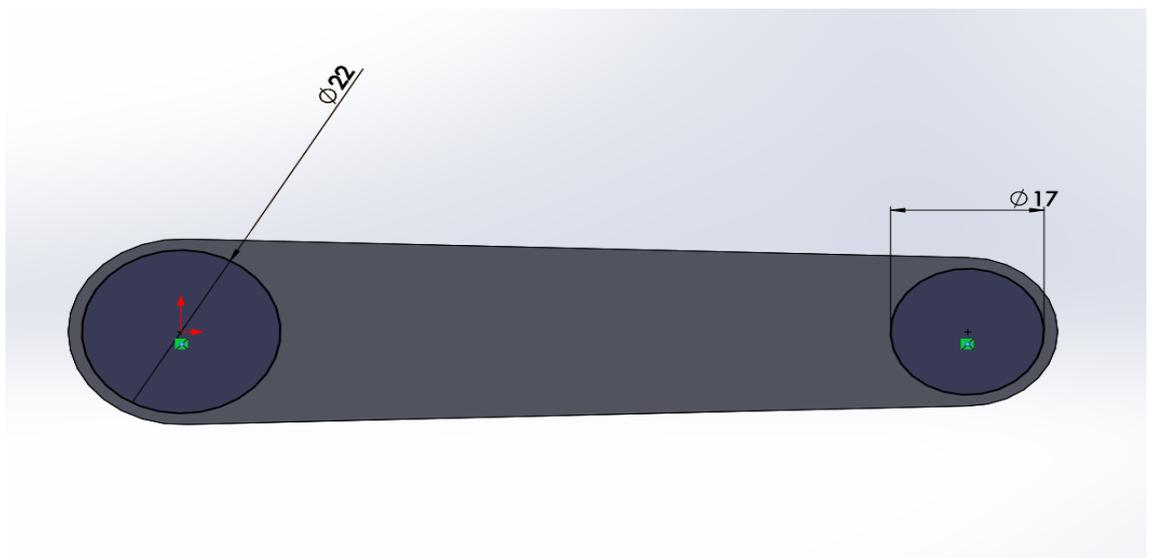
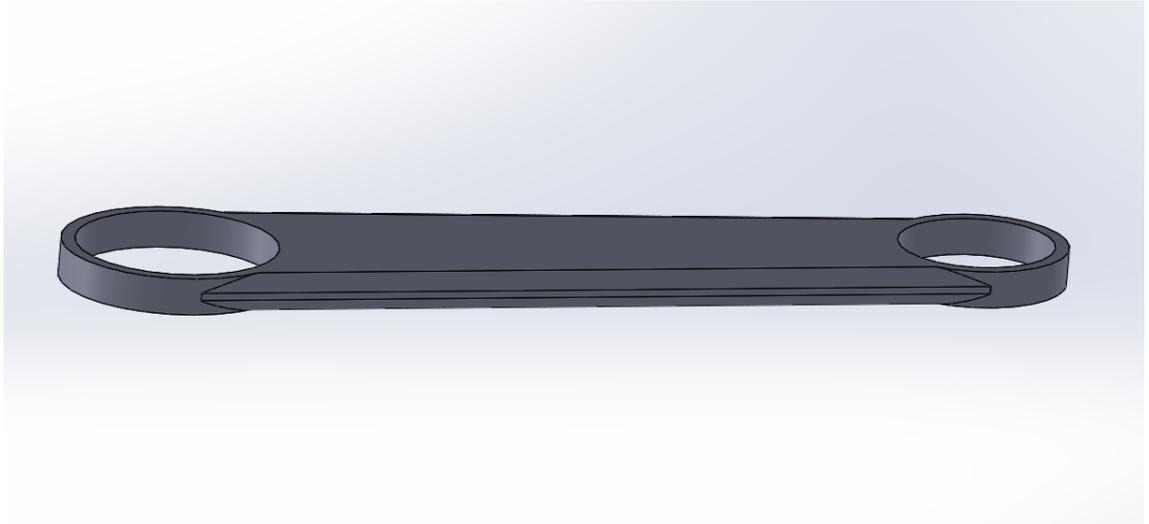


Ilustración 42. Vista alzado.

Una vez extruida la pieza, realizamos un segundo croquis en el que nos encargaremos de realizar los agujeros y luego realizaremos el corte de estos para dejar la pieza finalizada.

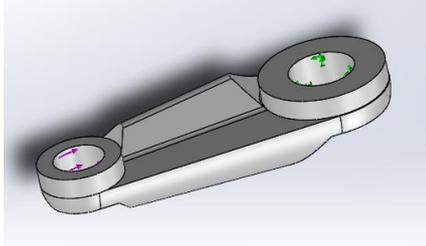
**Paso 3:**



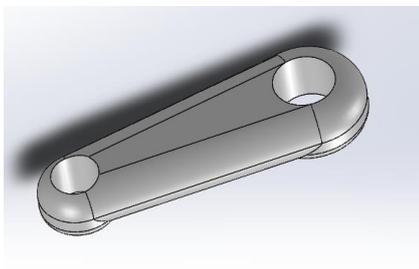
*Ilustración 43. Vista isométrica pieza 3.*

Finalmente procedemos a realizar un redondeado de aristas para liberar tensiones y obtener un mejor aspecto visual.

Recopilando las imágenes de los 4 modelos:



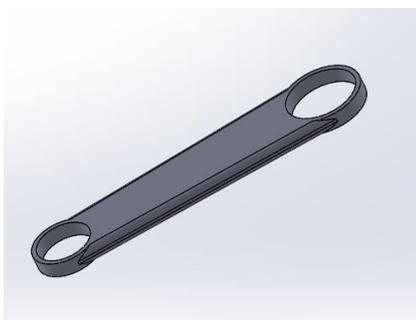
*Ilustración 44. Pieza real.*



*Ilustración 45. Pieza 1.*



*Ilustración 46. Pieza 2.*



*Ilustración 47. Pieza 3.*

## **III.2. NORMATIVA APLICABLE.**

La normativa la cual se aplica al proyecto es:

UNE-ISO/TS 16949 Sistemas de gestión de la calidad:

- Norma ISO 9001:2008 para la producción en serie y de piezas de recambio en la industria del automóvil, en su edición vigente.

‘La certificación se llevará a cabo según las condiciones establecidas en el Reglamento General con las especificidades o salvedades establecidas en el presente, y dará lugar a la emisión del “Certificado de ISO/TS 16949” a la organización correspondiente, que obtiene el derecho al uso de la marca AENOR de “Sistema de gestión de la calidad para la industria del automóvil” que se describe en el capítulo 5’.  
([https://www.aenor.com/Certificacion\\_Documentos/Reglamentos/7841\\_Reglamento\\_General\\_Certificaci%C3%B3n\\_SG\\_y\\_sus\\_Marcas\\_Conformidad\\_20170101.pdf](https://www.aenor.com/Certificacion_Documentos/Reglamentos/7841_Reglamento_General_Certificaci%C3%B3n_SG_y_sus_Marcas_Conformidad_20170101.pdf))

## **III.3. SELECCIÓN DE MATERIALES.**

Para la realización de este proyecto nos hemos centrado en especial en dos materiales plásticos comerciales.

El primer material a nombrar es un material compuesto, PA66+GF30%. Este tipo de Poliamida con carga del 30% de fibra de vidrio, aumenta su resistencia, rigidez y de forma destacada la resistencia a la fluencia y estabilidad dimensional. La temperatura de trabajo en continuo es de 120°C.

### **APLICACIONES:**

Piezas sometidas a grandes esfuerzos, cojinetes, topes, etc.

### **SECTORES ESTRATÉGICOS:**

- Ingeniería mecánica
- Tecnología de transporte
- Industria textil
- Ingeniería de precisión
- Fabricación de motores y embragues
- Maquinaria de embalaje y papel

### **CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:**

- Resistente a varios aceites y grasas
- Buenas propiedades al desgaste
- No aislante eléctrico
- Elevada resistencia mecánica
- Elevada estabilidad dimensional
- Alta temperatura de deformación bajo carga (HDT)
- Buena adhesividad y soldabilidad

El segundo material a nombrar es el ABS. El ABS es un plástico más resistente, por ejemplo, que el poliestireno debido a los grupos nitrilo. Estos son muy polares, así que se atraen mutuamente permitiendo que las cargas opuestas de los grupos nitrilo puedan estabilizarse. Estos enlaces secundarios mantienen unidas las cadenas de ABS, haciendo el material más resistente.

La estructura del ABS es una mezcla de un copolímero vítreo (estireno - acrilonitrilo) y un compuesto elástico principalmente el polímero de butadieno.

### **PROPIEDADES:**

- Los materiales de ABS tienen importantes propiedades en ingeniería, como buena resistencia mecánica y al impacto combinado con facilidad para el procesado.
- La resistencia al impacto de los plásticos ABS se ve incrementada al aumentar el porcentaje de contenido en butadieno, pero disminuyen entonces las propiedades de resistencia a la tensión y disminuye la temperatura de deformación por calor.
- El amplio rango de propiedades que exhibe el ABS es debido a las propiedades que presentan cada uno de sus componentes.

### **EL ACRILONITRILO PROPORCIONA:**

- Resistencia térmica
- Resistencia química
- Resistencia a la fatiga
- Dureza y rigidez

### **EL BUTADIENO PROPORCIONA:**

- Ductilidad a baja temperatura
- Resistencia al impacto
- Resistencia a la fusión

### **EL ESTIRENO PROPORCIONA:**

- Facilidad de procesado (fluidez)
- Brillo
- Dureza y rigidez

Excepto en películas delgadas, es opaco y puede ser de color oscuro o marfil y se puede pigmentar en la mayoría de los colores, obteniéndose partes lustrosas de acabado fino. La mayoría de los plásticos ABS son no tóxicos e incoloros.

Pueden ser extruidos, moldeados por inyección, soplado y prensado. Generalmente los grados de bajo impacto son los que más fácil se procesan. Los de alto impacto son más dificultosos porque al tener un mayor contenido en caucho los hace más viscosos.

A pesar de que no son altamente inflamables, mantienen la combustión. Hay algunos tipos auto extingüibles para cuando se requiere algún producto incombustible, otra solución consiste en aplicar algún retardante de llama.

Dentro de una variedad de termoplásticos el ABS es importante por su balance de propiedades. El ABS se destaca por combinar dos propiedades muy importantes como es la resistencia a la tracción y la resistencia al impacto en un mismo material, además de ser un material ligero.

En la tabla III.1. se resumen las principales propiedades del ABS.

**Tabla III.1.** Propiedades del ABS.

Resistencia a la abrasión	Alta
Permeabilidad	Todos los grados son considerados impermeables al agua, pero ligeramente permeables al vapor.
Propiedades relativas a la fricción	No los degradan los aceites son recomendables para cojinetes sometidos a cargas y velocidades moderadas
Estabilidad dimensional	Es una de las características más sobresalientes, lo que permite emplearla en partes de tolerancia dimensional cerrada. La baja capacidad de absorción de la resina y su resistencia a los fluidos fríos, contribuyen a su estabilidad dimensional
Pigmentación	La mayoría de estas resinas, están disponibles en colores estándar sobre pedido, se pueden pigmentar, aunque requieren equipo especial.
Facilidad de unión	Se unen fácilmente entre sí y con materiales plásticos de otros grupos mediante cementos y adhesivos
Cap. de absorción	Baja
Propiedades ambientales	La exposición prolongada al sol produce una capa delgada quebradiza, causando un cambio de color y reduciendo el brillo de la superficie y la resistencia a la flexión. La pigmentación en negro provee mayor resistencia a la intemperie
Resistencia química	Generalmente buena, aunque depende del grado de la resina, de la concentración química, temperatura y esfuerzos sobre las partes. En general no son afectadas por el agua, sales inorgánicas, álcalis y por muchos ácidos. Son solubles en ésteres, acetona, aldehídos y en algunos hidrocarburos clorados

Conformado	Se adaptan bien a las operaciones secundarias de conformado. Cuando se calientan, los perfiles extruidos, se pueden doblar y estampar.
Facilidad de mecanizado	Sus características son similares a las de los metales no ferrosos, se pueden barrenar, fresar, torneare, aserrar y troquelar
Acabados superficiales	Pueden ser acabados mediante metalizado al vacío y electroplateado
Resistencia a la fatiga	Se presenta para cargas cíclicas o permanentes mayores a 0,7 Kg mm <sup>2</sup>

Para obtener las propiedades de los materiales, hemos utilizado un programa denominado CES edupack, en las siguientes imágenes observaremos como hemos conseguido dicha información a través del programa.

Una vez entramos en el programa nos aparece la siguiente ventana:

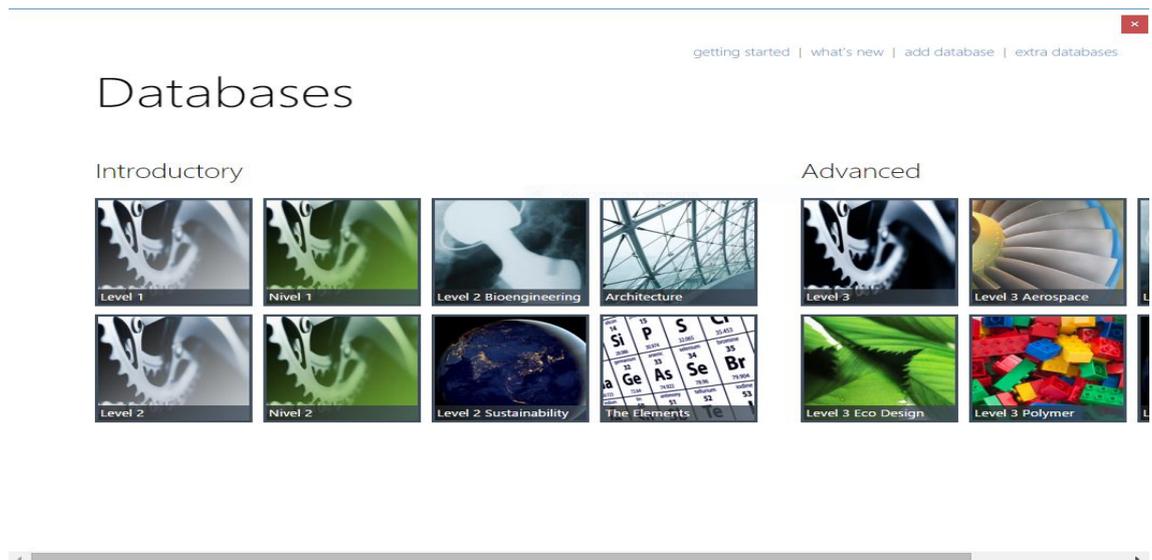


Ilustración 48. CES edupack.

En esta tenemos que elegir la familia del material que estamos buscando información, en este caso pulsamos sobre level 1, y seguidamente nos aparece una ventana extensible la cual ponemos metales y después ferrosos.

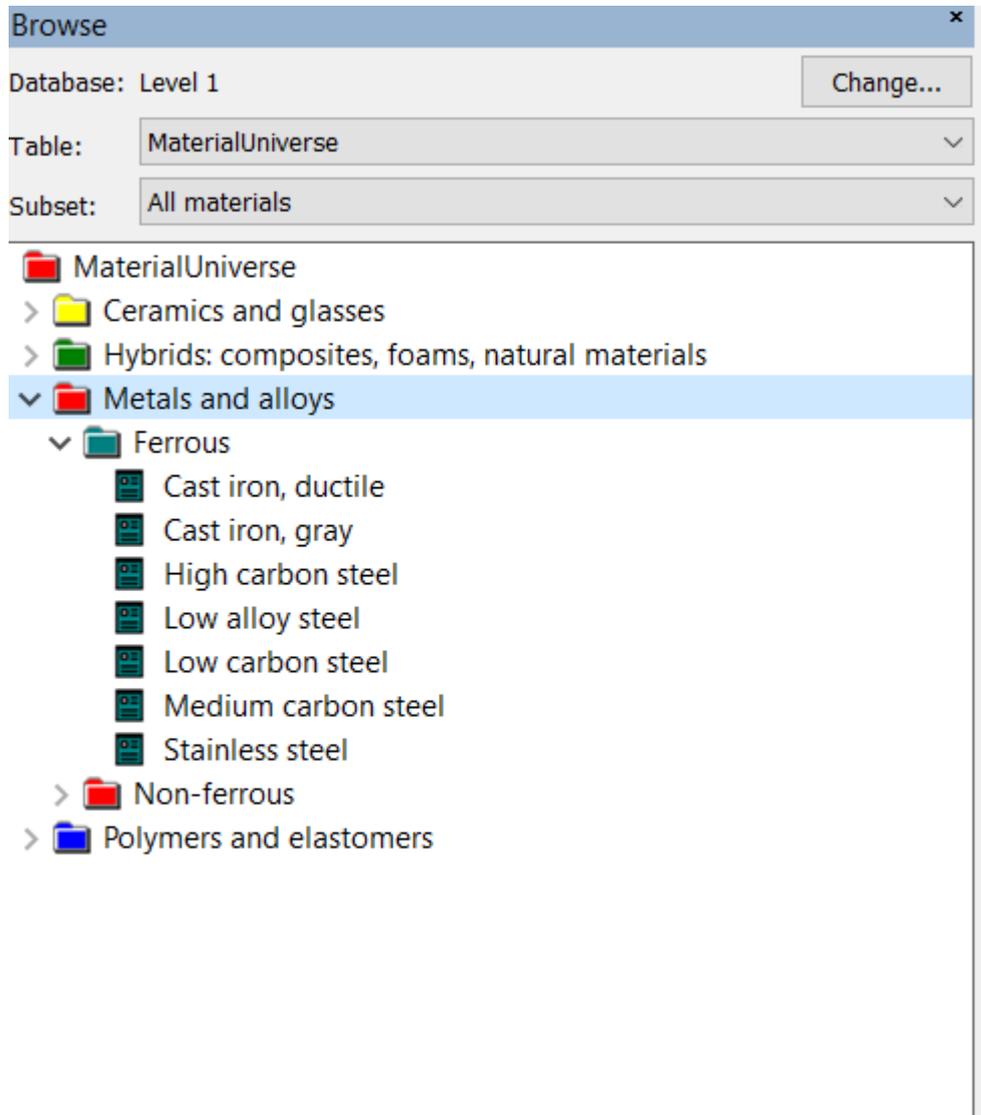


Ilustración 49. Selección de material.

Elegimos la opción de 'cast iron, gray' ya que el material que estamos buscando ahora es la fundición gris.

<b>General properties</b>				
Density	(i)	7,05e3	-	7,25e3 kg/m <sup>3</sup>
Price	(i)	* 0,376	-	0,403 EUR/kg
<b>Mechanical properties</b>				
Young's modulus	(i)	80	-	138 GPa
Yield strength (elastic limit)	(i)	140	-	420 MPa
Tensile strength	(i)	140	-	448 MPa
Elongation	(i)	0,17	-	0,7 % strain
Hardness - Vickers	(i)	90	-	310 HV
Fatigue strength at 10 <sup>7</sup> cycles	(i)	40	-	170 MPa
Fracture toughness	(i)	10	-	24 MPa.m <sup>0.5</sup>
<b>Thermal properties</b>				
Melting point	(i)	1,13e3	-	1,38e3 °C
Maximum service temperature	(i)	350	-	450 °C
Thermal conductor or insulator?	(i)	Good conductor		
Thermal conductivity	(i)	40	-	72 W/m.°C
Specific heat capacity	(i)	430	-	495 J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	(i)	11	-	12,5 µstrain/°C
<b>Electrical properties</b>				
Electrical conductor or insulator?	(i)	Good conductor		
<b>Optical properties</b>				
Transparency	(i)	Opaque		
<b>Eco properties</b>				
Embodied energy, primary production	(i)	* 17	-	21 MJ/kg
CO2 footprint, primary production	(i)	* 1,65	-	1,75 kg/kg
Recycle	(i)	✓		

## Supporting information

### Typical uses

Brake discs and drums, bearings, camshafts, cylinder liners, piston rings, machine tool structural parts, engine blocks, gears, crankshafts, heavy-duty gear cases, pipe joints, pump casings, components in rock crushers.

*Ilustración 50. Propiedades Fundición gris en CES edupack.*

Y obtenemos todas las propiedades importantes, el precio y su utilización.

Cabe destacar que para las propiedades de la fundición gris hemos utilizado los valores que vienen en la base de datos de SW, ya que en este material solo vamos a realizar el primer estudio porque en los rediseños vamos a suprimir la fundición como opción al material.

En la ilustración 51 se observan las propiedades de la fundición gris de la base de datos del SW.

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	66178.1	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson	0.27	N/D
Módulo cortante	50000	N/mm <sup>2</sup>
Densidad de masa	7200	kg/m <sup>3</sup>
Límite de tracción	151.658	N/mm <sup>2</sup>
Límite de compresión	572.165	N/mm <sup>2</sup>

Ilustración 51. Propiedades Fundición gris en SW.

Ahora vamos a buscar las propiedades del PA66+GF30%.

<b>Price</b>				
Price	ⓘ	* 3,61	- 4,15	EUR/kg
Price per unit volume	ⓘ	* 4,98e3	- 6,26e3	EUR/m <sup>3</sup>
<b>Physical properties</b>				
Density	ⓘ	1,38e3	- 1,51e3	kg/m <sup>3</sup>
<b>Mechanical properties</b>				
Young's modulus	ⓘ	7,51	- 10,3	GPa
Yield strength (elastic limit)	ⓘ	130	- 175	MPa
Tensile strength	ⓘ	145	- 173	MPa
Elongation	ⓘ	2	- 4,7	% strain
Elongation at yield	ⓘ	2,16	- 4	% strain
Compressive modulus	ⓘ	* 5,14	- 5,4	GPa
Compressive strength	ⓘ	121	- 138	MPa
Flexural modulus	ⓘ	6,8	- 9,31	GPa
Flexural strength (modulus of rupture)	ⓘ	215	- 258	MPa
Shear modulus	ⓘ	* 3,17	- 3,33	GPa
Shear strength	ⓘ	* 88	- 103	MPa
Bulk modulus	ⓘ	* 8,57	- 9	GPa
Poisson's ratio	ⓘ	0,34	- 0,36	
Shape factor	ⓘ	5,8		
Hardness - Vickers	ⓘ	* 36	- 40	HV
Hardness - Rockwell M	ⓘ	96	- 98	
Hardness - Rockwell R	ⓘ	117	- 118	
Hardness - Shore D	ⓘ	* 92	- 102	
Fatigue strength at 10 <sup>7</sup> cycles	ⓘ	* 45,1	- 52,6	MPa
Mechanical loss coefficient (tan delta)	ⓘ	* 0,00776	- 0,0103	

### Processing properties

Polymer injection molding	ⓘ	Limited use		
Polymer extrusion	ⓘ	Limited use		
Polymer thermoforming	ⓘ	Limited use		
Linear mold shrinkage	ⓘ	0,2	-	0,5 %
Melt temperature	ⓘ	260	-	316 °C
Mold temperature	ⓘ	43,3	-	120 °C
Molding pressure range	ⓘ	68,9	-	138 MPa

### Typical uses ⓘ

Automotive under the hood, bearings, business equipment, chemical process, gears, general purpose, parts (engineering), switches, textile applications

*Ilustración 52. Propiedades PA66+GF30%.*

Como podemos observar en las imágenes, tenemos un rango de valores en cada propiedad, eso es porque hay diferentes tipos y oscila de mínimo a máximo. Nosotros vamos a utilizar para los ensayos la propiedad más alta en todo momento.

Finalmente, buscamos las propiedades del ABS.

ABS (high-impact, injection molding)				
Datasheet view: All attributes		Show/Hide		
<b>Composition detail (polymers and natural materials)</b>				
Polymer	100	%		
<b>Price</b>				
Price	* 2,15	-	2,54	EUR/kg
Price per unit volume	* 2,17e3	-	2,67e3	EUR/m <sup>3</sup>
<b>Physical properties</b>				
Density	1,01e3	-	1,05e3	kg/m <sup>3</sup>
<b>Mechanical properties</b>				
Young's modulus	1,1	-	2,41	GPa
Yield strength (elastic limit)	18,5	-	40,7	MPa
Tensile strength	30,3	-	43,4	MPa
Elongation	5	-	75	% strain
Compressive modulus	0,963	-	2,06	GPa
Compressive strength	* 31	-	55,2	MPa
Flexural modulus	1,23	-	2,58	GPa
Flexural strength (modulus of rupture)	37,2	-	75,8	MPa
Shear modulus	* 0,366	-	0,856	GPa
Bulk modulus	* 2,77	-	2,91	GPa
Poisson's ratio	0,399	-	0,419	
Shape factor	5,9			
Hardness - Vickers	* 6	-	12	HV
Hardness - Rockwell M	* 56	-	62	
Hardness - Rockwell R	85	-	106	
Fatigue strength at 10 <sup>7</sup> cycles	* 12,1	-	17,4	MPa
Mechanical loss coefficient (tan delta)	* 0,0166	-	0,0388	
<b>Processing properties</b>				
Polymer injection molding	Excellent			
Polymer extrusion	Excellent			
Polymer thermoforming	Excellent			
Linear mold shrinkage	0,4	-	0,9	%
Melt temperature	153	-	274	°C
Mold temperature	50	-	70	°C
Molding pressure range	55	-	172	MPa

**Typical uses**

Safety helmets; Boat hulls; Recreational vehicle bodies and parts; Luggage; Ski boots; Insulated power tools; Furniture; Agricultural parts.

Ilustración 53. Propiedades ABS.

Una vez obtenidas todas las propiedades de los materiales a utilizar o nombrar en este proyecto, podemos empezar a realizar una tabla comparativa de las propiedades de dichos materiales.

A continuación, se expone una tabla donde se encontrarán todas las propiedades de cada material a realizar en este desarrollo del proyecto.

**Tabla III.2.** Tabla comparativa de las propiedades para diferentes materiales.

	<b>FUNDICIÓN GRIS</b>	<b>PA66 + GF 30%</b>	<b>ABS</b>
Módulo de Young (GPa)	66,18	10,3	2,41
Límite elástico (MPa)	160,3	175	40,7
Resistencia a la tracción (MPa)	151,66	173	43,4
Módulo de Poisson	0,27	0,36	0,419
Límite de compresión (MPa)	572,17	138	55,2
Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	7,2	1,51	1,05
Precio (€/Kg)	0,40	4,15	2,54

## III.4. DEFINICIÓN DE CONDICIONES DE CONTORNO.

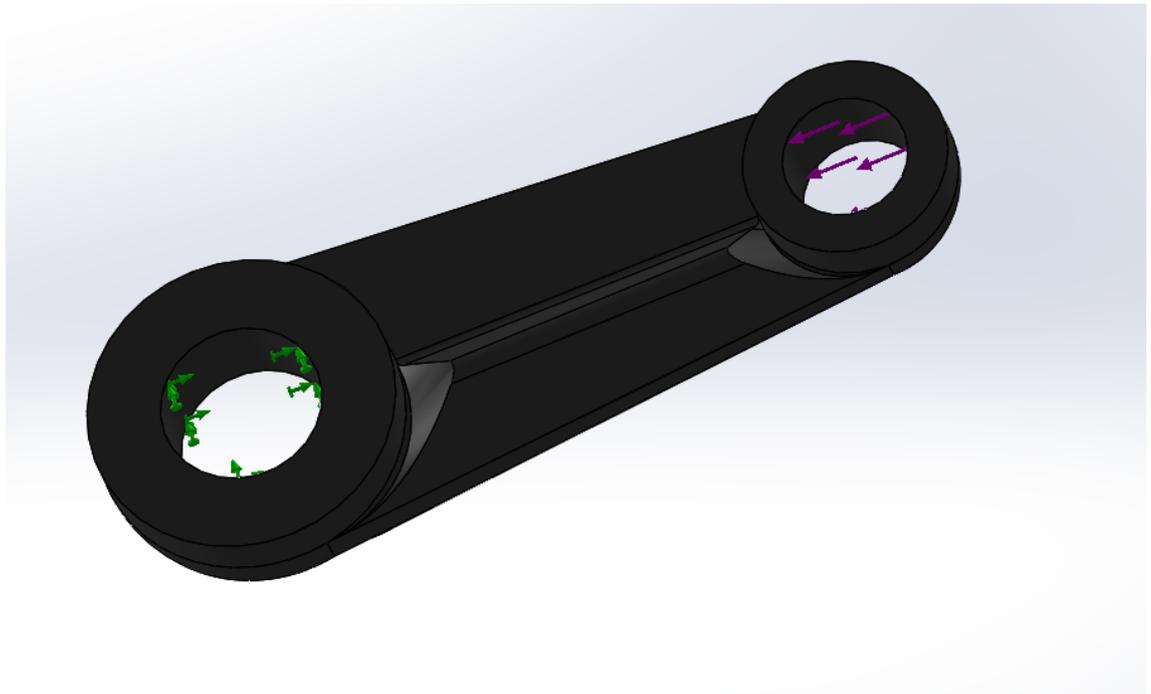
En este punto del proyecto se definen los posibles contactos a los que están sometidos los diferentes componentes, es decir, la bieleta selectora para poder utilizarse tiene que ser actuada por otros elementos del conjunto de caja de cambios. A continuación, se nombran y describen cada uno de ellos.

- **Palanca de cambio:** es la encargada de hacer actuar los otros componentes del conjunto, mediante el conductor del vehículo que será el que actuará dicha palanca.
- **Conjunto de cables o varillaje:** estos están en pleno contacto con la palanca, a través del movimiento realizado actuarán de una forma u otra. En un extremo de estos están en contacto con la palanca mediante unos conectores o grapas. En el otro extremo de estos, están en contacto con la bieleta de cambio y un soporte fijo.
- **Bieleta selectora de caja de cambios manual:** esta pieza es la diseñada en el proyecto, se encarga de actuar sobre los ejes de la caja de cambios mediante el movimiento del conjunto de los componentes nombrados anteriormente. Con este fin se consigue engranar el eje primario con el secundario. Cabe destacar que esta bieleta está acoplada mediante unas grapas plásticas a una pieza acoplada al extremo superior del eje primario.
- **Eje primario:** es el primer eje que consigue un acople mediante la bieleta selectora, gracias a unas horquillas situadas en el interior de la caja de cambio, que están en continuo contacto con el eje.
- **Eje secundario:** este eje está en contacto con el primario mediante unos engranajes locos que solo engañan cuando las horquillas son accionadas.
- **Conjunto diferencial de la caja de cambios:** cuando el eje primario y el secundario están engranados mediante los engranajes correspondientes, se produce una rotación de este que a través de los palieres del vehículo se consigue la puesta en marcha lineal del vehículo.

## III.5. SIMULACIÓN MEDIANTE FEM.

### III.5.1. Estudios estáticos

Los parámetros utilizados para el estudio de los tres rediseños en el estudio estático será el mismo. Para realizar el estudio tenemos que fijar un orificio mediante la opción de sujeción fija, marcada por unas flechas de color verde, y por el otro extremo en el otro orificio le pondremos la opción de fuerza, en la cual le aplicaremos una fuerza de 60 N en la dirección seleccionada para que pueda realizar las operaciones correctamente. Podemos observar que la fuerza se representa de color morado.



*Ilustración 54. Sujeción fija y dirección fuerza.*

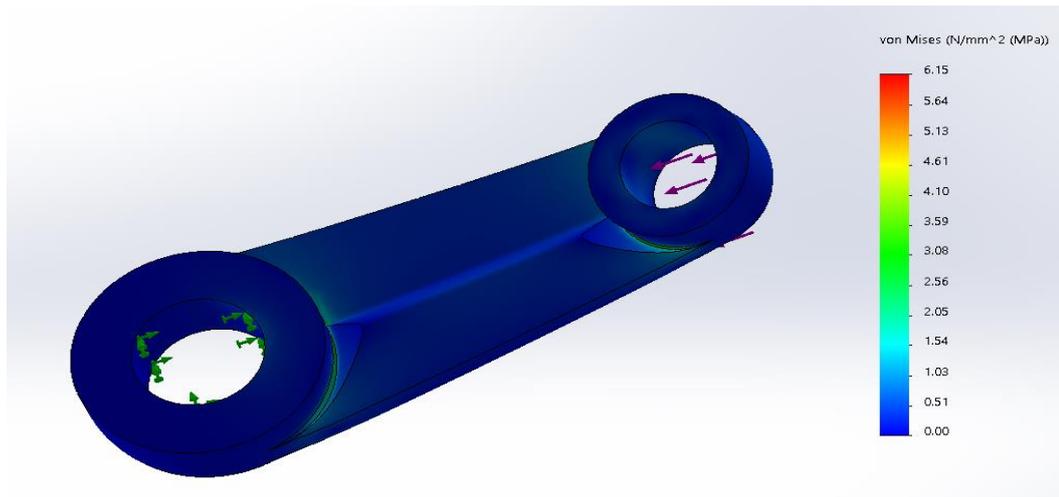
De cada uno de los tres modelos, se adjunta una imagen de la tensión de Von Mises, una de las deformaciones unitarias y otra del factor de seguridad, sobre el cual observaremos el sobredimensionamiento de la pieza, en este caso se ha aplicado un factor de seguridad de 1,2.

En las imágenes también observaremos una escala de colores, la cual nos indicara las zonas de máximo y mínimo valor.

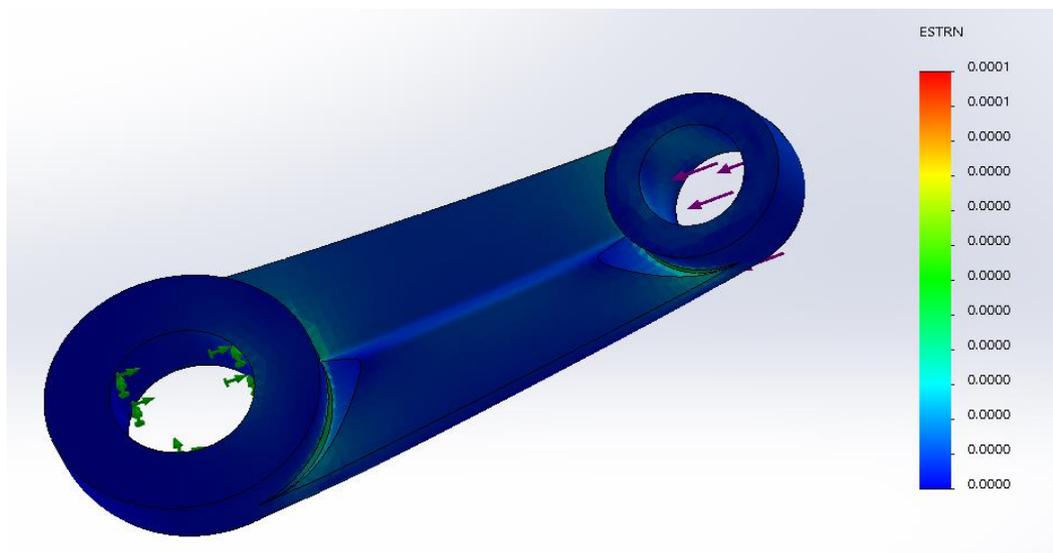
### III.5.1.1. Pieza real

- Resultados con el material Fundición gris.

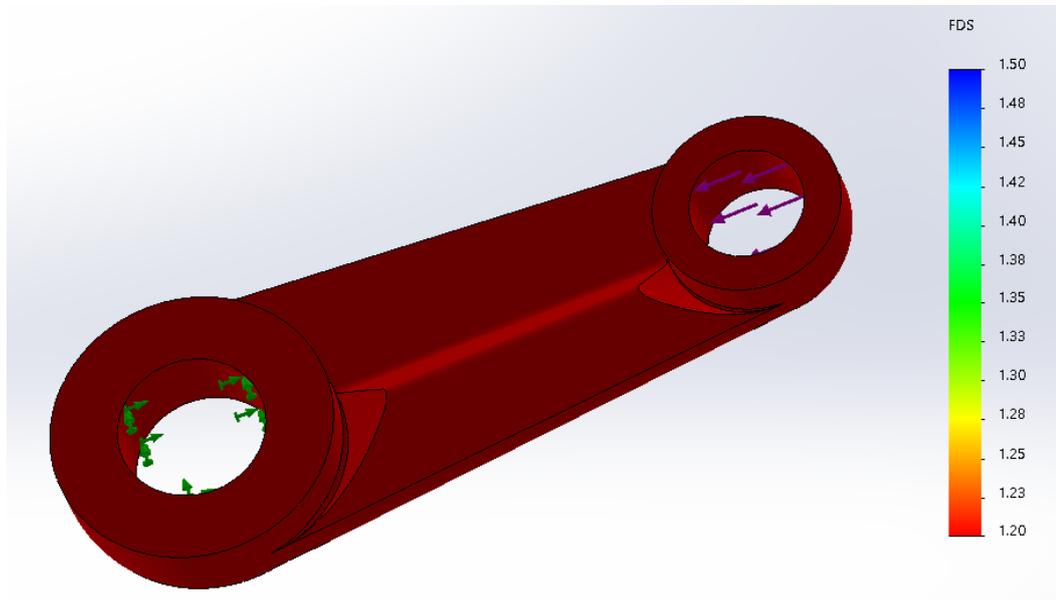
#### Tensiones de Von Mises:



#### Deformaciones unitarias:

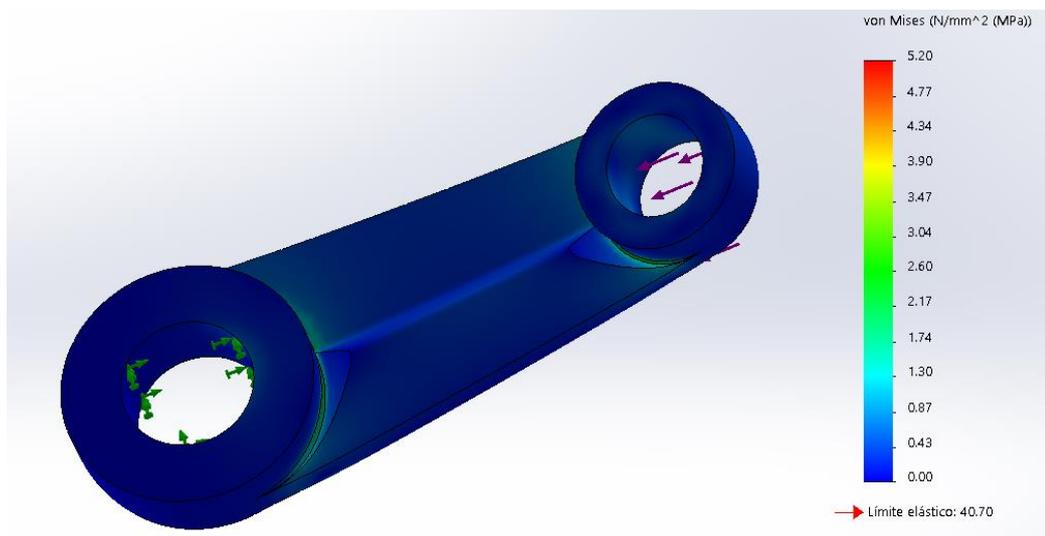


**Factor de seguridad:**

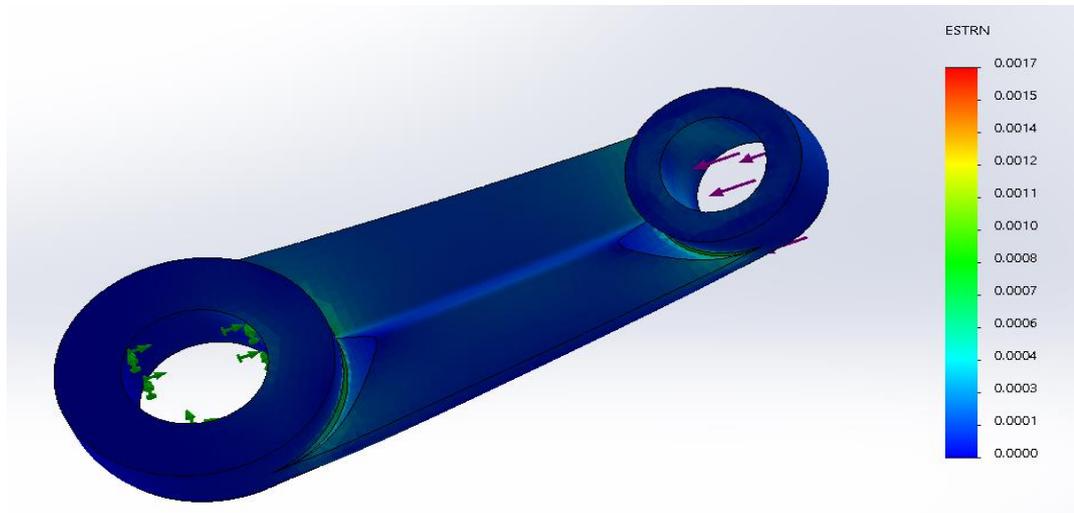


- Resultados con el material ABS.

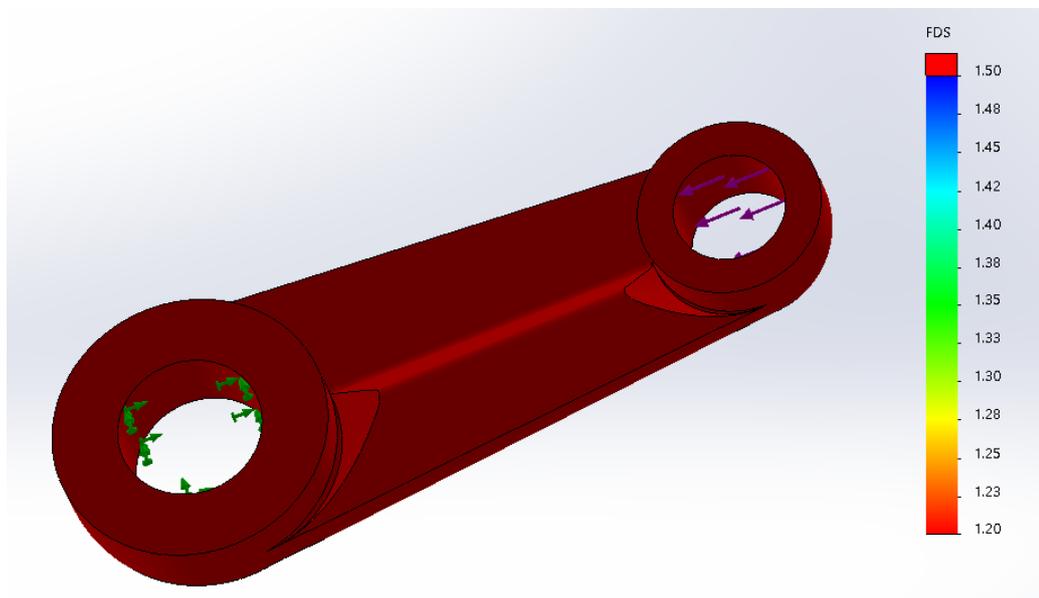
**Tensiones de Von Mises:**



**Deformaciones unitarias:**

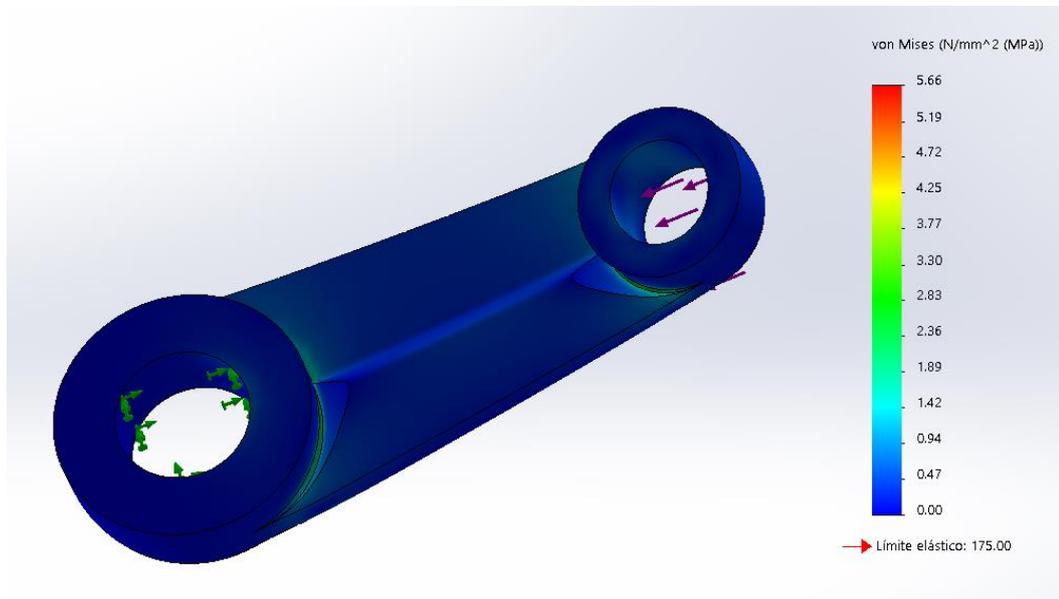


**Factor de seguridad:**

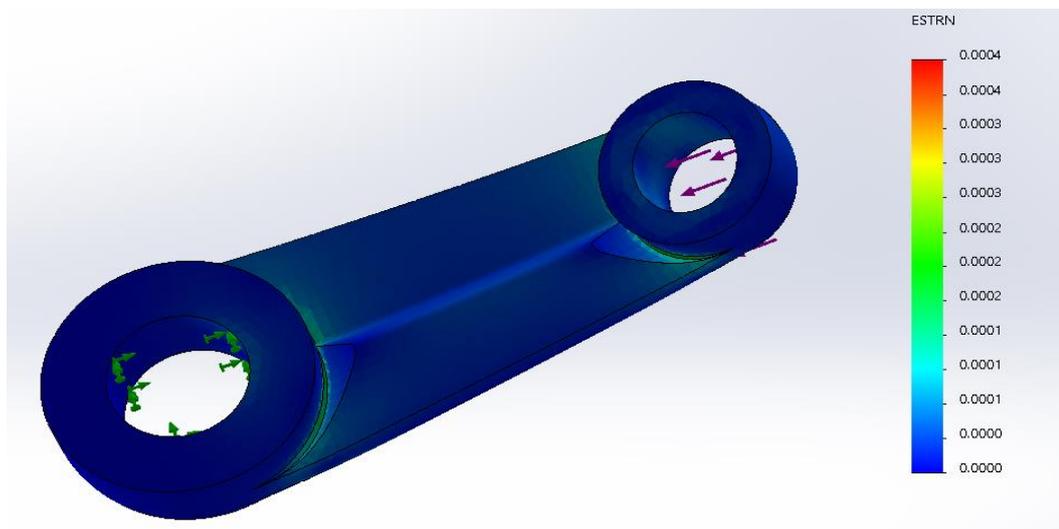


- Resultados con el material PA66+GF30%.

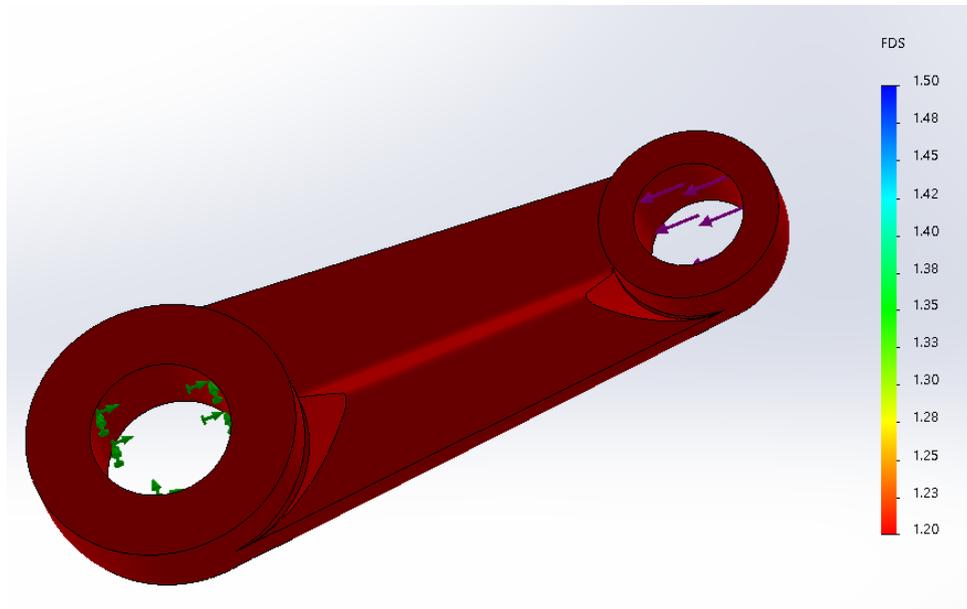
**Tensiones de Von Mises:**



**Deformaciones unitarias:**



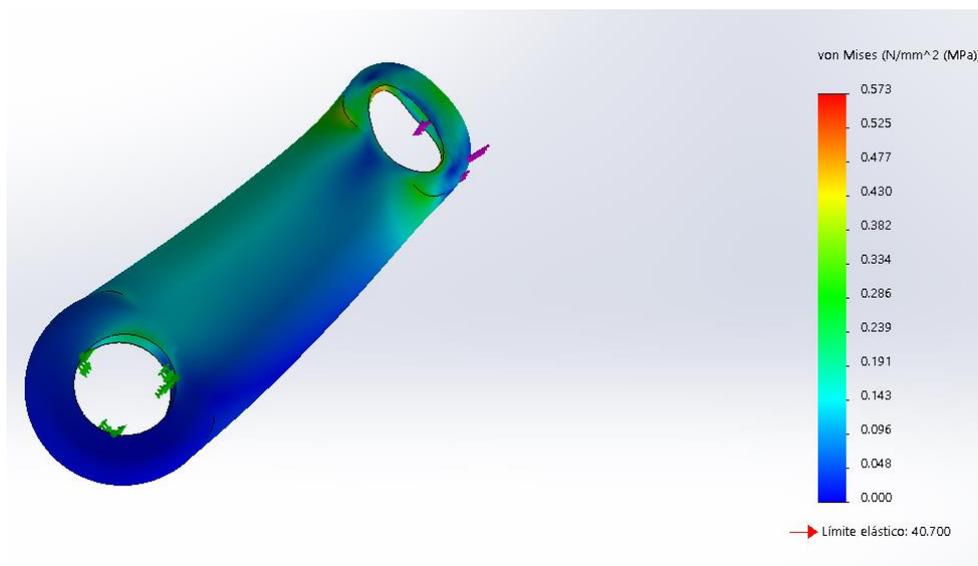
**Factor de seguridad:**



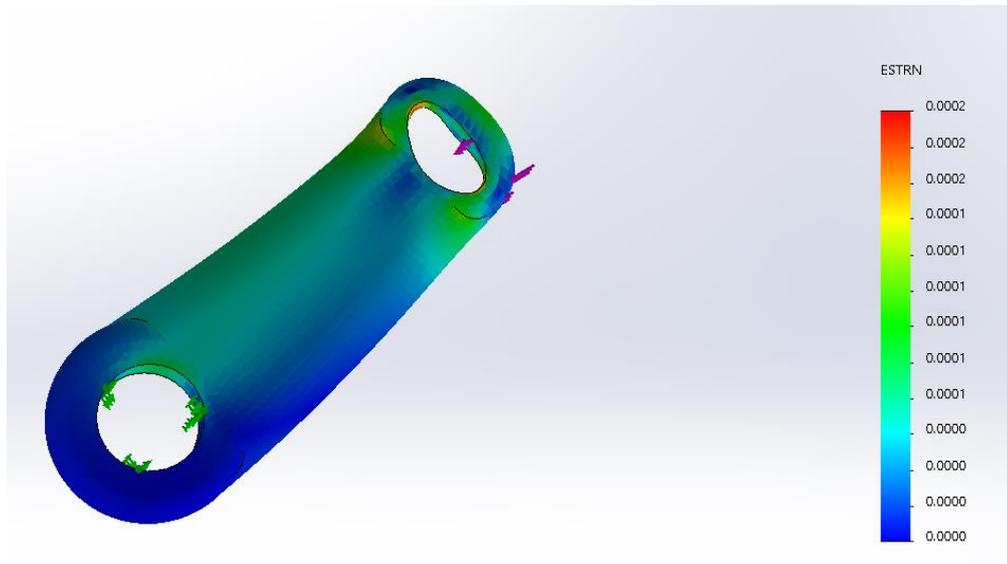
**III.5.1.2. Pieza 1**

- Resultados con el material ABS.

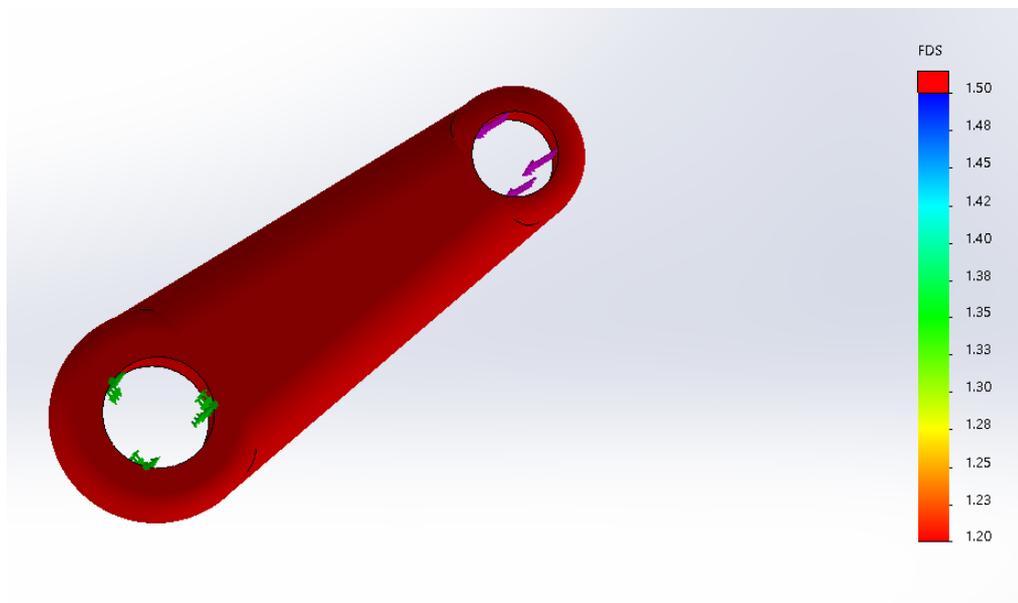
**Tensiones de Von Mises:**



**Deformaciones unitarias:**

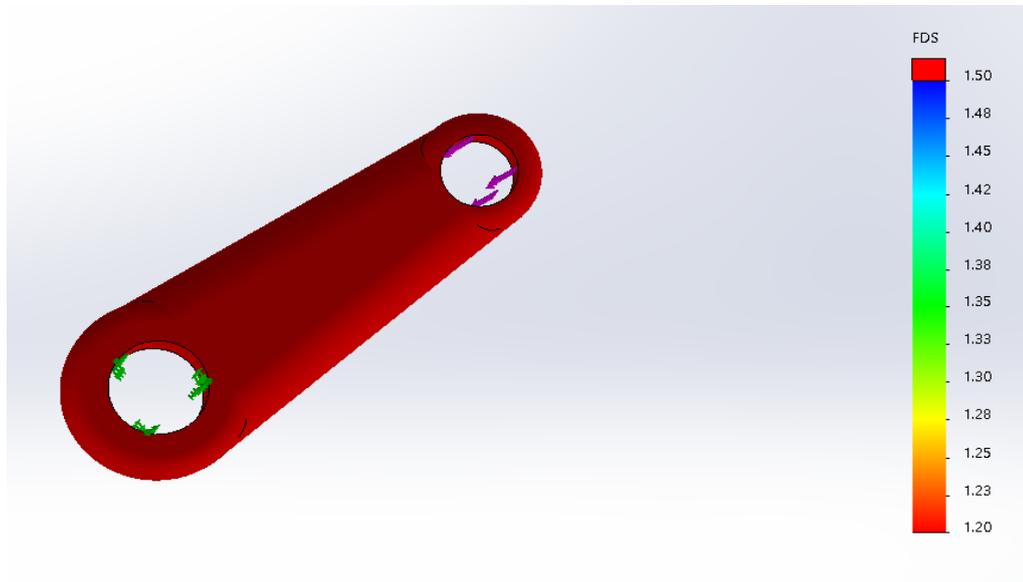


**Factor de seguridad:**





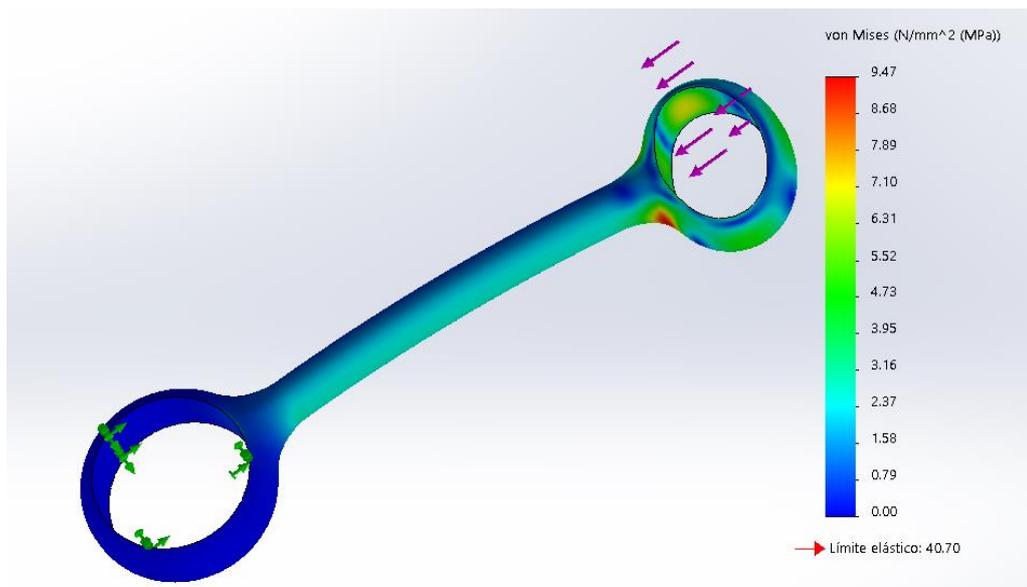
**Factor de seguridad:**



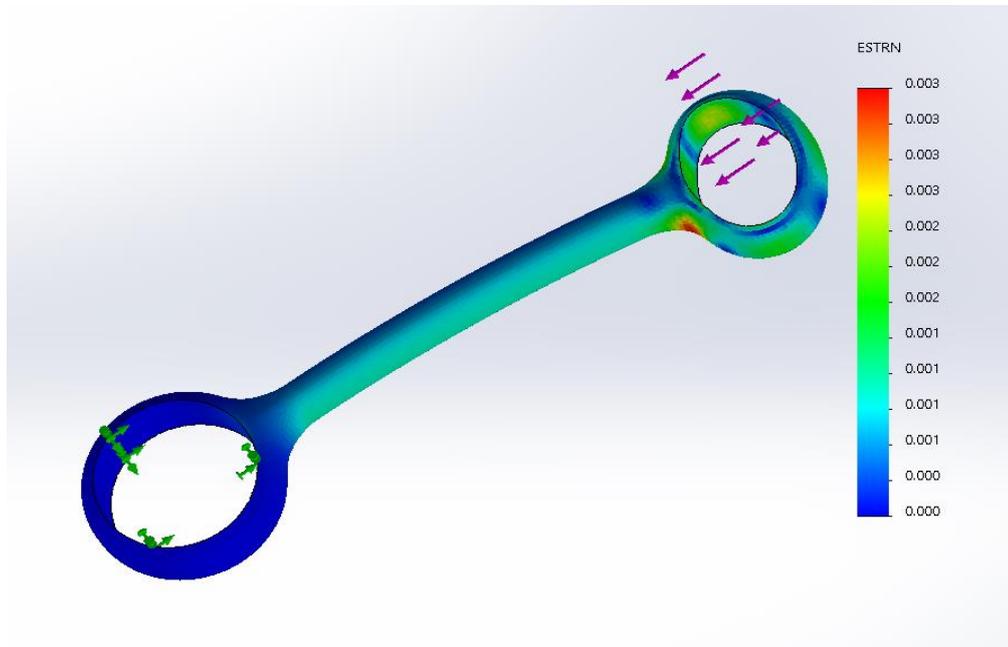
**III.5.1.3. Pieza 2**

- Resultados con el material ABS.

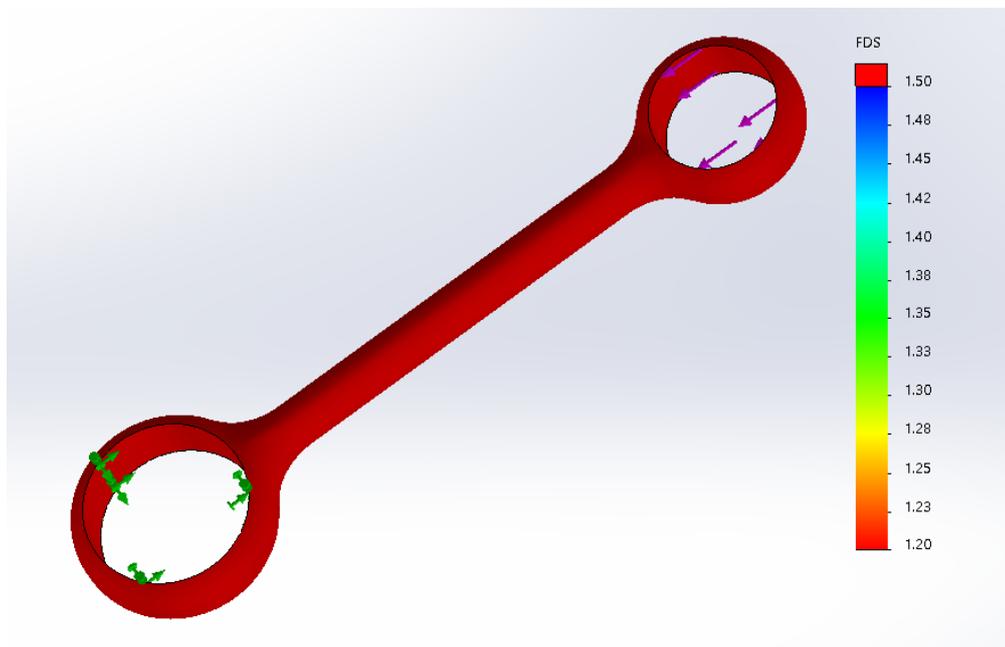
**Tensiones de Von Mises:**



**Deformaciones unitarias:**

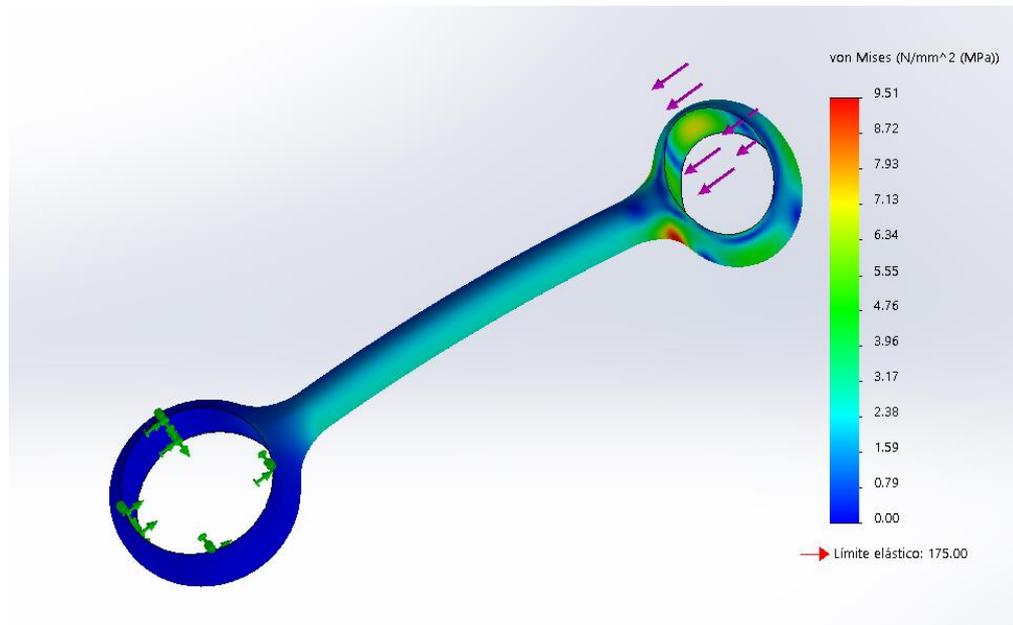


**Factor de seguridad:**

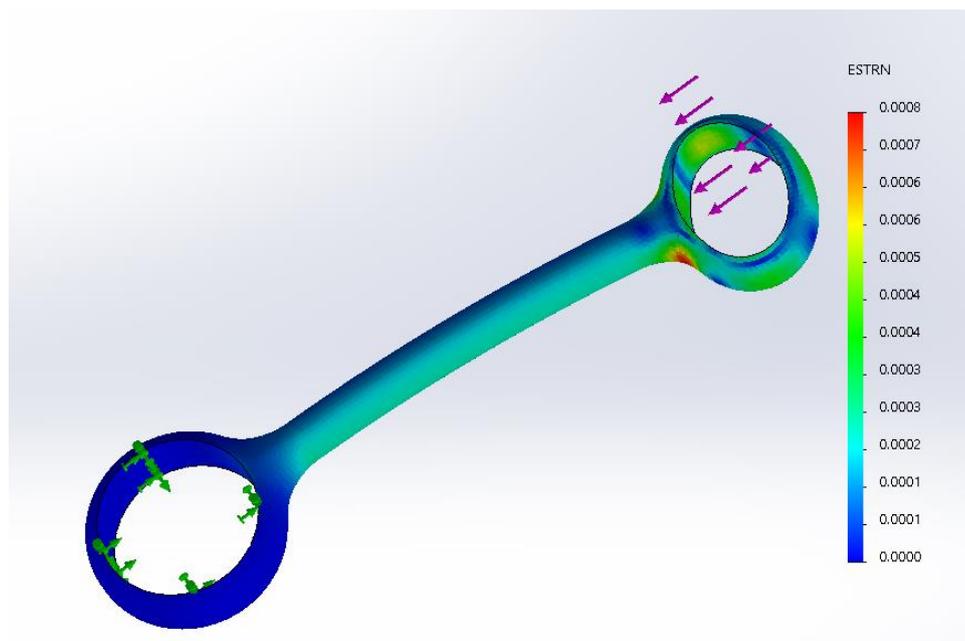


- Resultados con el material PA66+GF30%.

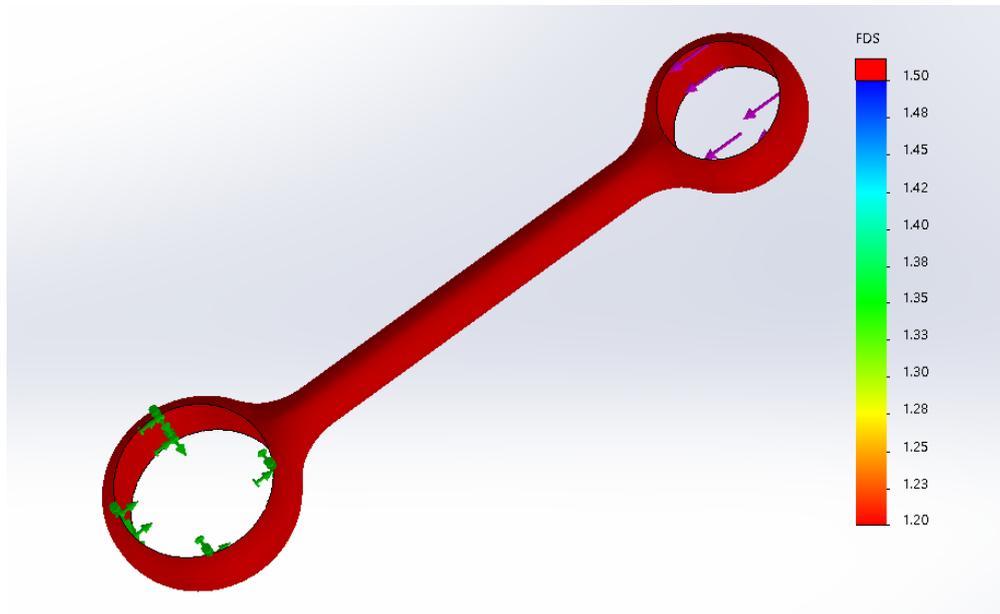
### Tensiones de Von Mises:



### Deformaciones unitarias:



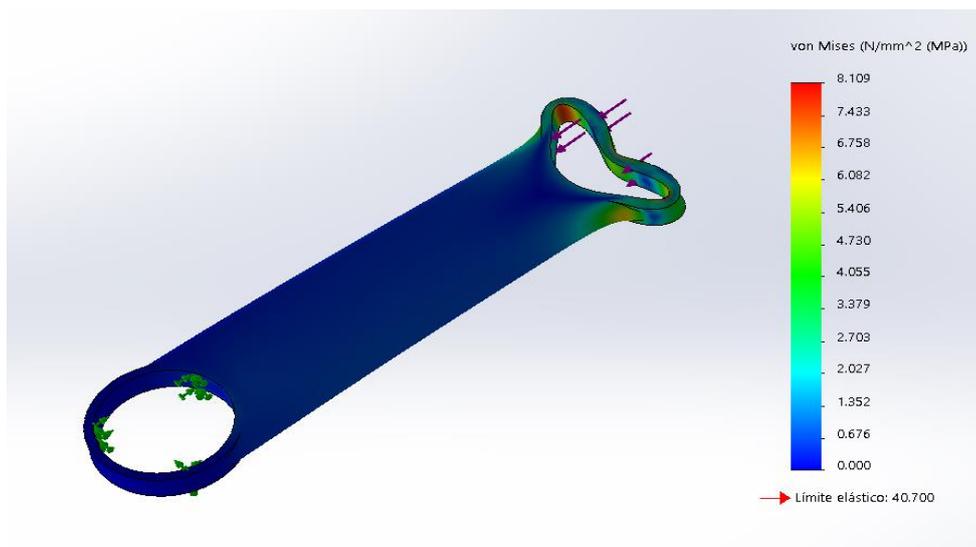
**Factor de seguridad:**



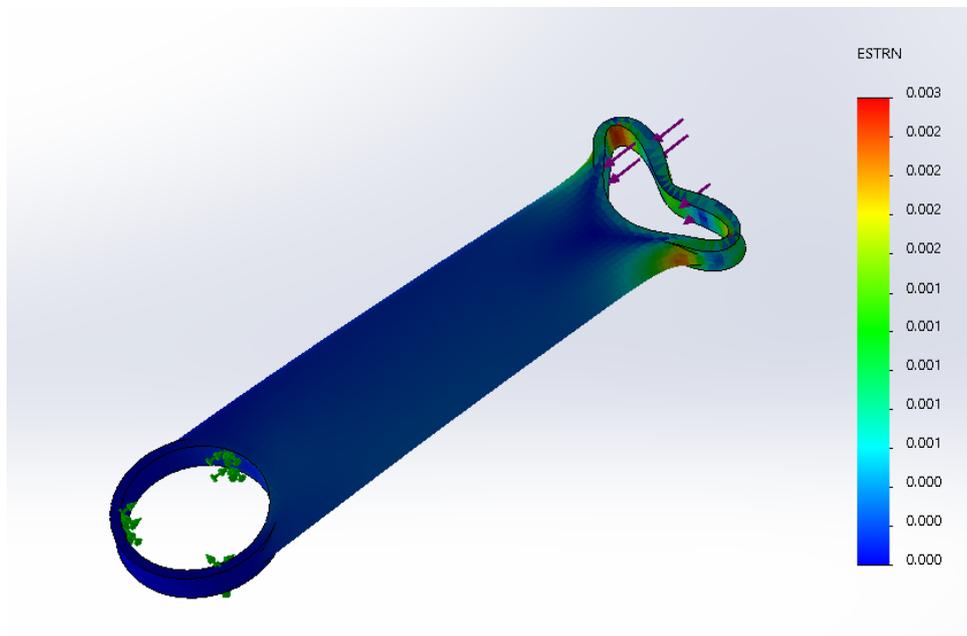
**III.5.1.4. Pieza 3**

- Resultados con el material ABS.

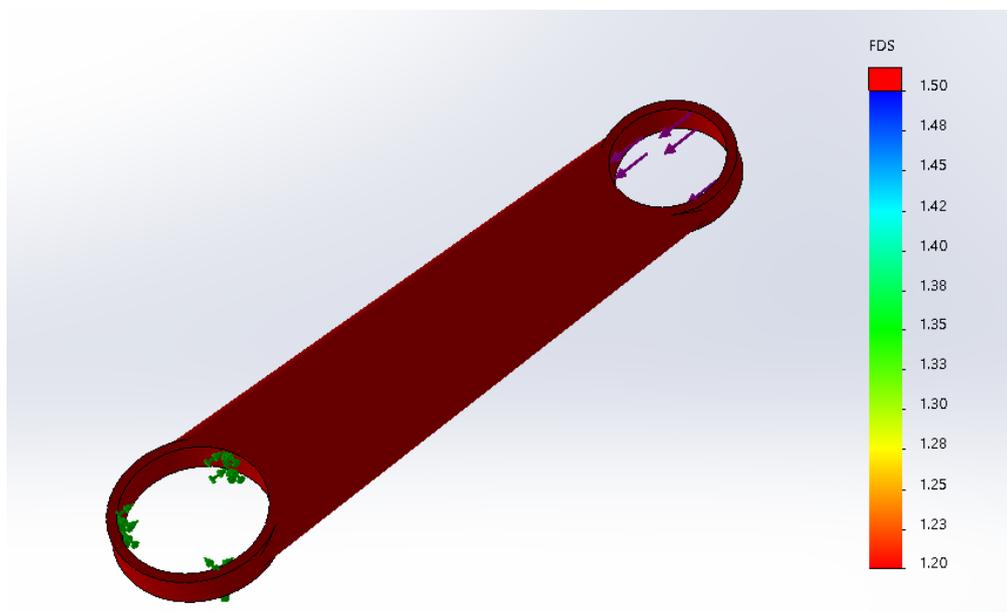
**Tensiones de Von Mises:**



Deformaciones unitarias:

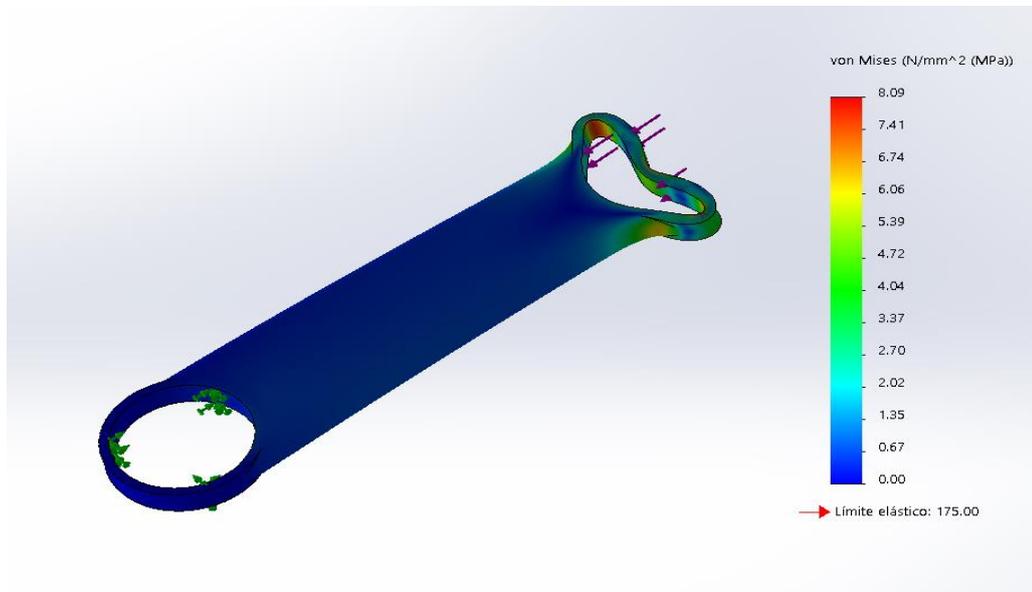


Factor de seguridad:

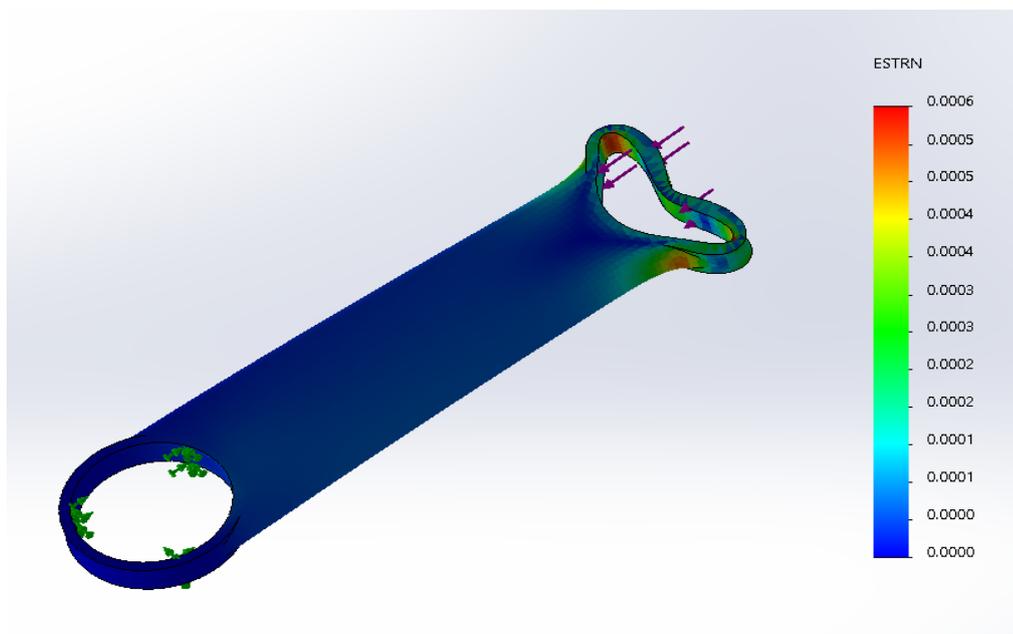


- Resultados con el material PA66+GF30%.

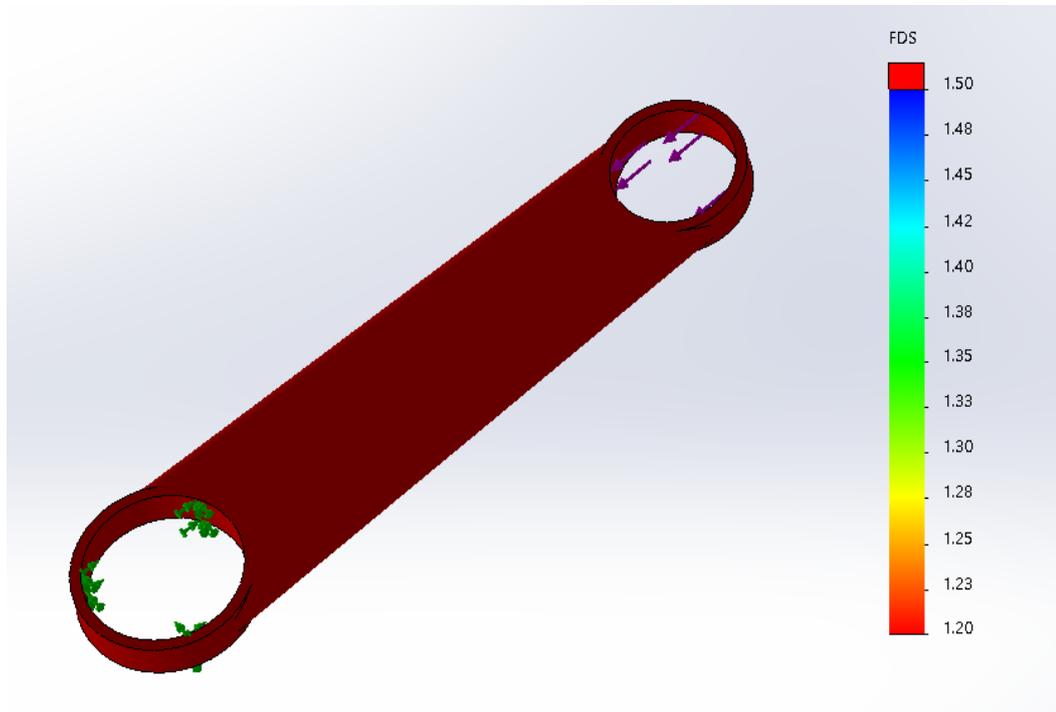
**Tensiones de Von Mises:**



**Deformaciones unitarias:**



### Factor de seguridad:



### Comparación de los resultados obtenidos:

Una vez obtenidos los resultados, se procede a realizar una tabla comparativa, cabe recordar que solo se utiliza la fundición gris para la pieza real, ya que el propósito es eliminar este material para los rediseños.

En la tabla se indicarán los valores de Von Mises, los valores de las deformaciones unitarias y también los valores del factor de seguridad. Todos ellos con sus respectivas unidades de medida.

**Tabla III.3.** Tabla comparativa de las propiedades del estudio estático.

<b>FUNDICIÓN GRIS</b>	<b>PIEZA REAL</b>	<b>PIEZA 1</b>	<b>PIEZA 2</b>	<b>PIEZA 3</b>
Von Mises (MPa)	4,10	-	-	-
Límite elástico máximo 420 (MPa)				
Deformación unitaria (mm)	0	-	-	-
Factor de seguridad	1,20	-	-	-
<b>ABS</b>				
Von Mises (MPa)	2,60	0,48	9,47	8,11
Límite elástico máximo 40,7 (MPa)				
Deformación unitaria (mm)	0,001	0,002	0,003	0,003
Factor de seguridad	1,20	1,20	1,20	1,20
<b>PA66+GF30%</b>				
Von Mises (MPa)	3,30	0,52	9,51	8,09
Límite elástico máximo 175 (MPa)				
Deformación unitaria (mm)	0,0002	0,0001	0,0008	0,0006
Factor de seguridad	1,20	1,20	1,20	1,20

### III.5.2. Estudios de fatiga

Para realizar este estudio de fatiga se necesita hacer previamente el estudio estático. También se necesita saber el número de ciclos al cual estará sometida la pieza para poder realizar correctamente el estudio. Para averiguar el número de ciclos se utiliza la siguiente fórmula:

$$\mathbf{N^{\circ} Mov * Días * Años = N^{\circ} Ciclos}$$

Siendo:

- **N.º Mov** = este valor es orientativo, se elige el valor de 165 movimientos diarios de palanca de cambios porque parece una cifra bastante coherente, es una media.
- **Días**= días que tiene el año.
- **Años**= una media de años que puede durar un vehículo.

Por lo tanto, obtenemos la siguiente cifra:

$$\mathbf{165 * 365 * 10 = N^{\circ} Ciclos}$$



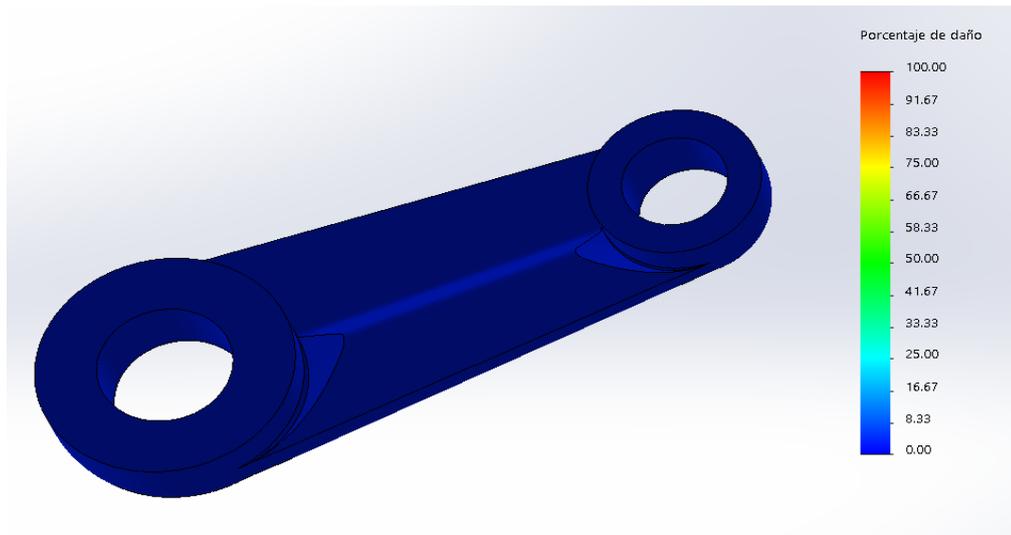
$$\mathbf{600.000 = N^{\circ} Ciclos}$$

Así se tiene el número de ciclos para aplicar al estudio de fatiga.

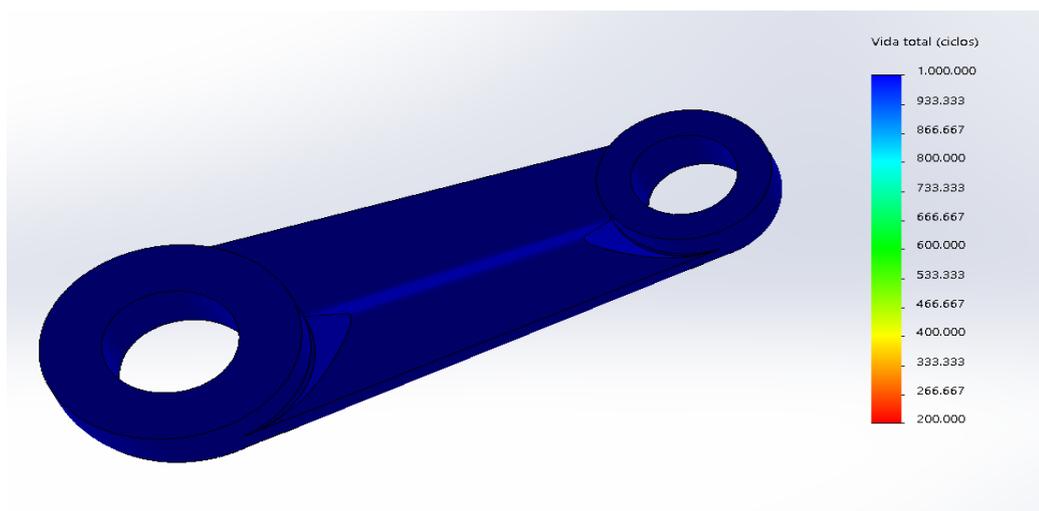
### III.5.2.1. Pieza real

- Resultados con el material Fundición gris.

#### Daño:

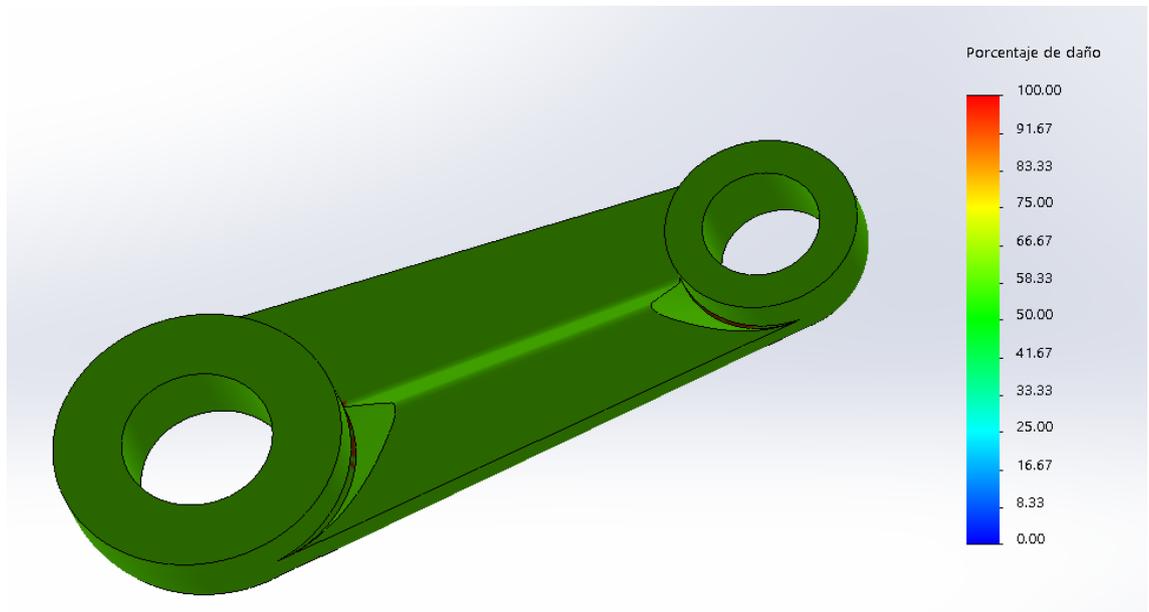


#### Vida:

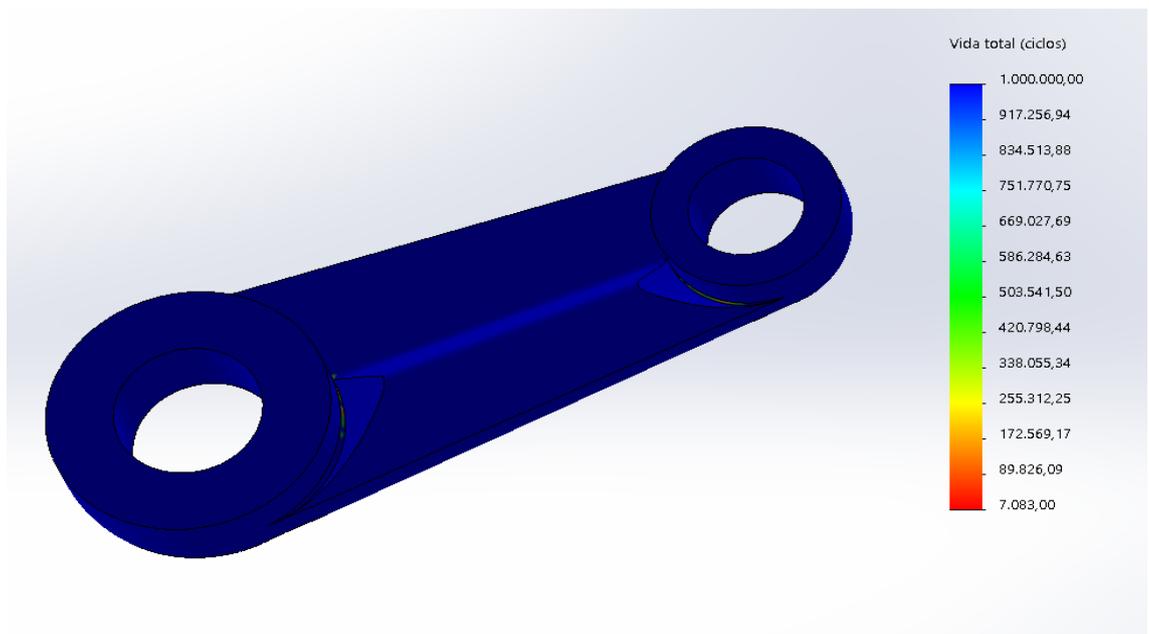


- Resultados con el material ABS.

**Daño:**

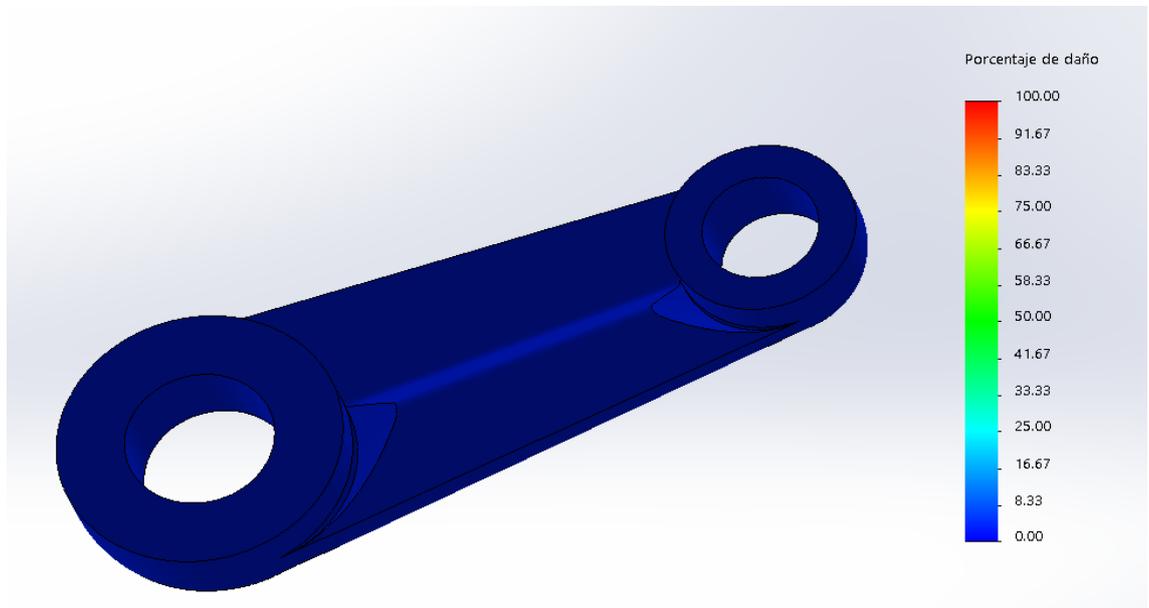


**Vida:**

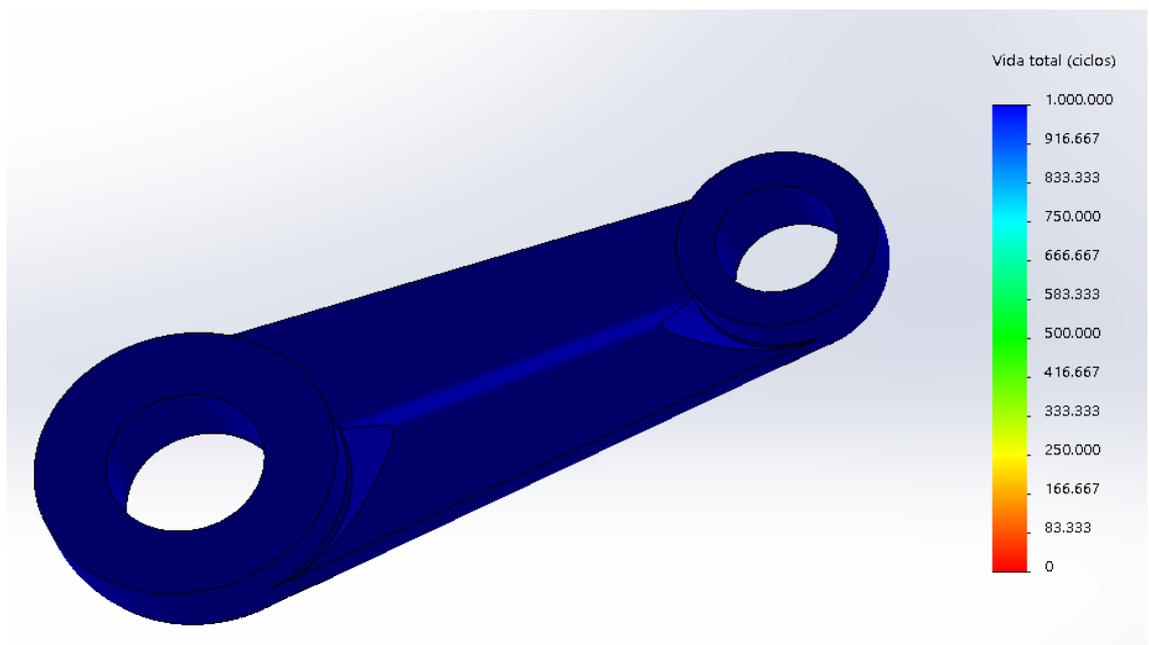


- Resultados con el material PA66+GF30%.

**Daño:**



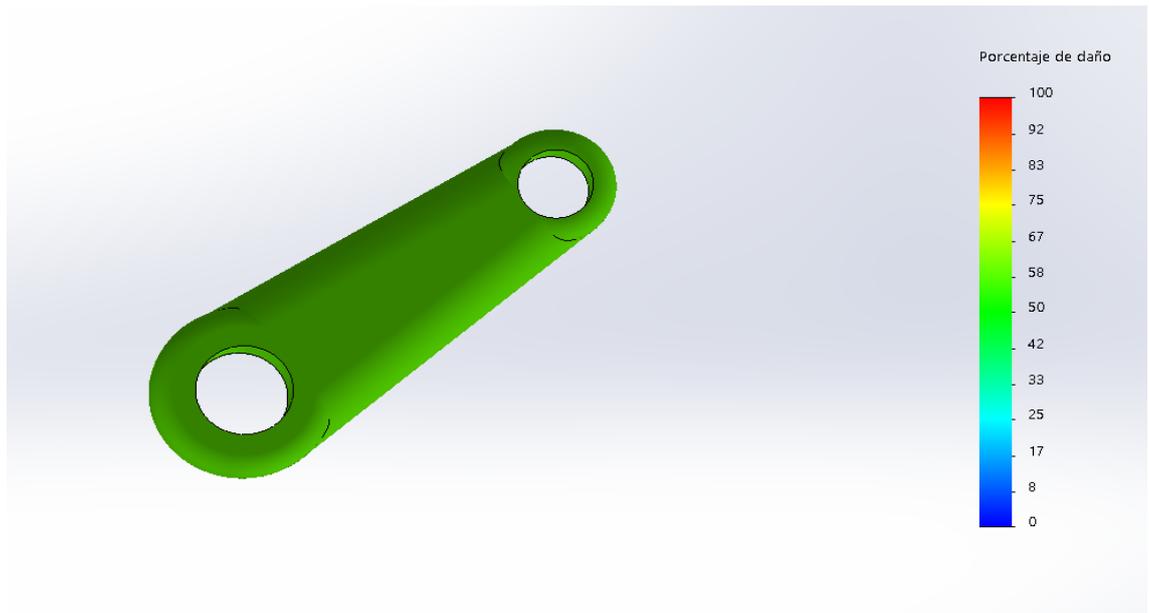
**Vida:**



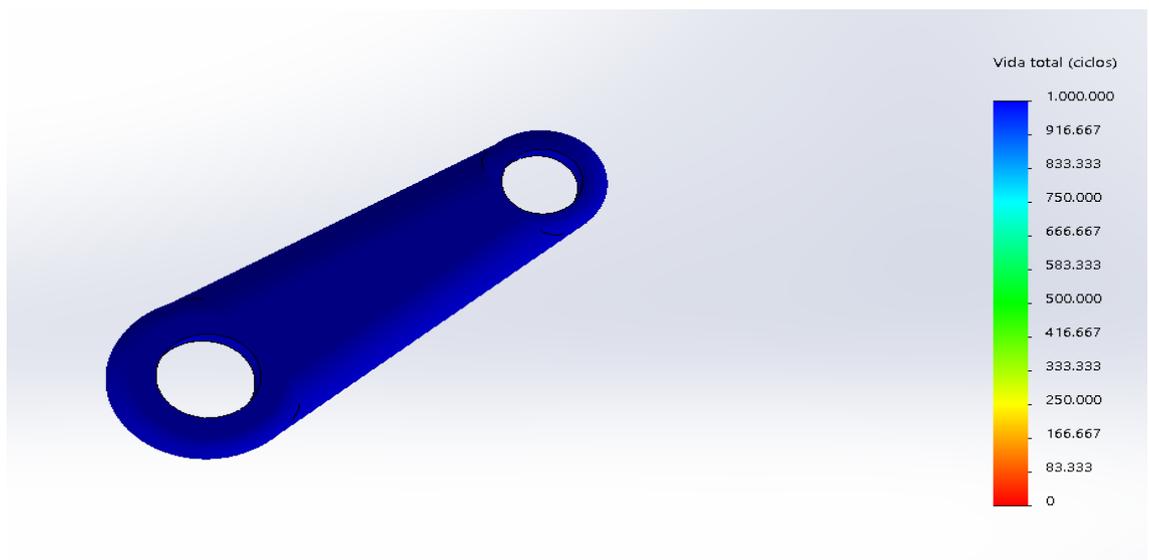
### III.5.2.2. Pieza 1

- Resultados con el material ABS.

#### Daño:

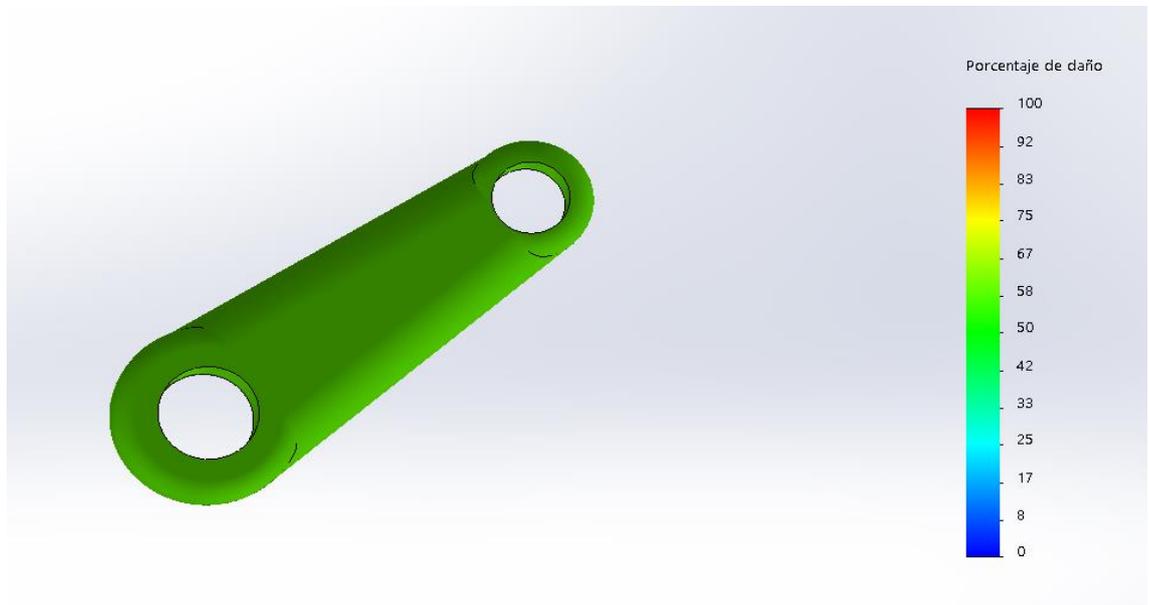


#### Vida:

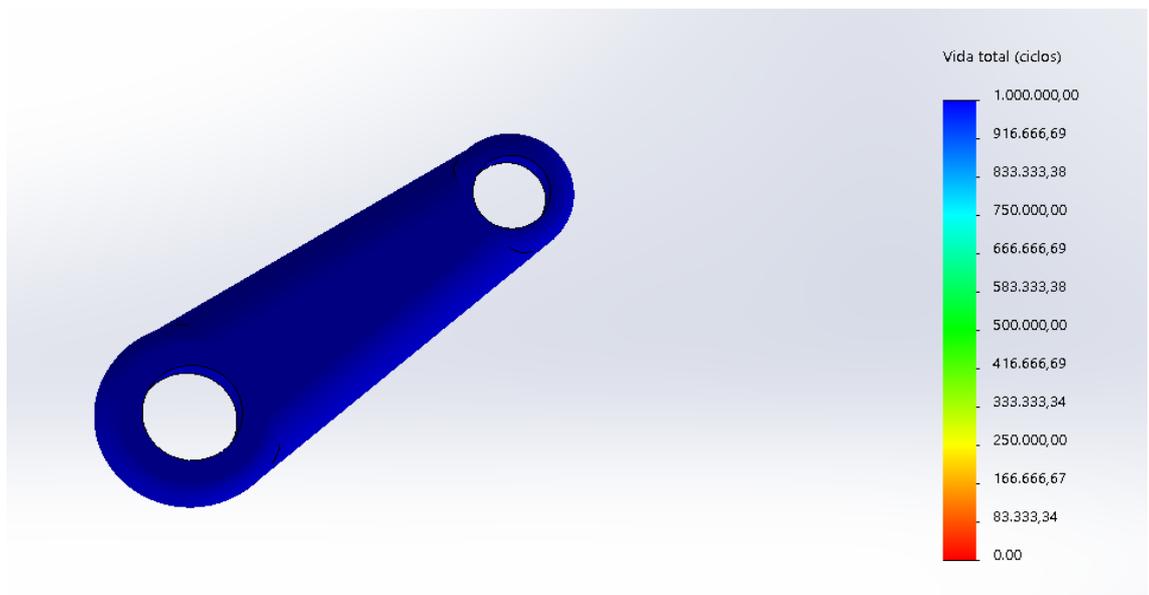


- Resultados con el material PA66+GF30%.

**Daño:**



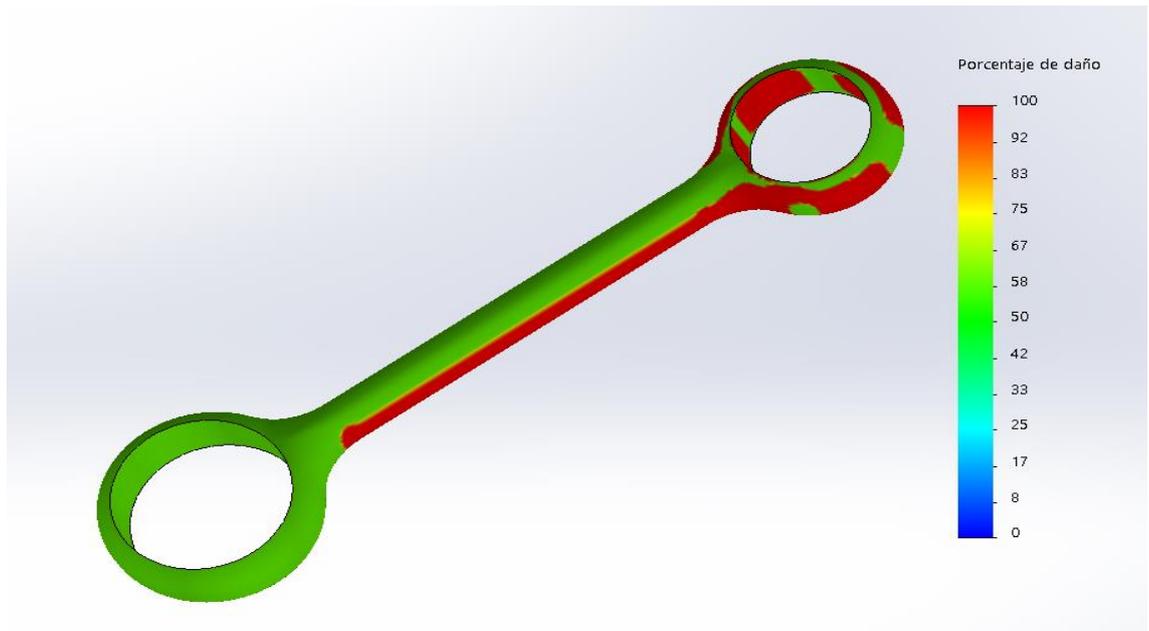
**Vida:**



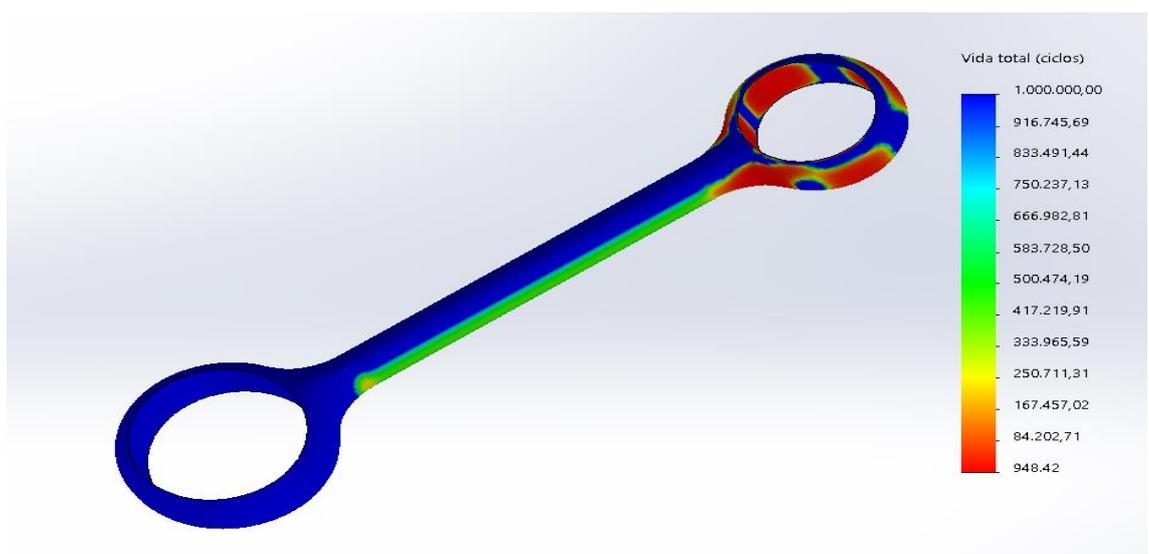
### III.5.2.3. Pieza 2

- Resultados con el material ABS.

#### Daño:

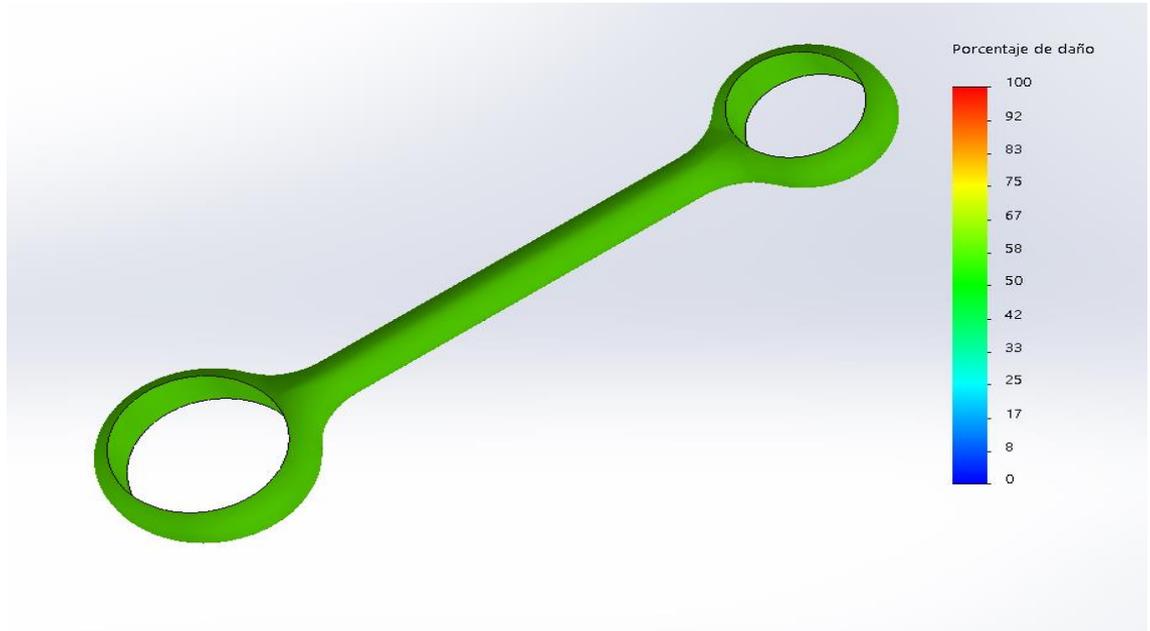


#### Vida:

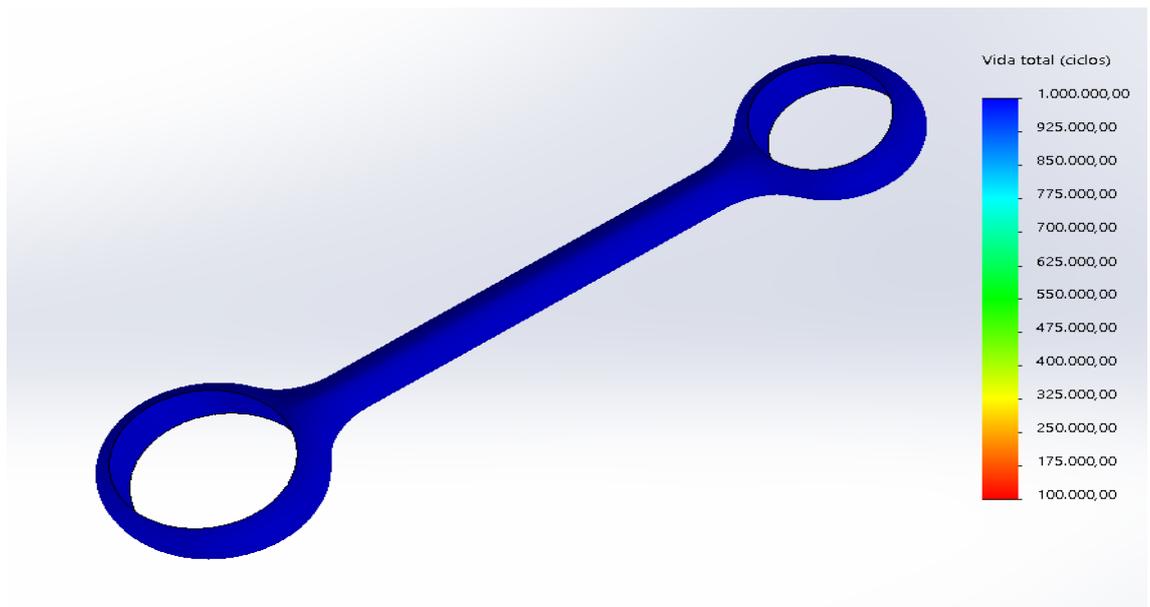


- Resultados con el material PA66+GF30%.

**Daño:**



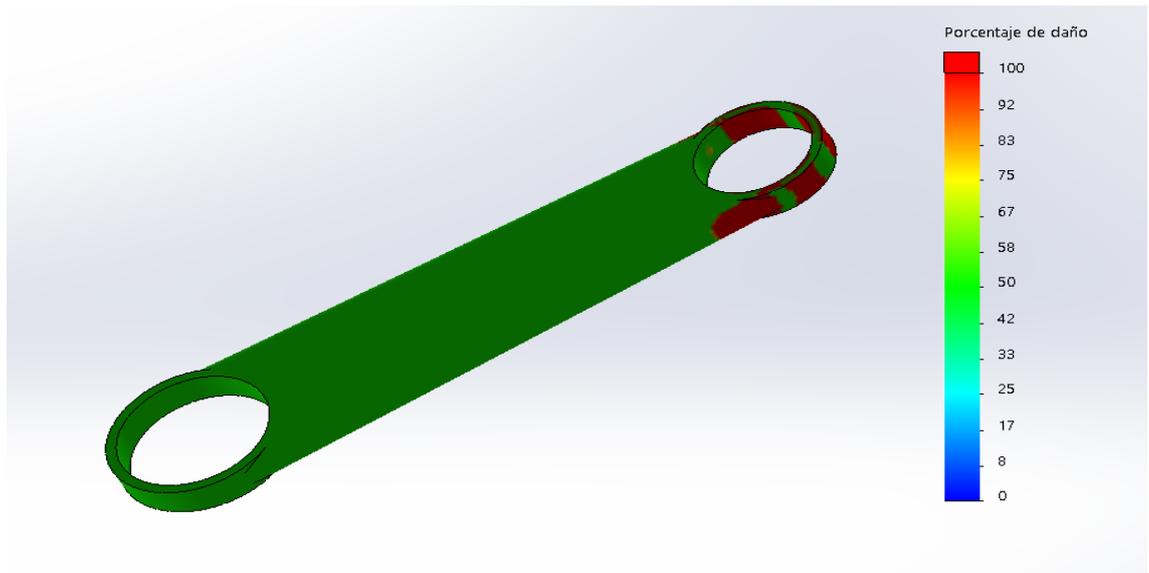
**Vida:**



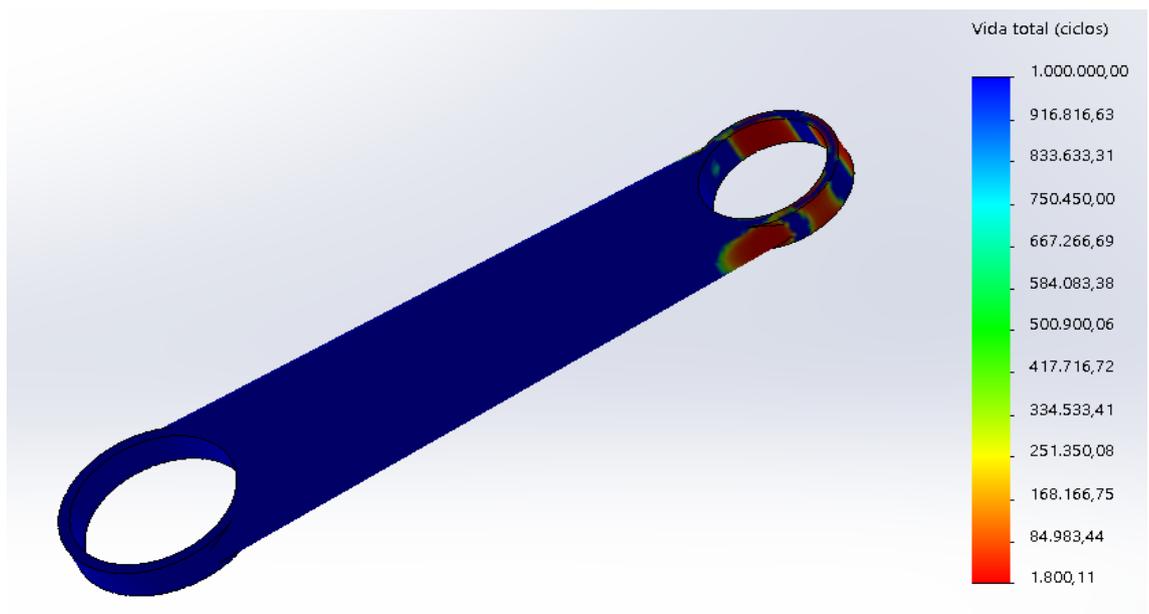
### III.5.2.4. Pieza 3

- Resultados con el material ABS.

#### Daño:

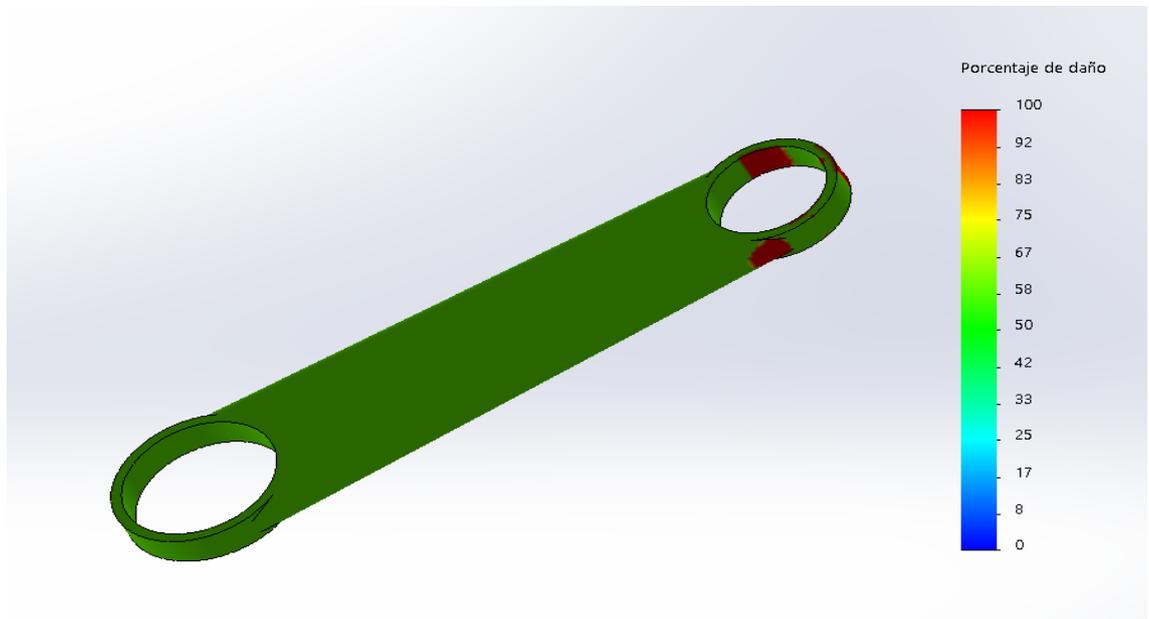


#### Vida:

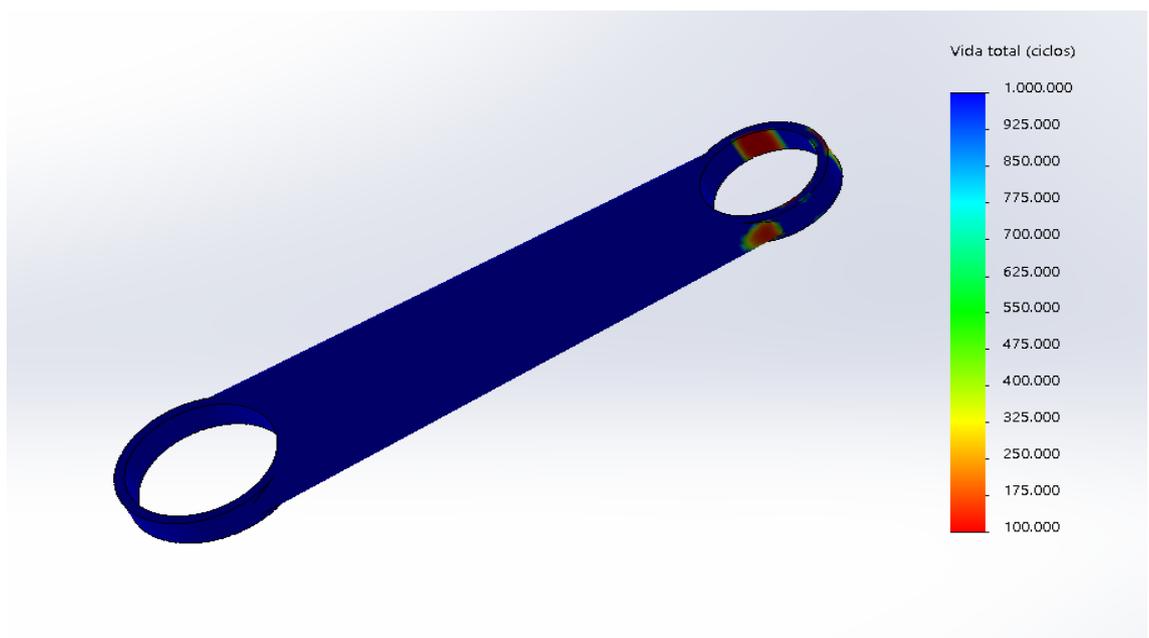


- Resultados con el material PA66+GF30%.

**Daño:**



**Vida:**



### Comparación de los resultados obtenidos:

Una vez obtenidos los resultados, se procederá a realizar una tabla comparativa, cabe recordar que solo se utiliza la fundición gris para la pieza real, ya que el propósito es eliminar este material para los rediseños.

En la tabla se indican los valores de Fatiga y Daño.

**Tabla III.4.** Tabla comparativa de los resultados obtenidos después del estudio de fatiga.

<b>Fundición gris</b>	<b>Pieza real</b>	<b>Pieza 1</b>	<b>Pieza 2</b>	<b>Pieza 3</b>
Daño (%)	0	-	-	-
Vida (Ciclos)	+ 1.000.000	-	-	-
<b>ABS</b>				
Daño (%)	50	50	80	90
Vida (Ciclos)	+ 1.000.000	+ 1.000.000	167.500	85.000
<b>PA66+GF30%</b>				
Daño (%)	0	50	50	80
Vida (Ciclos)	+ 1.000.000	+ 1.000.000	+ 1.000.000	250.000

## III.6. DISEÑO FINAL.

En este apartado se elige el diseño final del rediseño, para ello se realizan unas tablas comparativas con las características más importantes, se he añadido la masa en kg de las piezas y el coste en euros.

El precio en euros de cada material se obtiene de la base de datos del programa CES edupack, para los diferentes materiales y que son los siguientes:

- **Fundición gris:** 0,403€/Kg
- **ABS:** 2,54 €/Kg
- **PA66+GF30 % :** 4,15€/Kg

**Tabla III.5.** Resumen de las características más importantes de la pieza real.

PIEZA	MATERIAL	VIDA (CICLOS)	DAÑO (%)	MASA (Kg)	COSTE (€)
Pieza real	Fundición gris	+ 1.000.000	0	0,366	0,147
	ABS	+ 1.000.000	50	0,053	0,135
	PA66+GF30%	+ 1.000.000	0	0,077	0,319

**Tabla III.6.** Resumen de las características más importantes de la pieza 1.

PIEZA	MATERIAL	VIDA (CICLOS)	DAÑO (%)	MASA (Kg)	COSTE (€)
Pieza 1	ABS	+ 1.000.000	50	0,062	0,157
	PA66+GF30%	+ 1.000.000	50	0,089	0,369

**Tabla III.7.** Resumen de las características más importantes de la pieza 2.

PIEZA	MATERIAL	VIDA (CICLOS)	DAÑO (%)	MASA (Kg)	COSTE (€)
Pieza2	ABS	167.500	80	0,006	0,015
	PA66+GF30%	+ 1.000.000	50	0,008	0,033

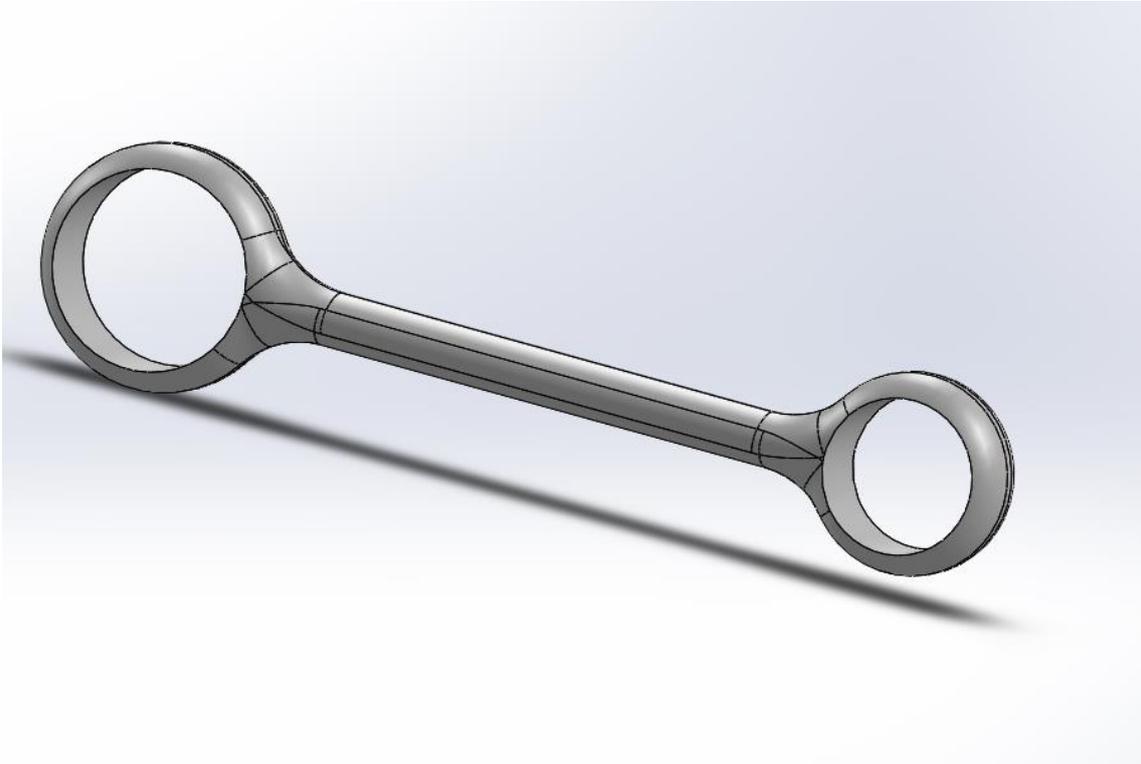
**Tabla III.8.** Resumen de las características más importantes de la pieza 3.

PIEZA	MATERIAL	VIDA (CICLOS)	DAÑO (%)	MASA (Kg)	COSTE (€)
Pieza3	ABS	85.000	90	0,009	0,023
	PA66+GF30%	250.000	80	0,013	0,054

Una vez realizadas las tablas y comparar todos los factores de cada pieza, se puede empezar a elegir la pieza con la cual nos quedaríamos para poder continuar el proyecto.

En este caso, la pieza 2 del material PA66+GF30% es la más adecuada, ya que se consigue un peso reducido de ésta con un valor de 0,008 Kg, una vida superior a 1.000.000 de ciclos, un daño del 50% pero que no afecta en ningún momento a la pieza ya que no llega nunca al límite elástico y por lo tanto es casi imposible su rotura. Y por último su bajo coste por pieza, 0,033 € es decir, con un Kg de material a un precio de 4,15 €, podemos fabricar 125.000 piezas. La segunda opción sería la pieza real, pero de PA66+GF30%, este tiene menor daño, pero mayor precio y mayor peso, pero aun así sería una buena opción.

Seguidamente se adjunta una imagen de la pieza elegida con su material PA66+GF30%.



*Ilustración 55. Pieza óptima final.*

## III.7. FABRICACIÓN Y ESTUDIO ECONÓMICO.

Para decidirse por el método de fabricación en el cual vamos a realizar nuestra pieza, voy a tener en cuenta un estudio económico que engloba la fabricación como el precio material de esta, para ello vamos a ayudarnos del programa CES edupack, ya que nos proporciona la opción de realizarnos un estudio económico y también nos proporciona el tipo de proceso en el cual podemos realizar la pieza. Para ello vamos a observar unas pequeñas pautas a seguir:

Una vez dentro del programa pulsamos sobre el recuadro donde pone Polymer.

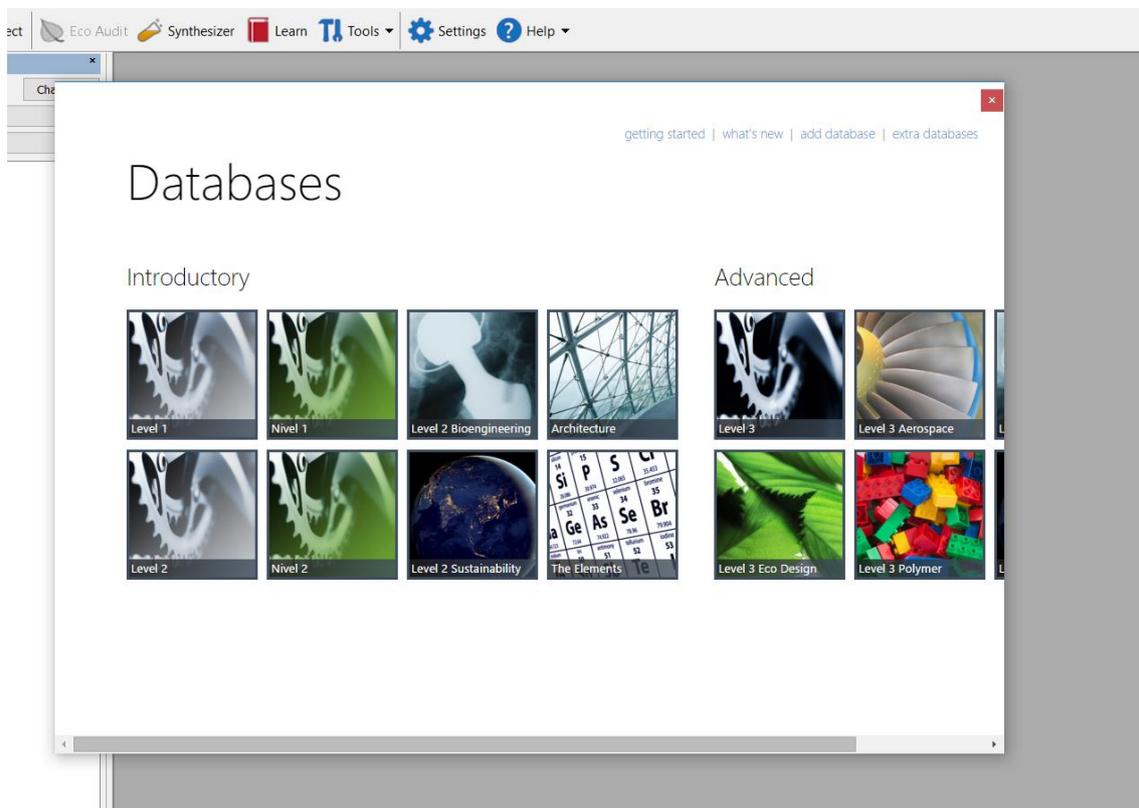


Ilustración 56. Programa CES edupack.

Seleccionamos el tipo de material en nuestro caso PA66+GF30%.

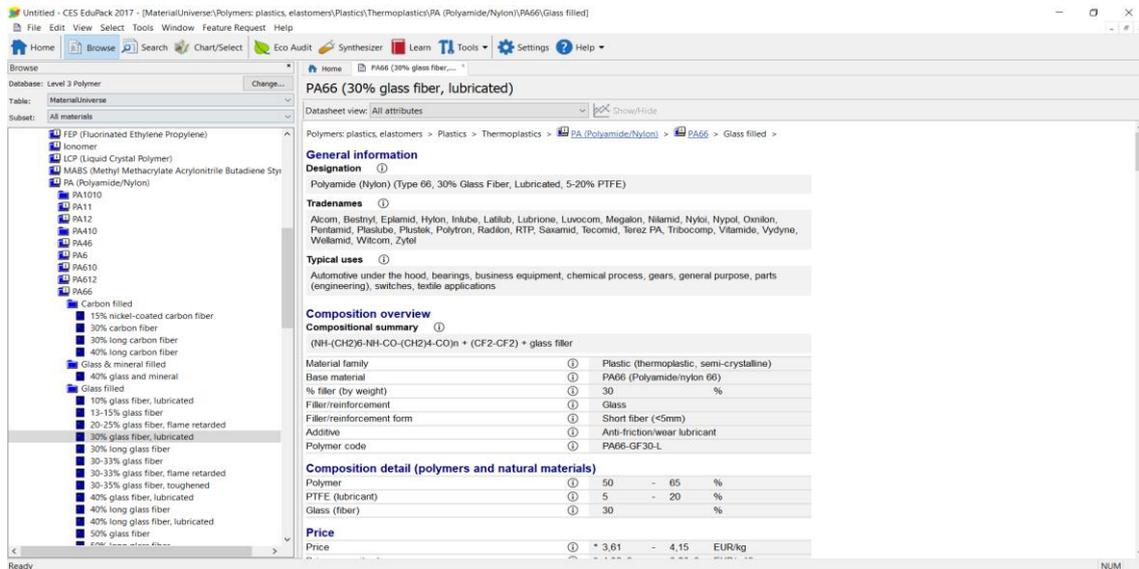


Ilustración 57. Ventana de material.

Y en la opción de sintetizar nos permitirá establecer los valores a estudiar.

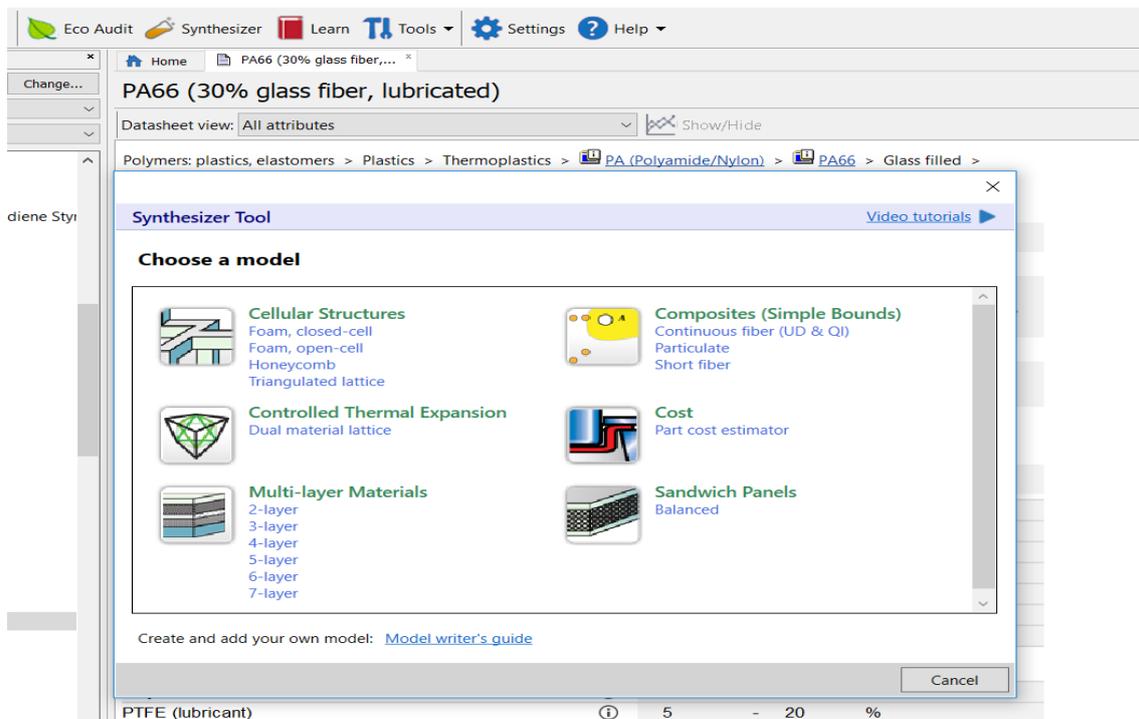


Ilustración 58. Ventana de sintetizar.

Apretamos sobre coste.

**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

Value of scrap material  % of virgin price

Part mass \*  kg

Part length \*  m

Batch size  Number of values:

**Primary shaping process**

Primary Process

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 59. Ventana de propiedades de coste.

Observaremos unos recuadros a completar, los cuales significan:

“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.

“Part length”: La longitud máxima de la pieza.

“Batch size”: tamaño del lote.

“Primary Process”: Proceso primario por el que se fabricará el modelo.

“Availability”: hace referencia a si el producto obtenido de este proceso está listo para su uso.

“Part Complexity”: complejidad de la pieza.

“Load Factor”: Se trata del rendimiento del proceso.

“Overhead rate”: El precio por horas del proceso, 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.

Una vez realizado el estudio económico en el programa CES edupack, procedemos a observar los resultados y comparar.

- **1.000.000 Piezas con Polymer extrusion**

**Price**

Price	①	9,21	-	9,75	EUR/kg
Notes	Price generated by part cost estimator and includes processing cost for 0,008 kg component				

**Physical properties**

Density	①	1,38e3	-	1,51e3	kg/m <sup>3</sup>
---------	---	--------	---	--------	-------------------

**Mechanical properties**

Young's modulus	①	7,51	-	10,3	GPa
Yield strength (elastic limit)	①	130	-	175	MPa
Compressive strength	①	121	-	138	MPa
Flexural modulus	①	6,8	-	9,31	GPa
Flexural strength (modulus of rupture)	①	215	-	258	MPa
Shear modulus	①	3,17	-	3,33	GPa
Poisson's ratio	①	0,34	-	0,36	
Shape factor	①	5,8			
Hardness - Vickers	①	36	-	40	HV
Fatigue strength at 10 <sup>7</sup> cycles	①	45,1	-	52,6	MPa
Mechanical loss coefficient (tan delta)	①	0,00776	-	0,0103	

**Impact & fracture properties**

Fracture toughness	①	8,45	-	10,2	MPa.m <sup>0.5</sup>
--------------------	---	------	---	------	----------------------

**Thermal properties**

Thermal conductivity	①	0,5	-	0,52	W/m.°C
Specific heat capacity	①	1,48e3	-	1,53e3	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	①	25	-	36	µstrain/°C

**Electrical properties**

Electrical resistivity	①	1e19	-	1e22	µohm.cm
Dielectric constant (relative permittivity)	①	3,7	-	3,8	

### Part cost estimator

Part cost	ⓘ	0,0737	-	0,078	EUR
Part mass	ⓘ	0,008			kg
Batch size	ⓘ	1e6			
Material price per part	ⓘ	0,0292	-	0,0335	EUR
Primary process cost per part	ⓘ	0,0445			EUR
Secondary process cost per part	ⓘ	0			EUR
Material price %	ⓘ	41,2			%
Primary process cost %	ⓘ	58,7			%
Secondary process cost %	ⓘ	0			%

### Notes

Source records  
 Material = PA66 (30% glass fiber, lubricated)  
 Primary Process = Polymer extrusion

Component details  
 Value of scrap material = 0 % of virgin price  
 Part mass = 0,008 kg  
 Part length = 111,5 m  
 Primary shaping process  
 Load factor = 50 %  
 Overhead rate = 134 EUR/hr  
 Capital write-off time = 1 years  
 Availability = Custom form  
 Part complexity = Simple

Additional attributes  
 Tool life (length) - Primary process = 2,666e4 m  
 Capital cost - Primary process = 1,687e4 EUR  
 Production rate (length) - Primary process = 3905 m/hr  
 Material utilization fraction - Primary process = 0,99  
 Tooling cost per part - Primary process = 0,009203 EUR  
 Overhead cost per part - Primary process = 0,0353 EUR

Model: Cost, Part cost estimator

Ilustración 60. Resultado propiedades Polymer extrusion con 1.000.000 de piezas.

### - 10.000.000 Piezas con Polymer extrusión:

#### Price

Price	ⓘ	9,22	-	9,76	EUR/kg
Notes	Price generated by part cost estimator and includes processing cost for 0,008 kg component				

#### Physical properties

Density	ⓘ	1,38e3	-	1,51e3	kg/m <sup>3</sup>
---------	---	--------	---	--------	-------------------

#### Mechanical properties

Young's modulus	ⓘ	7,51	-	10,3	GPa
Yield strength (elastic limit)	ⓘ	130	-	175	MPa
Compressive strength	ⓘ	121	-	138	MPa
Flexural modulus	ⓘ	6,8	-	9,31	GPa
Flexural strength (modulus of rupture)	ⓘ	215	-	258	MPa
Shear modulus	ⓘ	3,17	-	3,33	GPa
Poisson's ratio	ⓘ	0,34	-	0,36	
Shape factor	ⓘ	5,8			
Hardness - Vickers	ⓘ	36	-	40	HV
Fatigue strength at 10 <sup>7</sup> cycles	ⓘ	45,1	-	52,6	MPa
Mechanical loss coefficient (tan delta)	ⓘ	0,00776	-	0,0103	

#### Impact & fracture properties

Fracture toughness	ⓘ	8,45	-	10,2	MPa.m <sup>0.5</sup>
--------------------	---	------	---	------	----------------------

#### Thermal properties

Thermal conductivity	ⓘ	0,5	-	0,52	W/m.°C
Specific heat capacity	ⓘ	1,48e3	-	1,53e3	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	ⓘ	25	-	36	µstrain/°C

#### Electrical properties

Electrical resistivity	ⓘ	1e19	-	1e22	µohm.cm
Dielectric constant (relative permittivity)	ⓘ	3,7	-	3,8	

### Part cost estimator

Part cost	(i)	0,0737	-	0,0781	EUR
Part mass	(i)	0,008			kg
Batch size	(i)	1e7			
Material price per part	(i)	0,0292	-	0,0335	EUR
Primary process cost per part	(i)	0,0446			EUR
Secondary process cost per part	(i)	0			EUR
Material price %	(i)	41,2			%
Primary process cost %	(i)	58,8			%
Secondary process cost %	(i)	0			%

### Notes

#### Source records

Material = PA66 (30% glass fiber, lubricated)  
Primary Process = Polymer extrusion

#### Component details

Value of scrap material = 0 % of virgin price  
Part mass = 0,008 kg  
Part length = 112 m

#### Primary shaping process

Load factor = 50 %  
Overhead rate = 134 EUR/hr  
Capital write-off time = 1 years  
Availability = Custom form  
Part complexity = Simple

#### Additional attributes

Tool life (length) - Primary process = 2,654e4 m  
Capital cost - Primary process = 1,687e4 EUR  
Production rate (length) - Primary process = 3887 m/hr  
Material utilization fraction - Primary process = 0,99  
Tooling cost per part - Primary process = 0,009131 EUR  
Overhead cost per part - Primary process = 0,03546 EUR

Model: Cost, Part cost estimator

*Ilustración 61. 10.000.000 Piezas con Polymer extrusión.*

En los resultados obtenidos de la fabricación mediante extrusión de polímero, se observa el precio total del kg extruido, no existe diferencia alguna en el precio al realizar 1.000.000 que al realizar 10.000.000 de piezas. A este precio se le tiene que sumar los acabados después de extruir ya que necesita de ellos por la forma de la pieza. Esta es solo una opción de proceso de fabricación la cual no seleccionaremos para realizar las piezas.

- **1.000.000 Piezas con Injection blow molding:**

<b>Price</b>					
Price	①	16,9	-	17,4	EUR/kg
Notes Price generated by part cost estimator and includes processing cost for 0,008 kg component					
<b>Physical properties</b>					
Density	①	1,38e3	-	1,51e3	kg/m <sup>3</sup>
<b>Mechanical properties</b>					
Young's modulus	①	7,51	-	10,3	GPa
Yield strength (elastic limit)	①	130	-	175	MPa
Compressive strength	①	121	-	138	MPa
Flexural modulus	①	6,8	-	9,31	GPa
Flexural strength (modulus of rupture)	①	215	-	258	MPa
Shear modulus	①	3,17	-	3,33	GPa
Poisson's ratio	①	0,34	-	0,36	
Shape factor	①	5,8			
Hardness - Vickers	①	36	-	40	HV
Fatigue strength at 10 <sup>7</sup> cycles	①	45,1	-	52,6	MPa
Mechanical loss coefficient (tan delta)	①	0,00776	-	0,0103	
<b>Impact &amp; fracture properties</b>					
Fracture toughness	①	8,45	-	10,2	MPa.m <sup>0.5</sup>
<b>Thermal properties</b>					
Thermal conductivity	①	0,5	-	0,52	W/m.°C
Specific heat capacity	①	1,48e3	-	1,53e3	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	①	25	-	36	µstrain/°C
<b>Electrical properties</b>					
Electrical resistivity	①	1e19	-	1e22	µhm.cm
Dielectric constant (relative permittivity)	①	3,7	-	3,8	

**Part cost estimator**

Part cost	①	0,135	-	0,139	EUR
Part mass	①	0,008			kg
Batch size	①	1e6			
Material price per part	①	0,0292	-	0,0335	EUR
Primary process cost per part	①	0,106			EUR
Secondary process cost per part	①	0			EUR
Material price %	①	22,8			%
Primary process cost %	①	77,2			%
Secondary process cost %	①	0			%

**Notes**

Source records  
Material = PA66 (30% glass fiber, lubricated)  
Primary Process = Injection blow molding

Component details  
Value of scrap material = 0 % of virgin price  
Part mass = 0,008 kg  
Part length = 112 m  
Primary shaping process  
Load factor = 50 %  
Overhead rate = 134 EUR/hr  
Capital write-off time = 1 years  
Availability = Custom form  
Part complexity = Simple

Additional attributes  
Tool life (units) - Primary process = 4,201e6  
Capital cost - Primary process = 7811 EUR  
Production rate (units) - Primary process = 1364 /hr  
Material utilization fraction - Primary process = 0,99  
Tooling cost per part - Primary process = 0,006338 EUR  
Overhead cost per part - Primary process = 0,09957 EUR

Model: Cost, Part cost estimator

Ilustración 62. 1.000.000 Piezas con Injection blow molding.

- **10.000.000 Piezas con Inyection blow molding:**

**Price**

Price	(i)	16,3	-	16,9	EUR/kg
Notes	Price generated by part cost estimator and includes processing cost for 0,008 kg component				

**Physical properties**

Density	(i)	1,38e3	-	1,51e3	kg/m <sup>3</sup>
---------	-----	--------	---	--------	-------------------

**Mechanical properties**

Young's modulus	(i)	7,51	-	10,3	GPa
Yield strength (elastic limit)	(i)	130	-	175	MPa
Compressive strength	(i)	121	-	138	MPa
Flexural modulus	(i)	6,8	-	9,31	GPa
Flexural strength (modulus of rupture)	(i)	215	-	258	MPa
Shear modulus	(i)	3,17	-	3,33	GPa
Poisson's ratio	(i)	0,34	-	0,36	
Shape factor	(i)	5,8			
Hardness - Vickers	(i)	36	-	40	HV
Fatigue strength at 10 <sup>7</sup> cycles	(i)	45,1	-	52,6	MPa
Mechanical loss coefficient (tan delta)	(i)	0,00776	-	0,0103	

**Impact & fracture properties**

Fracture toughness	(i)	8,45	-	10,2	MPa.m <sup>0.5</sup>
--------------------	-----	------	---	------	----------------------

**Thermal properties**

Thermal conductivity	(i)	0,5	-	0,52	W/m.°C
Specific heat capacity	(i)	1,48e3	-	1,53e3	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	(i)	25	-	36	µstrain/°C

**Electrical properties**

Electrical resistivity	(i)	1e19	-	1e22	µohm.cm
Dielectric constant (relative permittivity)	(i)	3,7	-	3,8	

### Part cost estimator

Part cost	ⓘ	0,131	-	0,135	EUR
Part mass	ⓘ	0,008			kg
Batch size	ⓘ	1e7			
Material price per part	ⓘ	0,0292	-	0,0335	EUR
Primary process cost per part	ⓘ	0,101			EUR
Secondary process cost per part	ⓘ	0			EUR
Material price %	ⓘ	23,5			%
Primary process cost %	ⓘ	76,4			%
Secondary process cost %	ⓘ	0			%

### Notes

Source records  
 Material = PA66 (30% glass fiber, lubricated)  
 Primary Process = Injection blow molding

Component details  
 Value of scrap material = 0 % of virgin price  
 Part mass = 0,008 kg  
 Part length = 112 m

Primary shaping process  
 Load factor = 50 %  
 Overhead rate = 134 EUR/hr  
 Capital write-off time = 1 years  
 Availability = Custom form  
 Part complexity = Simple

Additional attributes  
 Tool life (units) - Primary process = 4,201e6  
 Capital cost - Primary process = 7811 EUR  
 Production rate (units) - Primary process = 1364 /hr  
 Material utilization fraction - Primary process = 0,99  
 Tooling cost per part - Primary process = 0,001901 EUR  
 Overhead cost per part - Primary process = 0,09957 EUR

Model: Cost, Part cost estimator

Ilustración 63. 10.000.000 Piezas con Injection blow molding.

Se puede observar los resultados obtenidos en la inyección en molde, este proceso de fabricación es el que seleccionaremos para la fabricación de las piezas, en el precio que se muestra en los resultados, falta añadir el precio del molde, ahora observaremos el precio de una pieza terminada.

$$1 \text{ PIEZA} = \left( (\text{PESO PIEZA}) * (\text{PRECIO KG MATERIAL}) \right) + \left( \frac{\text{COSTE DEL MOLDE}}{\text{UNIDADES A FABRICAR}} \right)$$

- Para lote de 1.000.000 de unidades, la pieza costaría:

$$6 \text{ PIEZAS} = ((0,008 * 6) * (4,15)) + \left(\frac{10.000}{1.000.000}\right)$$

Pone 6 piezas porque ya que se tiene que comprar un molde, aprovechar y hacer para mas piezas, así se obtienen 6 en cada ciclo del molde.

La pieza tendrá un precio de 0,043 €.

- Para lote de 10.000.000 de unidades, la pieza costaría:

$$6 \text{ PIEZAS} = ((0,008 * 6) * (4,15)) + \left(\frac{10.000}{10.000.000}\right)$$

La pieza tendrá un precio de 0,034 €.

La diferencia se debe a la amortización del molde.



## **IV. APÉNDICES**

# APÉNDICES

## IV.1. ANEXOS

- Anexo 1:



### Simulación de pieza real

Diseñador: David Semper Fernandez  
Nombre de estudio: Análisis estático  
FUNDICION GRIS  
Tipo de análisis: Análisis estático

#### Descripción

Pieza real sobre la que se ha realizado el estudio.

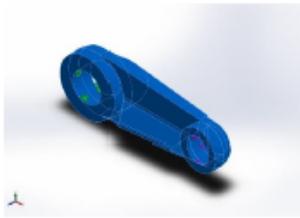
## Información de modelo

 <p>Nombre del modelo: pieza real Configuración actual: Predeterminado</p>			
Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Cortar-Extruir2 	Sólido	Masa:0.36614 kg Volumen:5.0853e-005 m <sup>3</sup> Densidad:7199.97 kg/m <sup>3</sup> Peso:3.58817 N	C:\Users\david\Desktop\T FG DAVID SEMPER FERNANDEZ\TFG DAVID SEMPER\PIEZA REAL\pieza real.SLDPR T Jul 09 15:22:48 2018

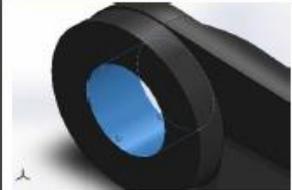
### Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Análisis estático FUNDICION GRIS
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\david\Desktop\TFG DAVID SEMPER FERNANDEZ\TFG DAVID SEMPER\PIEZA REAL)

### Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: Fundición gris (SI)</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de Mohr-Coulomb</p> <p>Límite de tracción: 1.51658e+008 N/m<sup>2</sup></p> <p>Límite de compresión: 5.72165e+008 N/m<sup>2</sup></p> <p>Módulo elástico: 6.61781e+010 N/m<sup>2</sup></p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.27</p> <p>Densidad: 7200 kg/m<sup>3</sup></p> <p>Módulo cortante: 5e+010 N/m<sup>2</sup></p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 1.2e-005 /Kelvin</p>	Sólido 1(Cortar-Extruir2)(Pieza5)
Datos de curva:N/A		

### Cargas y sujeciones

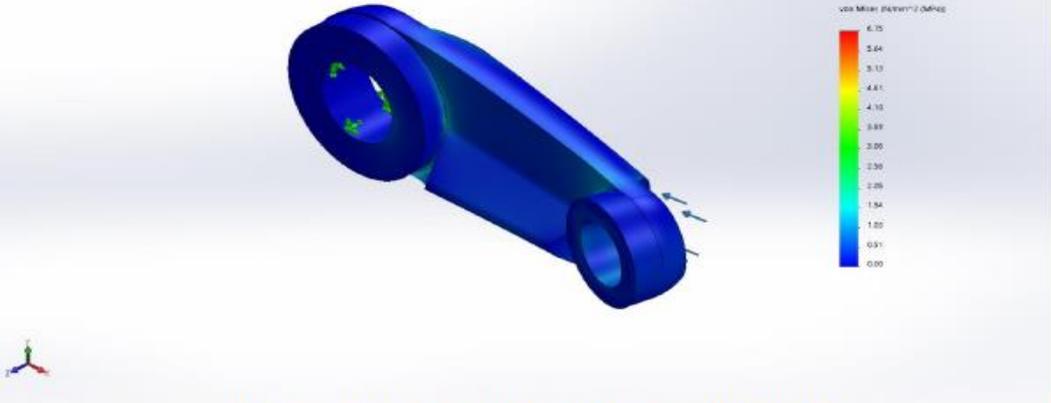
Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija		
<b>Fuerzas resultantes</b>				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	59.8084	2.74361	-3.91828	59.9994
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Referencia: Arista < 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, 60 N

### Resultados del estudio

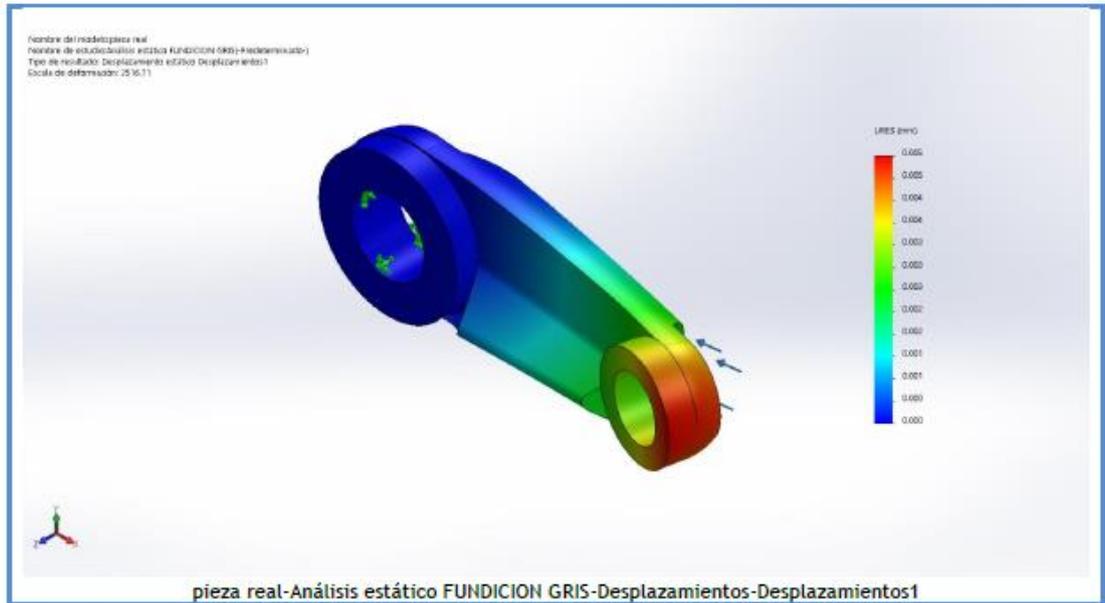
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	0.00 N/mm <sup>2</sup> (MPa) Nodo: 75064	6.15 N/mm <sup>2</sup> (MPa) Nodo: 75742

Nombre del modelo: pieza real  
Nombre de estudio: análisis estático FUNDICION GRIS-Tensiones-Tensiones1  
Tipo de resultado: Análisis: Tensiones (Tensión resultante)  
Ciclos de deformación: 25 (6.71)



pieza real-Análisis estático FUNDICION GRIS-Tensiones-Tensiones1

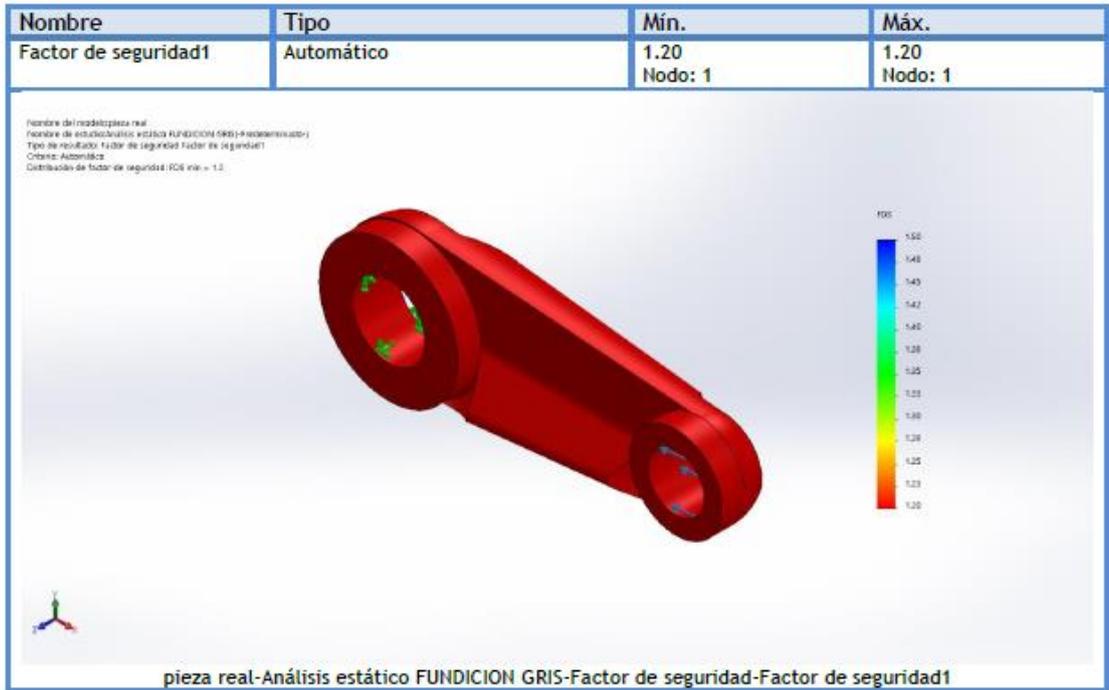
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.000 mm Nodo: 128	0.005 mm Nodo: 77199



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	0.0000 Elemento: 13927	0.0001 Elemento: 6662

Nombre del modelo: pieza real  
 Nombre de estudio: análisis estático FUNDICION GRIS-Flacidez (Realizado)  
 Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1  
 Escala de deformación: 25.16.11

pieza real-Análisis estático FUNDICION GRIS-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1



- Anexo 2:



**Descripción**  
No hay datos

## Simulación de pieza real

Fecha: sábado, 21 de julio de 2018  
Diseñador: David Semper Fernandez  
Nombre de estudio: Fatiga FUNDICION GRIS  
Tipo de análisis: Fatiga(Amplitud constante)

### Tabla de contenidos

Descripción .....	1
Suposiciones .....	2
Información de modelo .....	2
Propiedades de estudio.....	3
Unidades .....	3
Propiedades de material .....	4
Opciones de carga .....	4
Resultados del estudio.....	5
Conclusión .....	6

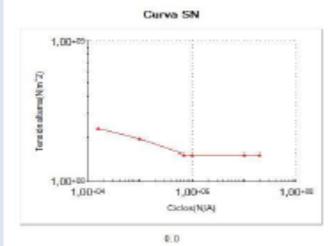
## Información de modelo

			
<p>Nombre del modelo: pieza real Configuración actual: Predeterminado</p>			
Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
<p>Cortar-Extruir2</p> 	Sólido	<p>Masa:0.36614 kg Volumen:5.0853e-005 m<sup>3</sup> Densidad:7199.97 kg/m<sup>3</sup> Peso:3.58817 N</p>	<p>C:\Users\david\Desktop\TFG DAVID SEMPER FERNANDEZ\TFG DAVID SEMPER\PIEZA REAL\pieza real.SLDPRT Jul 09 15:22:48 2018</p>

## Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Fatiga FUNDICION GRIS
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\david\Desktop\TFG DAVID SEMPER FERNANDEZ\TFG DAVID SEMPER\PIEZA REAL)

### Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<b>Nombre:</b> Fundición gris (SN) <b>Tipo de modelo:</b> Isotrópico elástico lineal <b>Criterio de error predeterminado:</b> Tensión de Mohr-Coulomb	Sólido 1(Cortar-Extruir2)(Pieza5)
<b>Datos de curva:</b> 		
<p style="text-align: center;">Curva SN</p>		

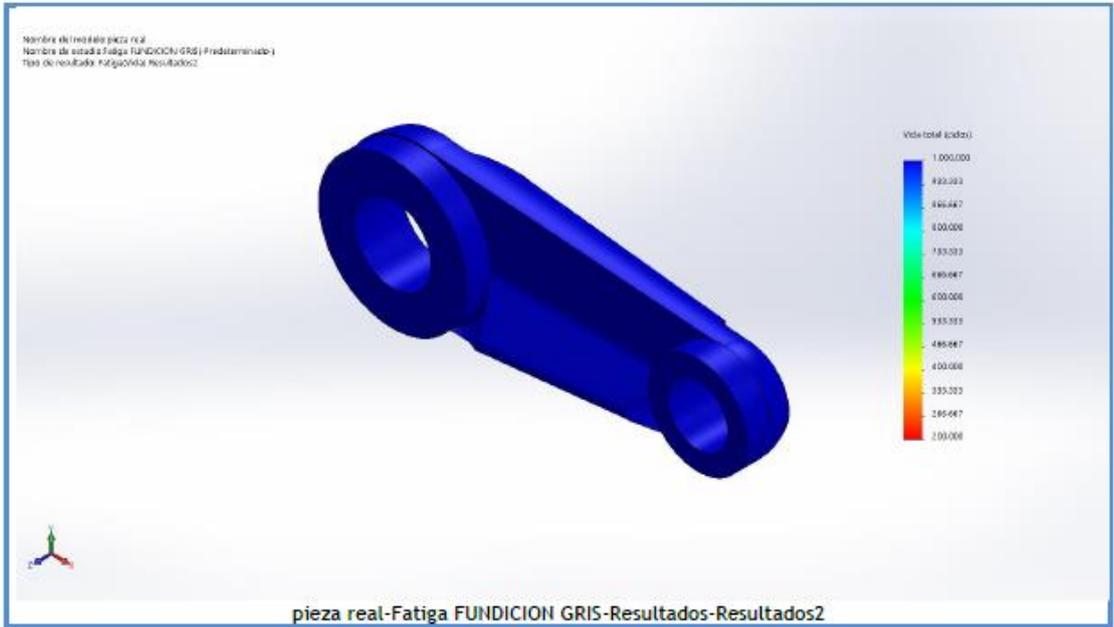
### Opciones de carga

Nombre del evento	N.º de ciclos	Tipo de carga	Asociación de estudios		
			Nombre de estudio	Factor de escala	Incremento
Suceso-1	600000	Completamente invertida (LR=-1)	Análisis estático FUNDICION GRIS	1	0

### Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Resultados1	Daño acumulado	3.00 Nodo: 1	3.00 Nodo: 1
<p>Nombre de estudio (pieza real)            Nombre de estudio Fatiga (FUNDICION GRIS) (predeterminado)            Tipo de resultado: Porcentaje de daño</p> 			
pieza real-Fatiga FUNDICION GRIS-Resultados-Resultados1			

Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Resultados2	Vida total	0 ciclos Nodo: 1	20.000.000ciclos Nodo: 1



- Anexo 3:



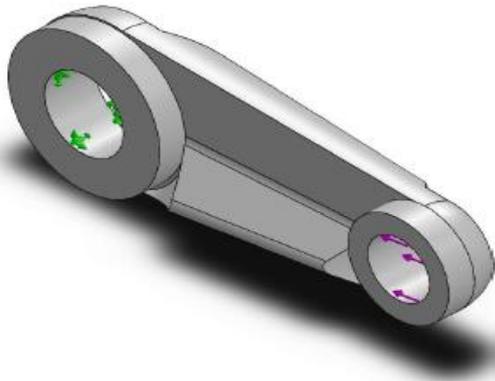
## Simulación de pieza real

Diseñador: David Semper Fernandez  
Nombre de estudio: Análisis estático ABS  
Tipo de análisis: Análisis estático

### Tabla de contenidos

Información de modelo .....	2
Propiedades de estudio .....	3
Unidades .....	4
Propiedades de material .....	4
Cargas y sujeciones.....	5
Información de malla .....	6
Fuerzas resultantes.....	7
Resultados del estudio.....	8

## Información de modelo



Nombre del modelo: pieza real  
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación

	Cortar-Extruir2	<p>Masa:0.0533954 kg Volumen:5.0853e-005 m<sup>3</sup> Densidad:1050 kg/m<sup>3</sup> Peso:0.523275 N</p>	<p>C:\Users\david\Desktop\TFG DAVID SEMPER FERNANDEZ\TFG DAVID SEMPER\PIEZA REAL\pieza real.SLDPRT Jul 09 15:22:48 2018</p>
---	-----------------	---	---

## Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Análisis estático ABS
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\david\Desktop\TFG DAVID SEMPER FERNANDEZ\TFG DAVID SEMPER\PIEZA REAL)

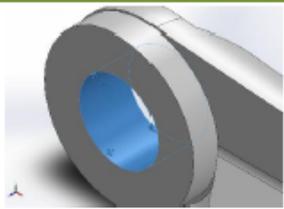
### Unidades

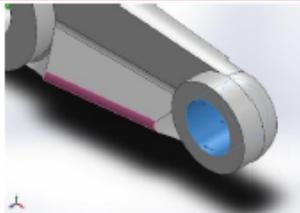
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m <sup>2</sup>

### Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: ABS HIGH IMPACT</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 4.07e+007 N/m<sup>2</sup></p> <p>Límite de tracción: 4.34e+007 N/m<sup>2</sup></p> <p>Límite de compresión: 5.52e+007 N/m<sup>2</sup></p> <p>Módulo elástico: 2.41e+009 N/m<sup>2</sup></p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.419</p> <p>Densidad: 1050 kg/m<sup>3</sup></p> <p>Módulo cortante: 3.189e+008 N/m<sup>2</sup></p>	Sólido 1(Cortar-Extruir2)(Pieza5)
Datos de curva:N/A		

### Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		<p>Entidades: 1 cara(s)</p> <p>Tipo: Geometría fija</p>		
<b>Fuerzas resultantes</b>				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	59.8091	2.74378	-3.91839	60.0001
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

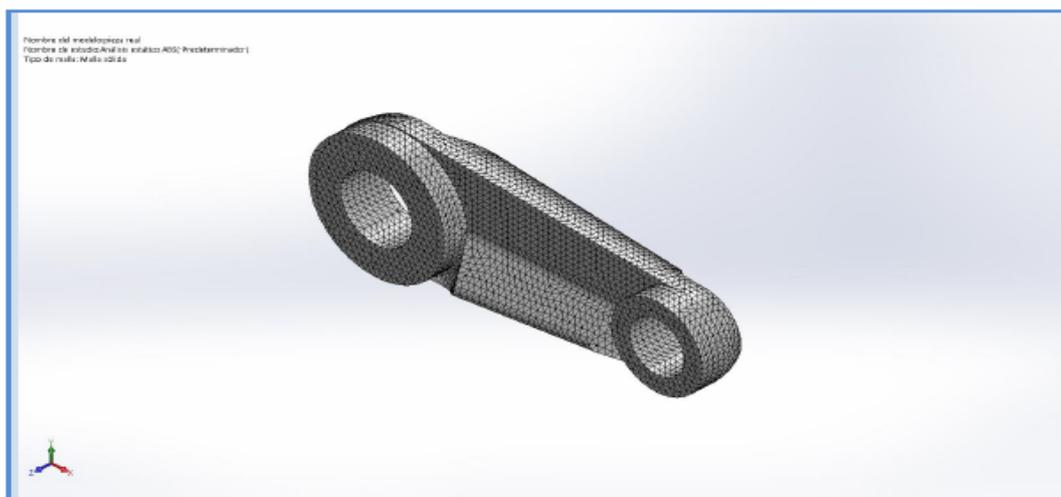
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		<p>Entidades: 1 cara(s)</p> <p>Referencia: Cara&lt; 1 &gt;</p> <p>Tipo: Aplicar fuerza</p> <p>Valores: ---, ---, 60 N</p>

### 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	1.85304 mm
Tolerancia	0.0926521 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

### Información de malla - Detalles

Número total de nodos	81222
Número total de elementos	54678
Cociente máximo de aspecto	34.109
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	99.4
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0.064
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:03
Nombre de computadora:	DAVID_SEMPER



### Fuerzas resultantes

#### Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	59.8091	2.74378	-3.91839	60.0001

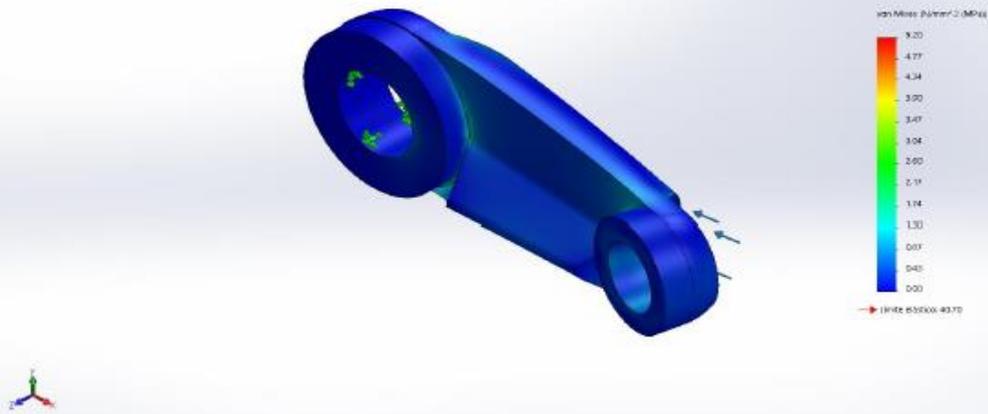
#### Momentos de reacción

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

## Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	0.00 N/mm <sup>2</sup> (MPa) Nodo: 61328	5.20 N/mm <sup>2</sup> (MPa) Nodo: 75742

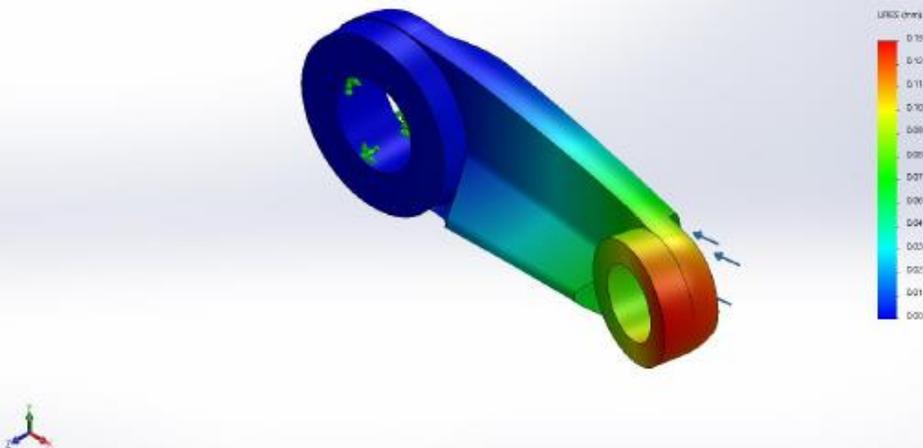
Nombre del estudio: pieza real  
 Nombre de estudio: Análisis estático ABS Tensiones1  
 Tipo de resultado: Análisis estático Tensiónes1  
 Escala de datos: Mises



pieza real-Análisis estático ABS-Tensiones-Tensiones1

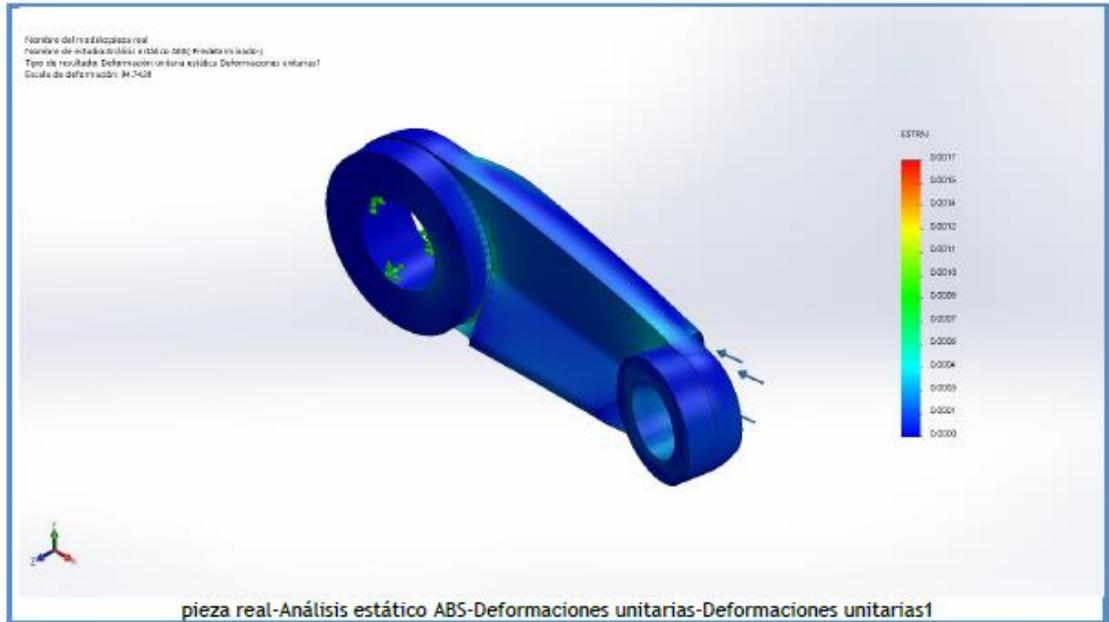
Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.00 mm Nodo: 128	0.13 mm Nodo: 77199

Nombre del estudio: pieza real  
 Nombre de estudio: Análisis estático ABS Desplazamientos1  
 Tipo de resultado: Desplazamientos estáticos Desplazamientos1  
 Escala de datos: Mises

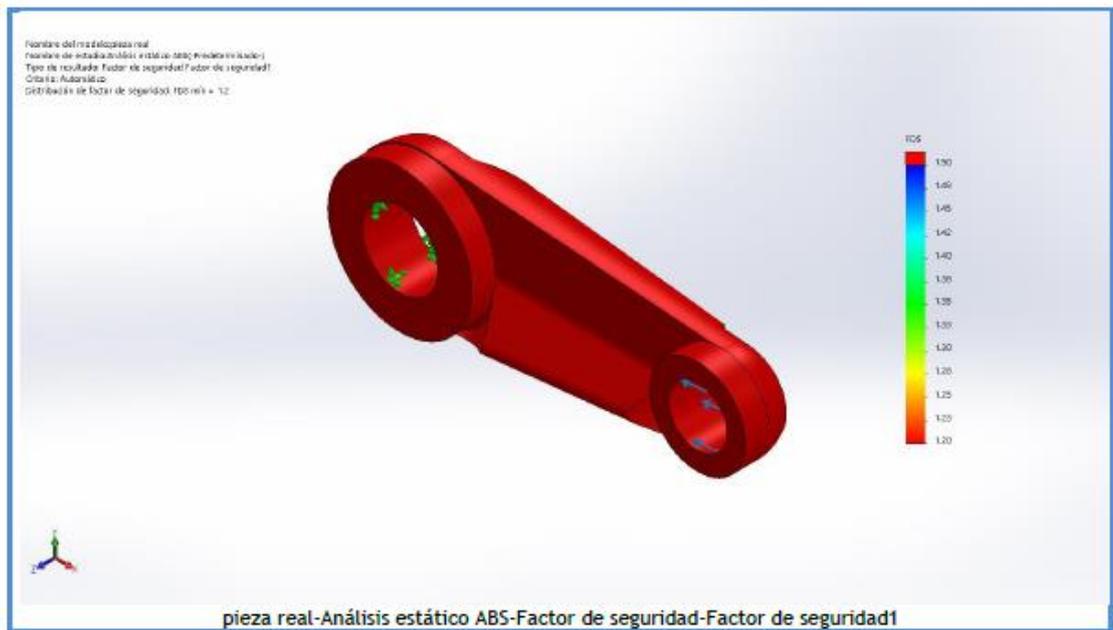


pieza real-Análisis estático ABS-Desplazamientos-Desplazamientos1

Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	0.0000 Elemento: 33571	0.0017 Elemento: 6662



Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Factor de seguridad1	Automático	1.20 Nodo: 1	1.20 Nodo: 1



- Anexo 4:



**Descripción**

No hay datos

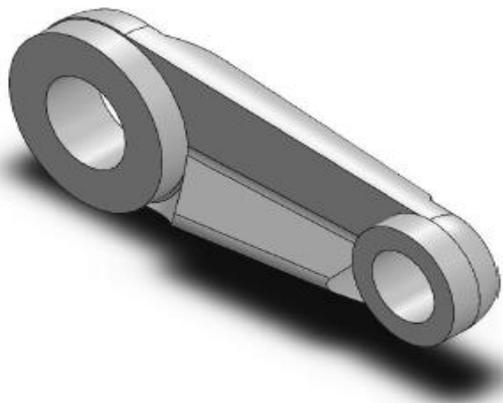
## Simulación de pieza real

Fecha: sábado, 21 de julio de 2018  
Diseñador: David Semper Fernandez  
Nombre de estudio: Fatiga ABS  
Tipo de análisis: Fatiga (Amplitud constante)

### Tabla de contenidos

Descripción .....	1
Suposiciones .....	2
Información de modelo .....	2
Propiedades de estudio.....	3
Unidades .....	3
Propiedades de material .....	4
Opciones de carga .....	4
Resultados del estudio.....	5
Conclusión .....	6

## Información de modelo



Nombre del modelo: pieza real  
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación

<p>Cortar-Extruir2</p> 	<p>Sólido</p>	<p>Masa:0.0533954 kg Volumen:5.0853e-005 m<sup>3</sup> Densidad:1050 kg/m<sup>3</sup> Peso:0.523275 N</p>	<p>C:\Users\david\Desktop\TFG DAVID SEMPER FERNANDEZ\TFG DAVID SEMPER\PIEZA REAL\pieza real.SLDPRT Jul 09 15:22:48 2018</p>
--	---------------	---	---

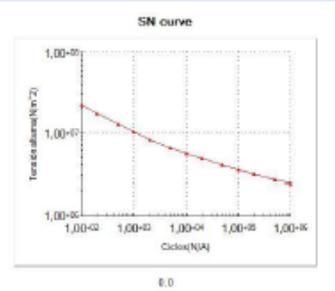
## Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Fatiga ABS
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\david\Desktop\TFG DAVID SEMPER FERNANDEZ\TFG DAVID SEMPER\PIEZA REAL)

## Unidades

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

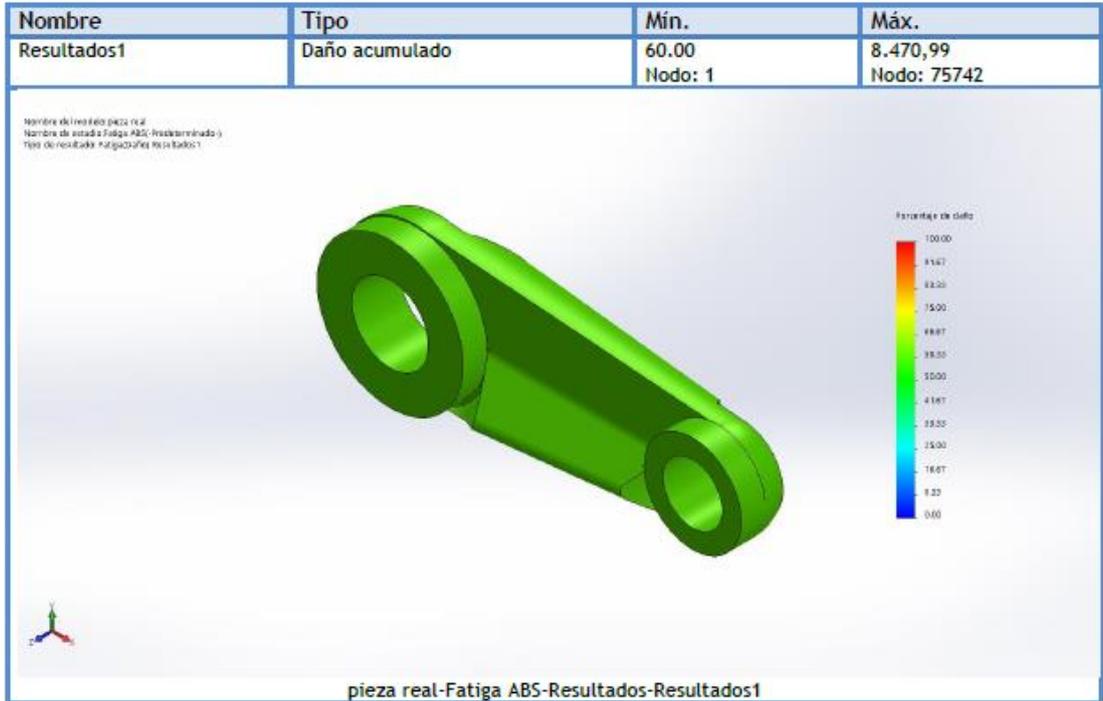
## Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p><b>Nombre:</b> ABS HIGH IMPACT</p> <p><b>Tipo de modelo:</b> Isotrópico elástico lineal</p> <p><b>Criterio de error predeterminado:</b> Tensión de von Mises máx.</p>	Sólido 1(Cortar-Extruir2)(Pieza5)
<p>Datos de curva:</p> <div style="text-align: center;">  <p>SN curve</p> </div>		

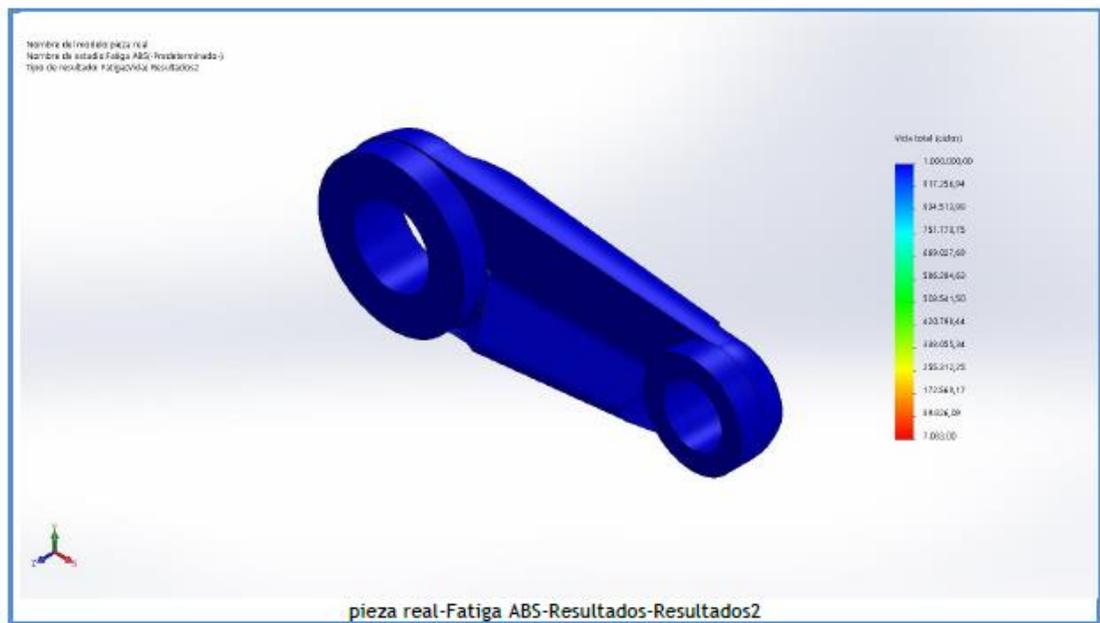
## Opciones de carga

Nombre del evento	N.º de ciclos	Tipo de carga	Asociación de estudios		
			Nombre de estudio	Factor de escala	Incremento
Suceso-1	600000	Completamente invertida (LR=-1)	Análisis estático ABS	1	0

## Resultados del estudio



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Resultados2	Vida total	7.083,00 ciclos Nodo: 75742	1.000.000,00ciclos Nodo: 1



- Anexo 5:



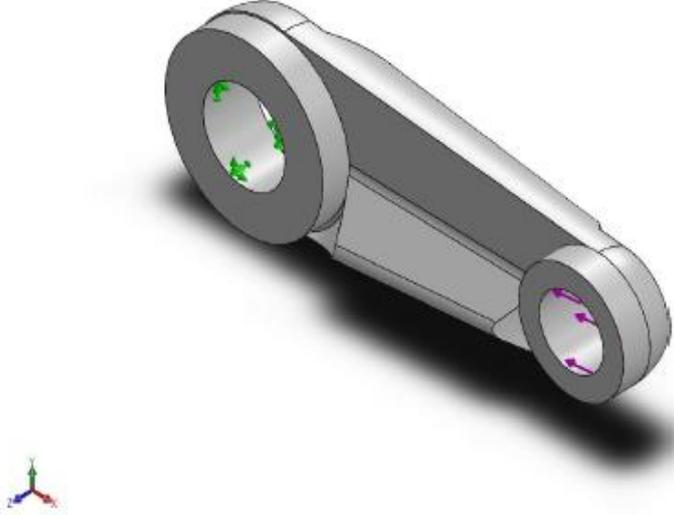
## Simulación de pieza real

Fecha: sábado, 21 de julio de 2018  
Diseñador: David Semper Fernandez  
Nombre de estudio: Análisis PA66 +GF30  
Tipo de análisis: Análisis estático

### Tabla de contenidos

Descripción .....	¡Error! Marcador no definido.
Suposiciones .....	2
Información de modelo .....	2
Propiedades de estudio.....	3
Unidades .....	3
Propiedades de material .....	4
Cargas y sujeciones.....	5
Definiciones de conector .....	5
Información de contacto .....	6
Información de malla .....	7
Detalles del sensor .....	8
Fuerzas resultantes.....	8
Vigas .....	9
Resultados del estudio.....	10
Conclusión .....	12

## Información de modelo

 <p>Nombre del modelo: pieza real Configuración actual: Predeterminado</p>			
Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Cortar-Extruir2 	Sólido	Masa:0.0767877 kg Volumen:5.0853e-005 m <sup>3</sup> Densidad:1509.99 kg/m <sup>3</sup> Peso:0.75252 N	C:\Users\david\Desktop\T FG DAVID SEMPER FERNANDEZ\TFG DAVID SEMPER\PIEZA REAL\pieza real.SLDPRT Jul 09 15:22:48 2018

### Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Análisis PA66 +GF30
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\david\Desktop\TFG DAVID SEMPER FERNANDEZ\TFG DAVID SEMPER\PIEZA REAL)

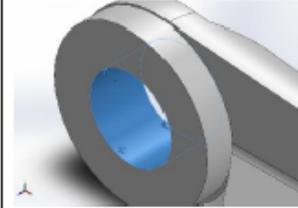
### Unidades

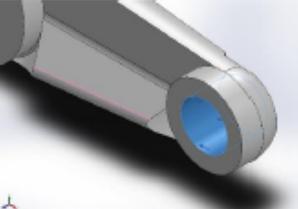
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m <sup>2</sup>

### Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: PA66 + GF30% BUENO</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 1.75e+008 N/m<sup>2</sup></p> <p>Límite de tracción: 1.73e+008 N/m<sup>2</sup></p> <p>Límite de compresión: 1.38e+008 N/m<sup>2</sup></p> <p>Módulo elástico: 1.03e+010 N/m<sup>2</sup></p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.36</p> <p>Densidad: 1510 kg/m<sup>3</sup></p> <p>Módulo cortante: 5.2758e+009 N/m<sup>2</sup></p>	Sólido 1(Cortar-Extruir2)(Pieza5)
Datos de curva:N/A		

### Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija		
<b>Fuerzas resultantes</b>				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	59.8086	2.74373	-3.91841	59.9996
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

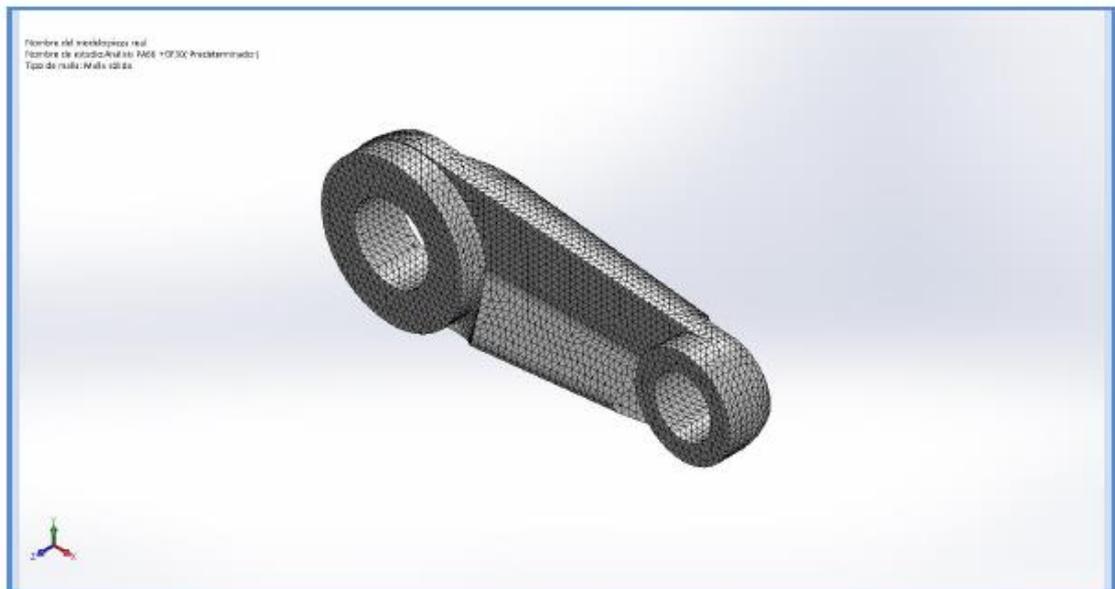
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga		
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Referencia: Arista < 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, -60 N		

### 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	1.85304 mm
Tolerancia	0.0926521 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

### Información de malla - Detalles

Número total de nodos	81222
Número total de elementos	54678
Cociente máximo de aspecto	34.109
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	99.4
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0.064
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:03
Nombre de computadora:	DAVID_SEMPER



## Fuerzas resultantes

### Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	59.8086	2.74373	-3.91841	59.9996

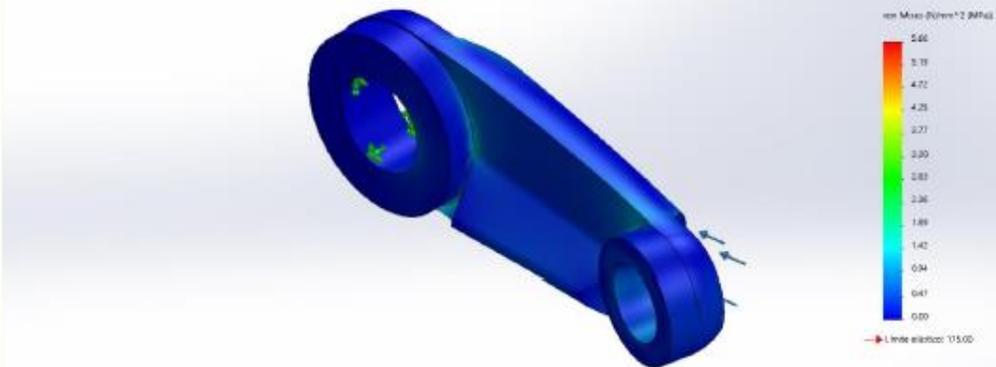
### Momentos de reacción

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

## Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	0.00 N/mm <sup>2</sup> (MPa) Nodo: 844	5.66 N/mm <sup>2</sup> (MPa) Nodo: 75742

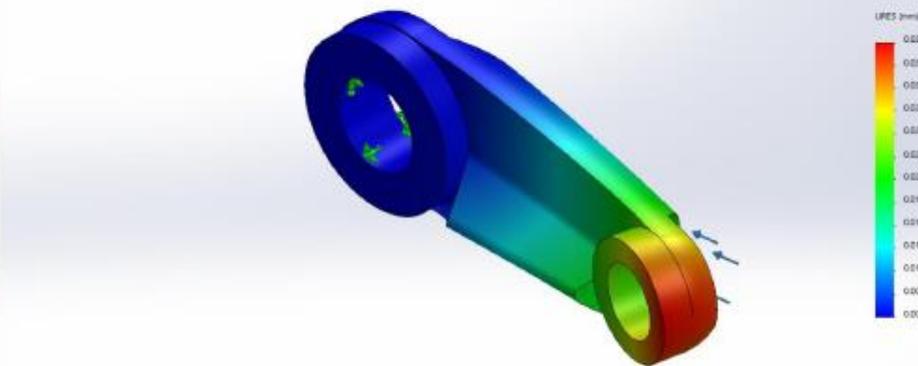
Nombre del modelo: pieza real  
Nombre de estudio: Análisis PA66 +GF30 Predefinido (1)  
Tipo de resultado: Análisis estático: tensiones (Tensiones1)  
Escala de deformación: 200.000



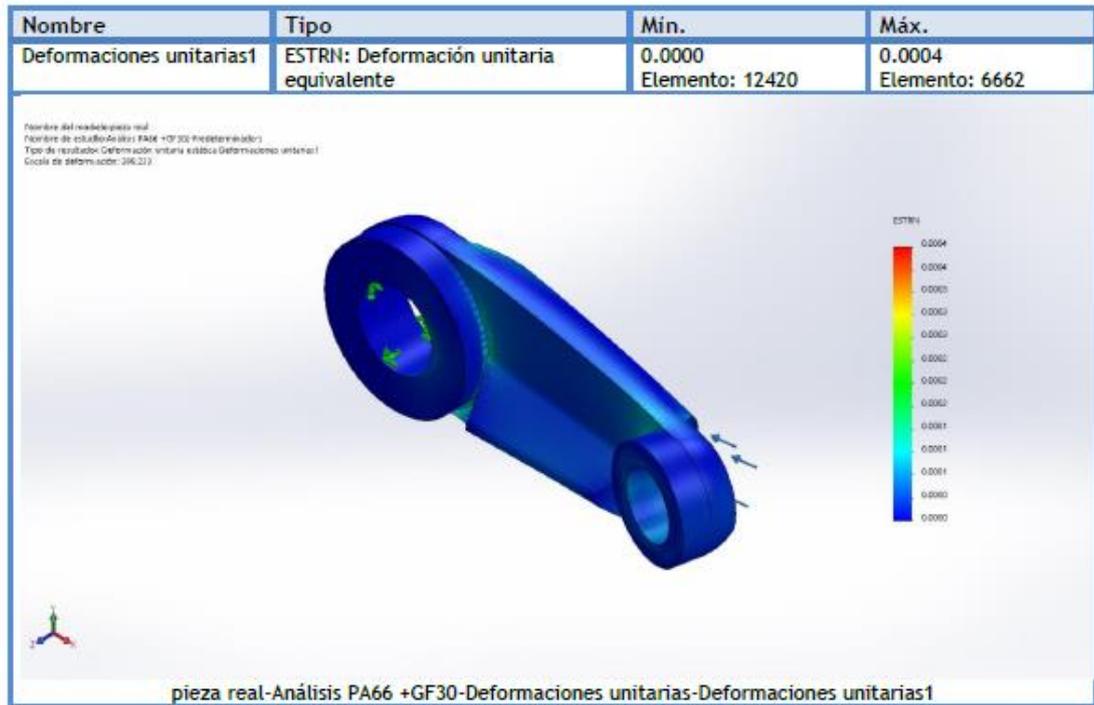
pieza real-Análisis PA66 +GF30-Tensiones-Tensiones1

Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.00 mm Nodo: 128	0.03 mm Nodo: 77199

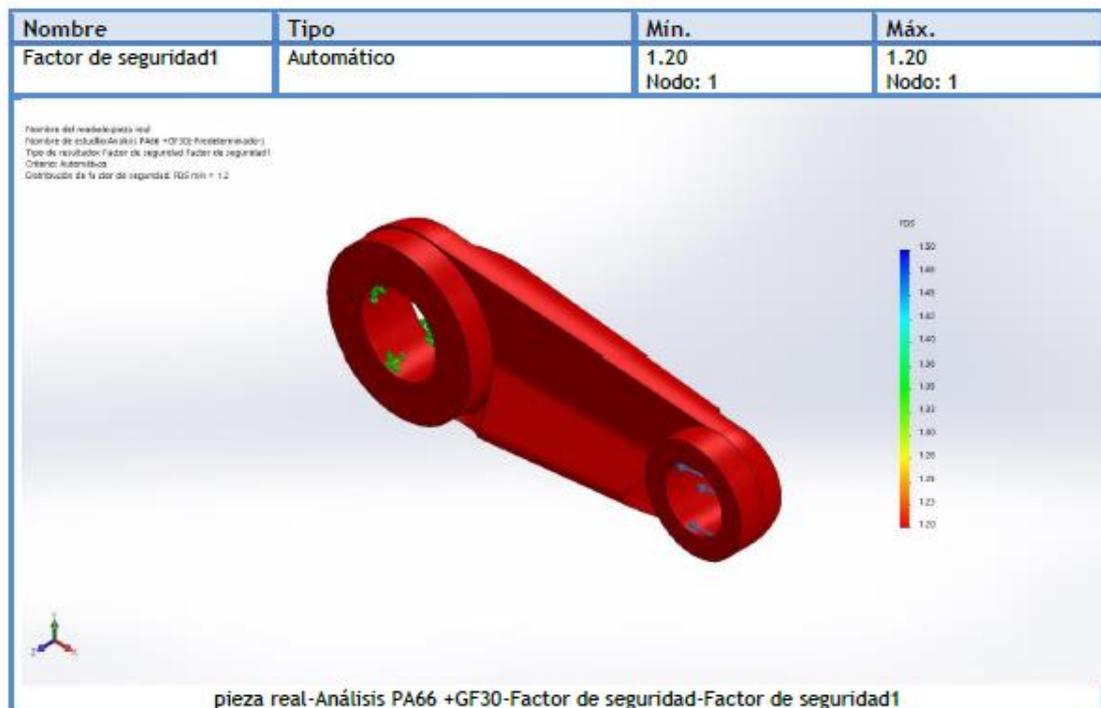
Nombre del modelo: pieza real  
Nombre de estudio: Análisis PA66 +GF30 Predefinido (1)  
Tipo de resultado: Desplazamiento estático: Desplazamientos1  
Escala de deformación: 200.000



pieza real-Análisis PA66 +GF30-Desplazamientos-Desplazamientos1



2



- Anexo 6:



**Descripción**  
No hay datos

## Simulación de pieza real

Fecha: sábado, 21 de julio de 2018  
Diseñador: David Semper Fernandez  
Nombre de estudio: Fatiga PA66 +GF30  
Tipo de análisis: Fatiga(Amplitud constante)

### Tabla de contenidos

Descripción .....	1
Suposiciones .....	2
Información de modelo .....	2
Propiedades de estudio.....	3
Unidades .....	3
Propiedades de material .....	4
Opciones de carga .....	4
Resultados del estudio.....	5
Conclusión .....	6

## Información de modelo



Nombre del modelo: pieza real  
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Cortar-Extruir2 	Sólido	Masa:0.36614 kg Volumen:5.0853e-005 m <sup>3</sup> Densidad:7199.97 kg/m <sup>3</sup> Peso:3.58817 N	C:\Users\david\Desktop\TFG DAVID SEMPER FERNANDEZ\TFG DAVID SEMPER\PIEZA REAL\pieza real.SLDPRJ Jul 09 15:22:48 2018

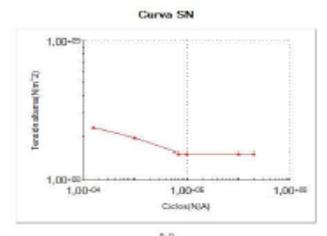
## Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Fatiga PA66 +GF30
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\david\Desktop\TFG DAVID SEMPER FERNANDEZ\TFG DAVID SEMPER\PIEZA REAL)

## Unidades

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

### Propiedades de material

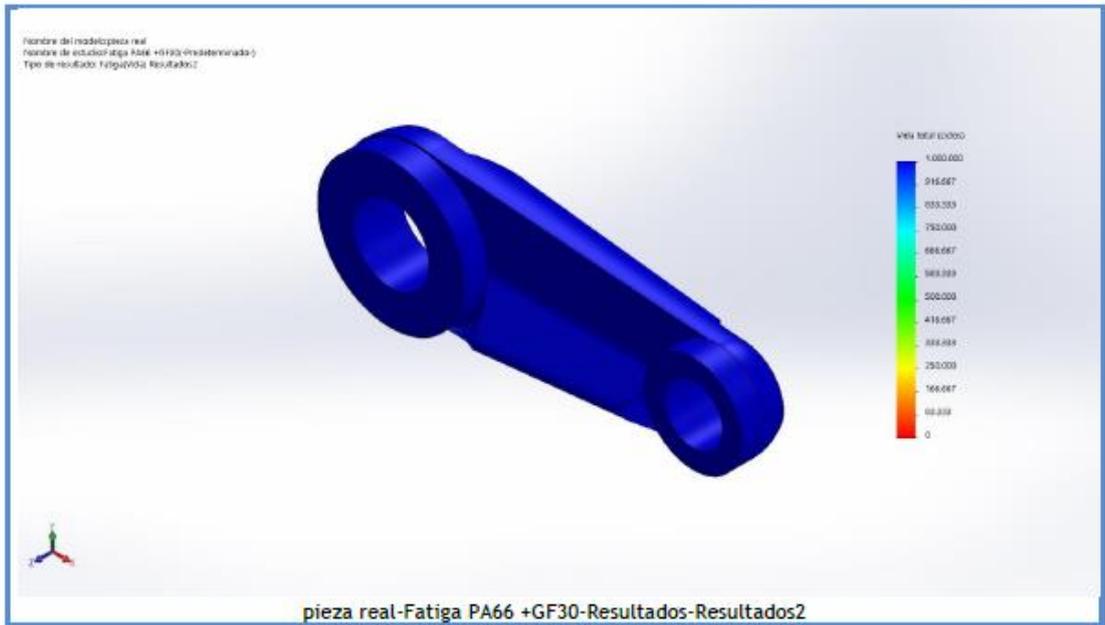
Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<b>Nombre:</b> Fundición gris (SN) <b>Tipo de modelo:</b> Isotrópico elástico lineal <b>Criterio de error predeterminado:</b> Tensión de Mohr-Coulomb	Sólido 1(Cortar-Extruir2)(Pieza5)
<b>Datos de curva:</b>  <p>Curva SN</p>		

### 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	600000	Completamente invertida (LR=-1)	Análisis estático FUNDICION GRIS	1	0

### Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Tipo	Máx.
Resultados1	Daño acumulado	3.00	Nodo: 1	3.00
<p>Nombre del modelo/pieza real                      Nombre de estudio: Atga Real +GF30 (redefinido)                      Tipo de resultado: Fatiga (Fatiga: Resultados1)</p>  <p>pieza real-Fatiga PA66 +GF30-Resultados-Resultados1</p>				
Nombre	Tipo	Mín.	Tipo	Máx.
Resultados2	Vida total	20.000.000ciclos	Nodo: 1	20.000.000ciclos



- Anexo 7:



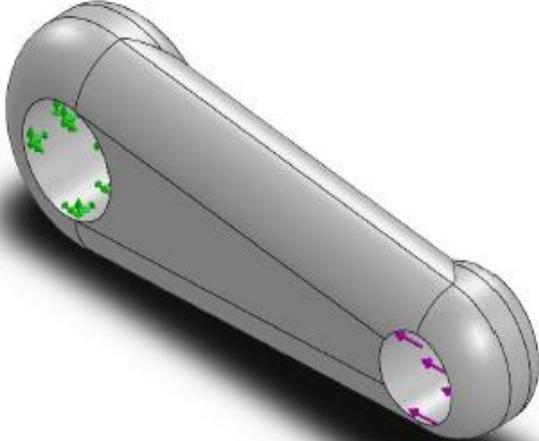
## Simulación de Pieza1

Diseñador: David Semper Fernandez  
Nombre de estudio: Análisis estático  
PA66+GF30  
Tipo de análisis: Análisis estático

### Tabla de contenidos

Información de modelo .....	2
Propiedades de estudio.....	3
Unidades .....	3
Propiedades de material .....	4
Cargas y sujeciones.....	5
Información de malla .....	6
Fuerzas resultantes.....	7
Resultados del estudio.....	8

## Información de modelo

			
			
<p>Nombre del modelo: Pieza1 Configuración actual: Predeterminado</p>			
Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
<p>Redondeo2</p> 	Sólido	<p>Masa:0.0892829 kg Volumen:5.91275e-005 m<sup>3</sup> Densidad:1510.01 kg/m<sup>3</sup> Peso:0.874972 N</p>	<p>C:\Users\david\Desktop\TFG DAVID SEMPER FERNANDEZ\TFG DAVID SEMPER\PIEZA MODIFICADA 1\Pieza1.SLDPRJ Jul 15 18:23:12 2018</p>

## Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Análisis estático PA66+GF30
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\david\Desktop\TFG DAVID SEMPER FERNANDEZ\TFG DAVID SEMPER\PIEZA MODIFICADA 1)

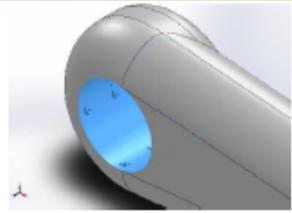
## Unidades

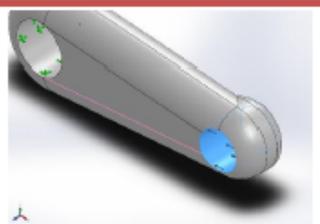
Sistema de unidades:	Métrico (MK5)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m <sup>2</sup>

## Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: PA66 + GF30%_BUENO (3)</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 1.75e+008 N/m<sup>2</sup></p> <p>Límite de tracción: 1.73e+008 N/m<sup>2</sup></p> <p>Límite de compresión: 1.38e+008 N/m<sup>2</sup></p> <p>Módulo elástico: 1.03e+010 N/m<sup>2</sup></p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.36</p> <p>Densidad: 1510 kg/m<sup>3</sup></p> <p>Módulo cortante: 5.2758e+009 N/m<sup>2</sup></p>	Sólido 1(Redondeo2)(Pieza1)
Datos de curva:N/A		

## Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija		
<b>Fuerzas resultantes</b>				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	59.8068	4.81196	-0.000120413	60.0001
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

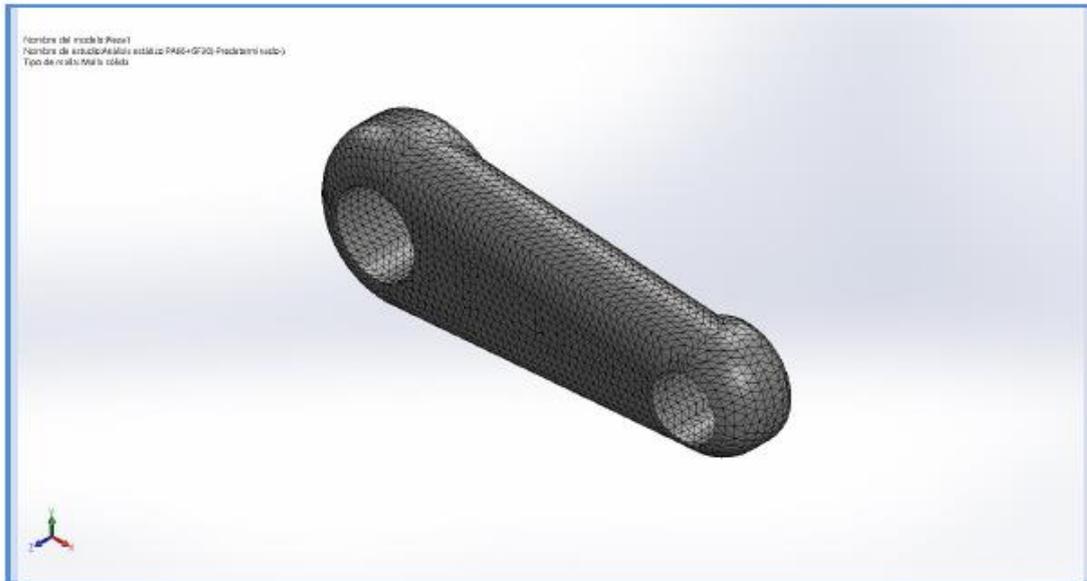
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga		
Fuerza-2		Entidades: 1 cara(s) Referencia: Arista < 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, -60 N		

## 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	2.04921 mm
Tolerancia	0.102461 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

## Información de malla - Detalles

Número total de nodos	66760
Número total de elementos	45227
Cociente máximo de aspecto	5.901
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	99.5
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:05
Nombre de computadora:	DAVID_SEMPER



## Fuerzas resultantes

### Fuerzas de reacción

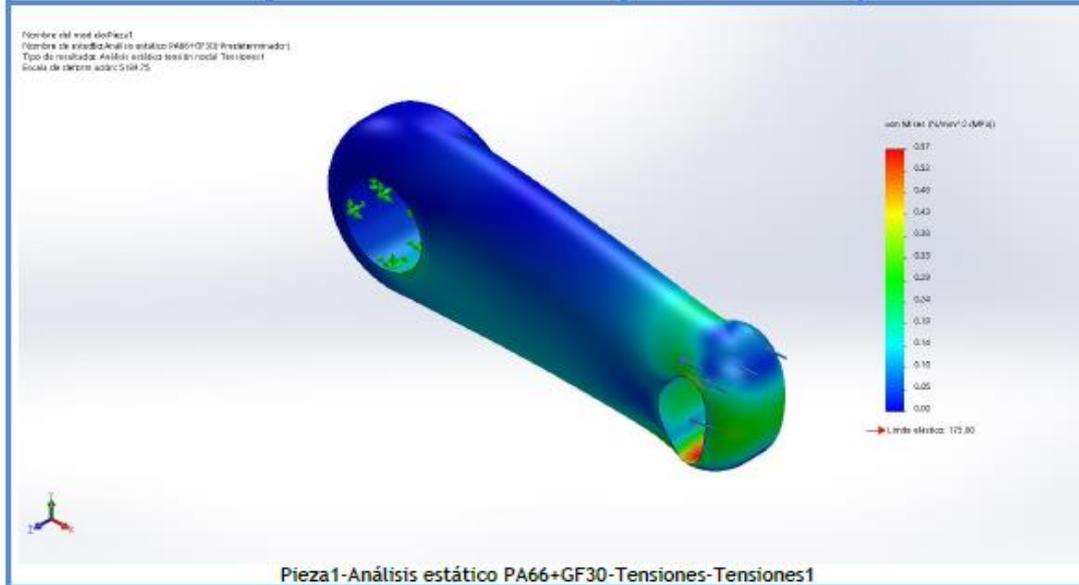
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	59.8068	4.81196	-0.000120413	60.0001

### Momentos de reacción

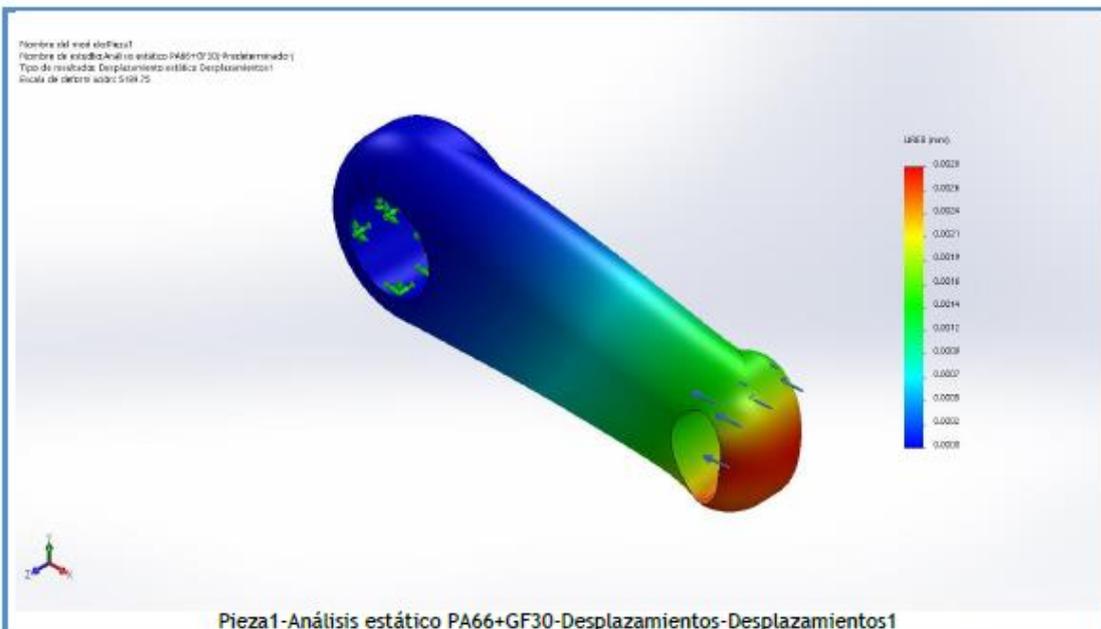
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

## Resultados del estudio

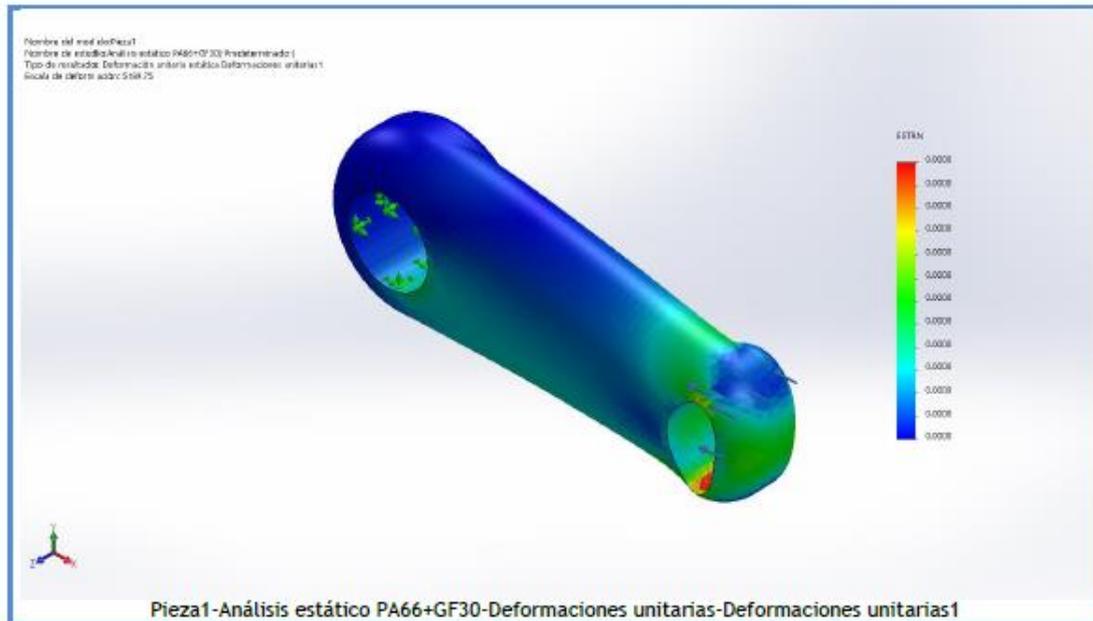
Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	0.00 N/mm <sup>2</sup> (MPa) Nodo: 63758	0.57 N/mm <sup>2</sup> (MPa) Nodo: 789



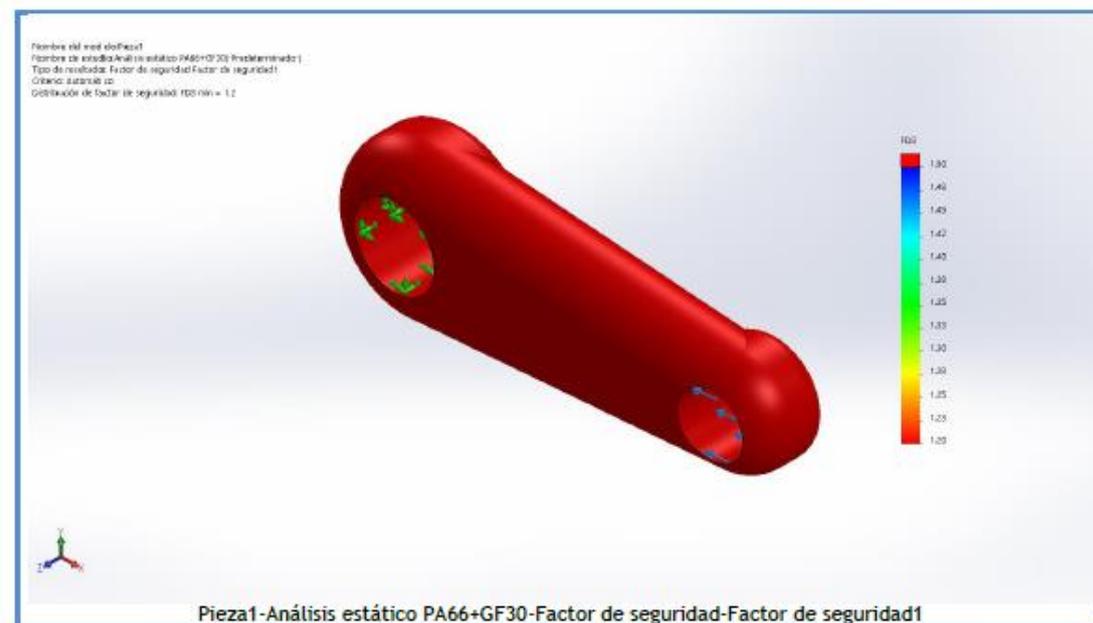
Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.0000 mm Nodo: 343	0.0028 mm Nodo: 272



Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	0.0000 Elemento: 14186	0.0000 Elemento: 6247



Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Factor de seguridad1	Automático	1.20 Nodo: 1	1.20 Nodo: 1



- Anexo 8:



## Simulación de Pieza1

Diseñador: David Semper Fernandez  
Nombre de estudio: Fatiga PA66+GF30  
Tipo de análisis: Fatiga (Amplitud constante)

### Tabla de contenidos

Información de modelo .....	2
Propiedades de estudio .....	3
Unidades .....	3
Propiedades de material .....	4
Opciones de carga .....	4
Resultados del estudio .....	5

## Información de modelo



Nombre del modelo: Pieza1  
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
 Cortar-Extruir1	Sólido	Masa:0.0892829 kg Volumen:5.91275e-005 m <sup>3</sup> Densidad:1510.01 kg/m <sup>3</sup> Peso:0.874972 N	C:\Users\david\Desktop\TFG DAVID SEMPER FERNANDEZ\TFG DAVID SEMPER\PIEZA MODIFICADA 1\Pieza1.SLDPRT Jul 15 18:23:12 2018

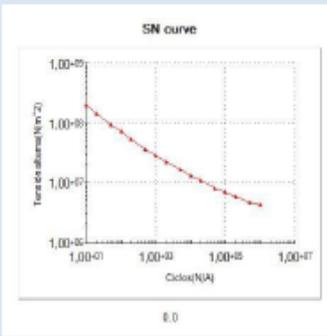
## Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Fatiga PA66+GF30
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\david\Desktop\TFG DAVID SEMPER FERNANDEZ\TFG DAVID SEMPER\PIEZA MODIFICADA 1)

## Unidades

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

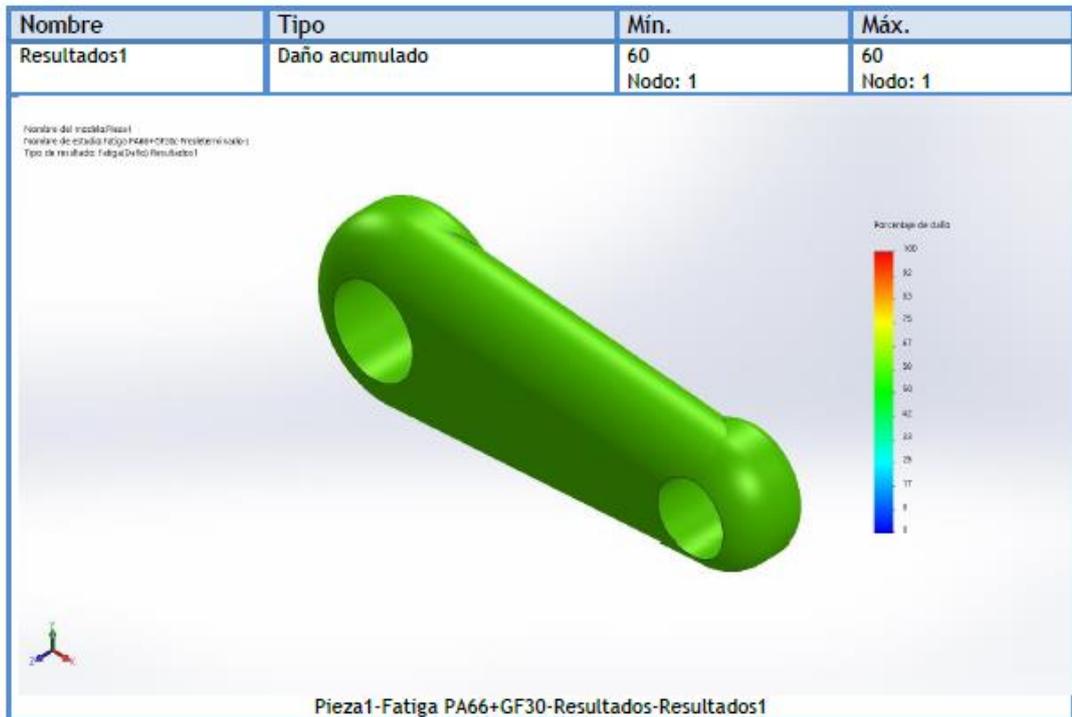
## Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p><b>Nombre:</b> PA66 + GF30%_BUENO (1)</p> <p><b>Tipo de modelo:</b> Isotrópico elástico lineal</p> <p><b>Criterio de error predeterminado:</b> Tensión de von Mises máx.</p>	Sólido 1(Cortar-Extruir1)(Pieza1)
<p>Datos de curva:</p>  <p>SN curve</p>		

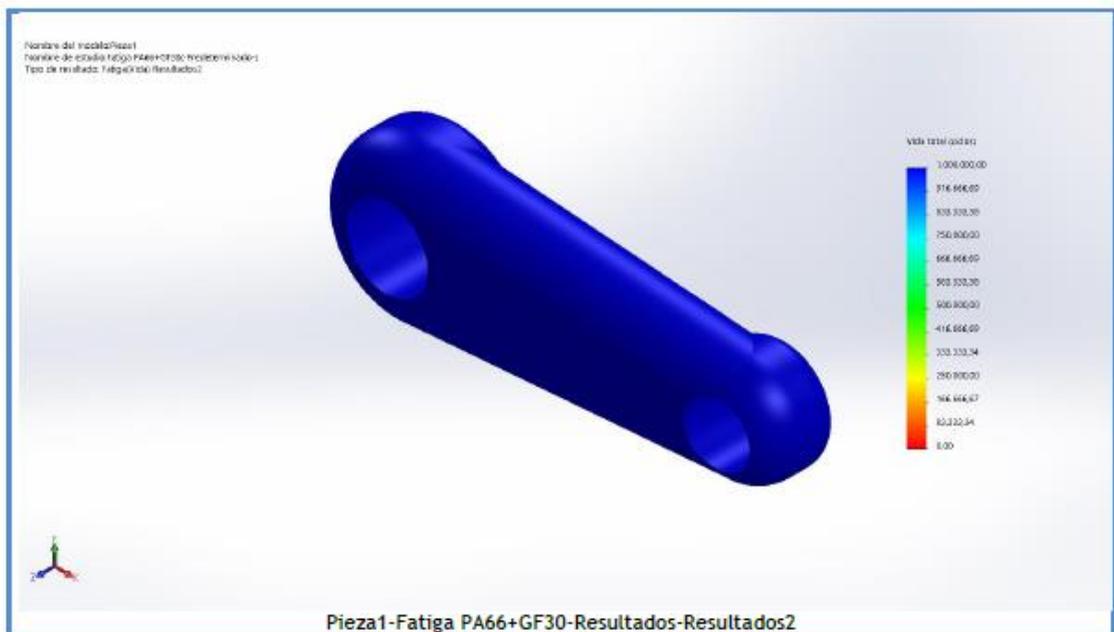
## Opciones de carga

Nombre del evento	N.º de ciclos	Tipo de carga	Asociación de estudios		
			Nombre de estudio	Factor de escala	Incremento
Suceso-1	600000	Completamente invertida (LR=-1)	Análisis estático PA66+GF30	1	0

## Resultados del estudio



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Resultados2	Vida total	1.000.000,00ciclos Nodo: 1	1.000.000,00ciclos Nodo: 1



- Anexo 9:



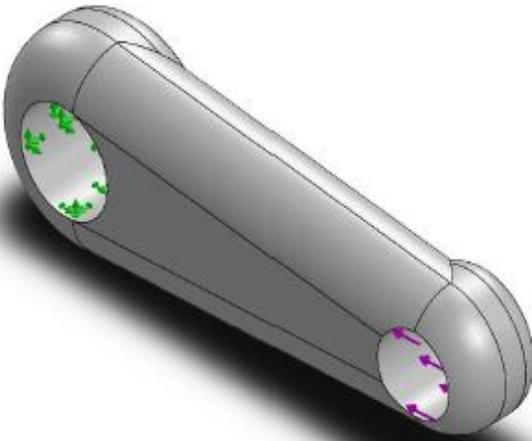
## Simulación de Pieza1

Diseñador: David Semper Fernandez  
Nombre de estudio: Análisis estático ABS  
Tipo de análisis: Análisis estático

### Tabla de contenidos

Información de modelo .....	2
Propiedades de estudio .....	3
Unidades .....	3
Propiedades de material .....	4
Cargas y sujeciones.....	5
Información de malla .....	6
Fuerzas resultantes.....	7
Resultados del estudio .....	8

## Información de modelo



Nombre del modelo: Pieza1  
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Redondeo2 	Sólido	Masa:0.0620841 kg Volumen:5.91275e-005 m <sup>3</sup> Densidad:1050 kg/m <sup>3</sup> Peso:0.608424 N	C:\Users\david\Desktop\TFG DAVID SEMPER FERNANDEZ\TFG DAVID SEMPER\PIEZA MODIFICADA 1\Pieza1.SLDPRT Jul 15 18:23:12 2018

## Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Análisis estático ABS
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\david\Desktop\TFG DAVID SEMPER FERNANDEZ\TFG DAVID SEMPER\PIEZA MODIFICADA 1)

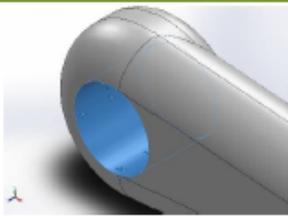
## Unidades

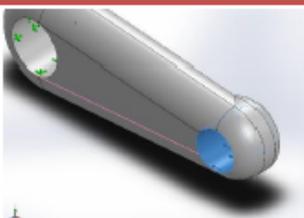
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m <sup>2</sup>

## Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: ABS HIGH IMPACT</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 4.07e+007 N/m<sup>2</sup></p> <p>Límite de tracción: 4.34e+007 N/m<sup>2</sup></p> <p>Límite de compresión: 5.52e+007 N/m<sup>2</sup></p> <p>Módulo elástico: 2.41e+009 N/m<sup>2</sup></p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.419</p> <p>Densidad: 1050 kg/m<sup>3</sup></p> <p>Módulo cortante: 3.189e+008 N/m<sup>2</sup></p>	Sólido 1(Redondeo2)(Pieza1)
Datos de curva:N/A		

## Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-2		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija		
<b>Fuerzas resultantes</b>				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	59.807	4.81196	8.59546e-005	60.0003
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

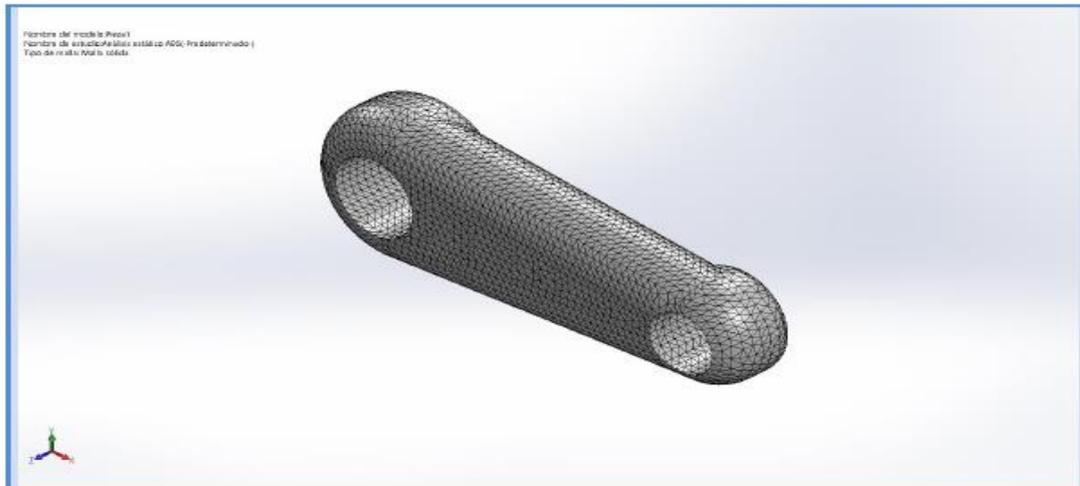
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga		
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Referencia: Arista < 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, -60 N		

## 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	2.04921 mm
Tolerancia	0.102461 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

## Información de malla - Detalles

Número total de nodos	66760
Número total de elementos	45227
Cociente máximo de aspecto	5.901
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	99.5
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:03
Nombre de computadora:	DAVID_SEMPER



### Fuerzas resultantes

#### Fuerzas de reacción

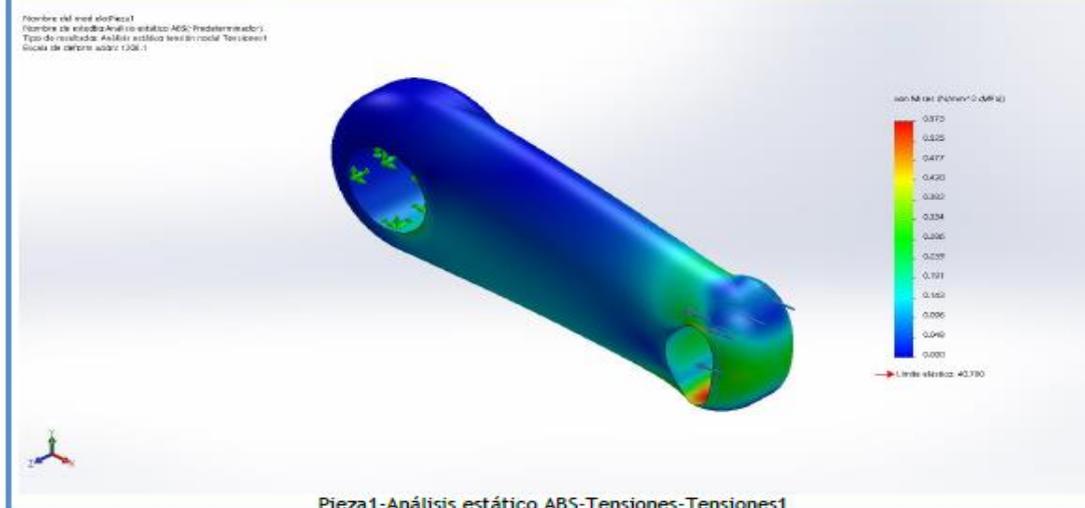
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	59.807	4.81196	8.59546e-005	60.0003

#### Momentos de reacción

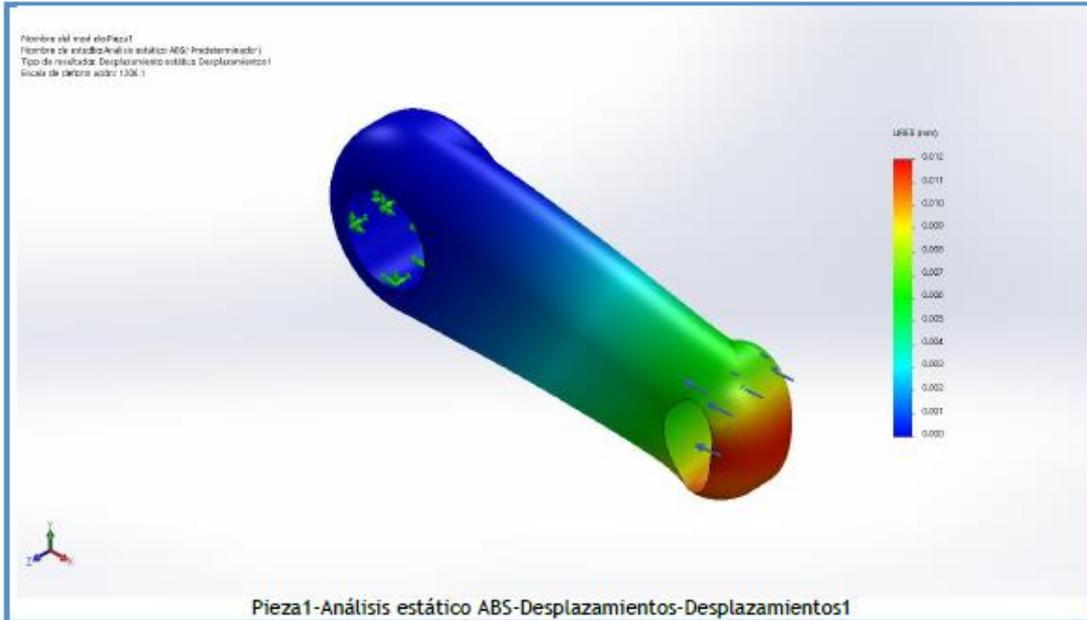
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

### Resultados del estudio

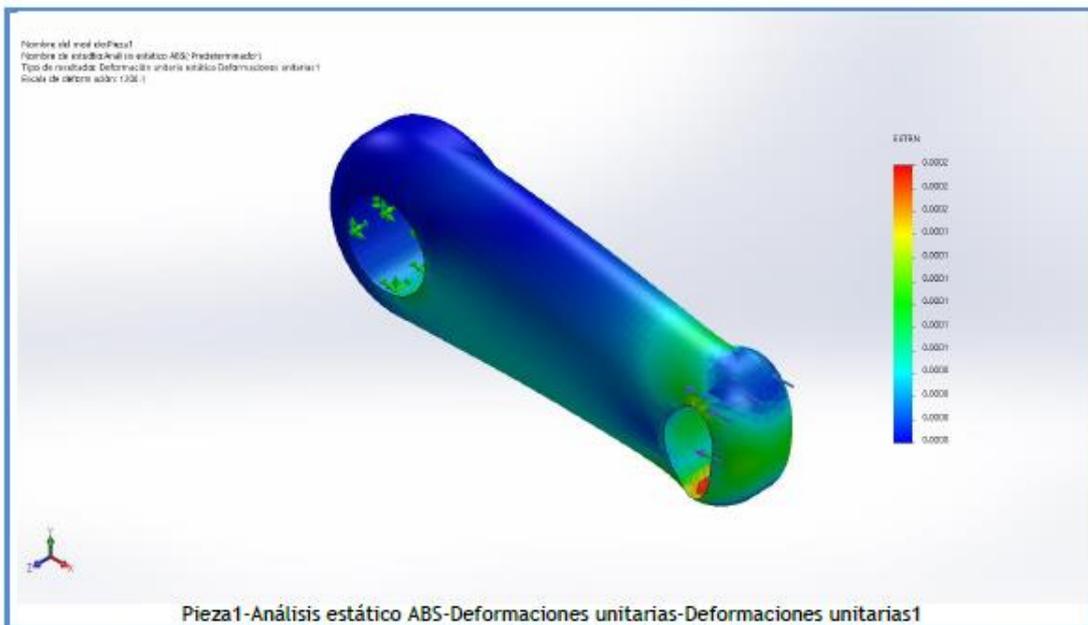
Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	0.000 N/mm <sup>2</sup> (MPa) Nodo: 63756	0.573 N/mm <sup>2</sup> (MPa) Nodo: 789



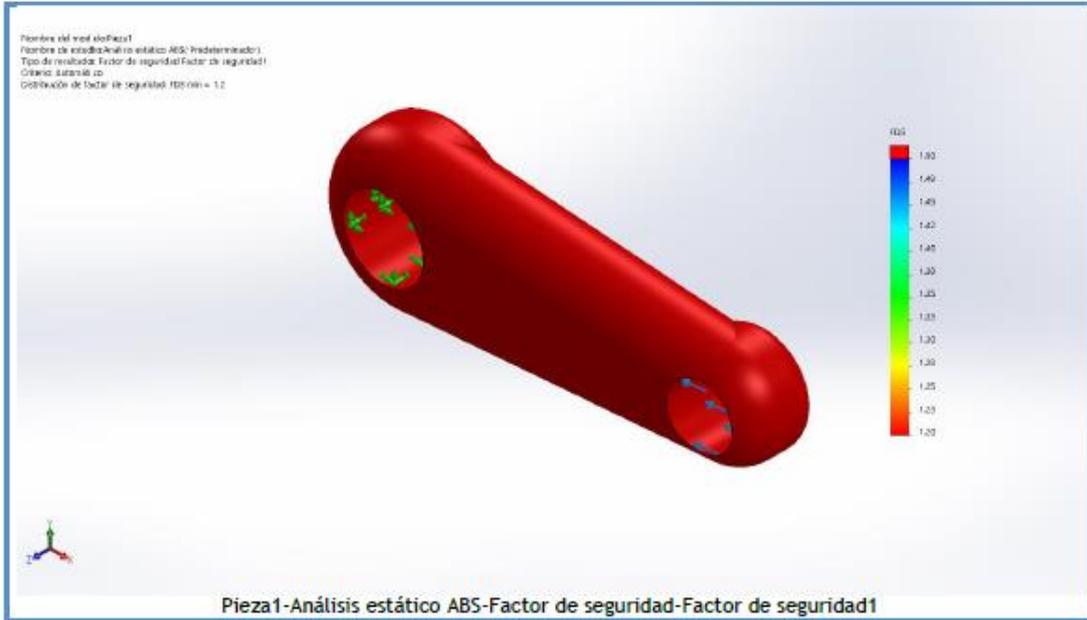
Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.000 mm Nodo: 343	0.012 mm Nodo: 272



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	0.0000 Elemento: 10935	0.0002 Elemento: 6247



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Automático	1.20 Nodo: 1	1.20 Nodo: 1



- Anexo 10:



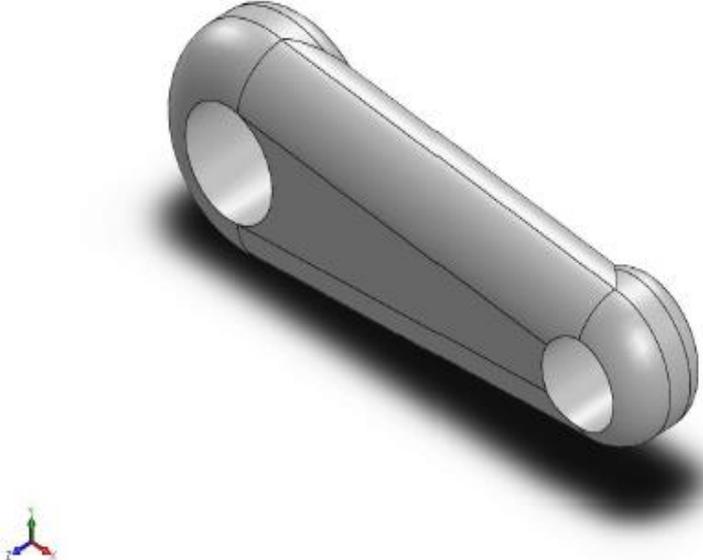
## Simulación de Pieza1

Diseñador: David Semper Fernandez  
Nombre de estudio: Fatiga ABS  
Tipo de análisis: Fatiga (Amplitud constante)

### Tabla de contenidos

Información de modelo .....	2
Propiedades de estudio .....	3
Unidades .....	3
Propiedades de material .....	4
Opciones de carga .....	4
Resultados del estudio .....	5

## Información de modelo

 <p>Nombre del modelo: Pieza1 Configuración actual: Predeterminado</p>			
Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Cortar-Extruir1 	Sólido	Masa:0.0620841 kg Volumen:5.91275e-005 m <sup>3</sup> Densidad:1050 kg/m <sup>3</sup> Peso:0.608424 N	C:\Users\david\Desktop\TFG DAVID SEMPER FERNANDEZ\TFG DAVID SEMPER\PIEZA MODIFICADA 1\Pieza1.SLDPRT Jul 15 18:23:12 2018

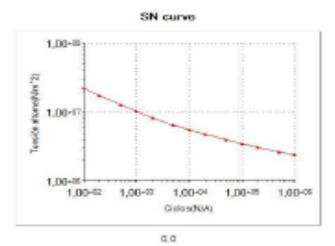
### Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Fatiga ABS
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
Carpetas de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\david\Desktop\TFG DAVID SEMPER FERNANDEZ\TFG DAVID SEMPER\PIEZA MODIFICADA 1)

### Unidades

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

### Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: ABS HIGH IMPACT</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p>	Sólido 1(Cortar-Extruir1)(Pieza1)
<p>Datos de curva:</p>  <p>SN curve</p>		

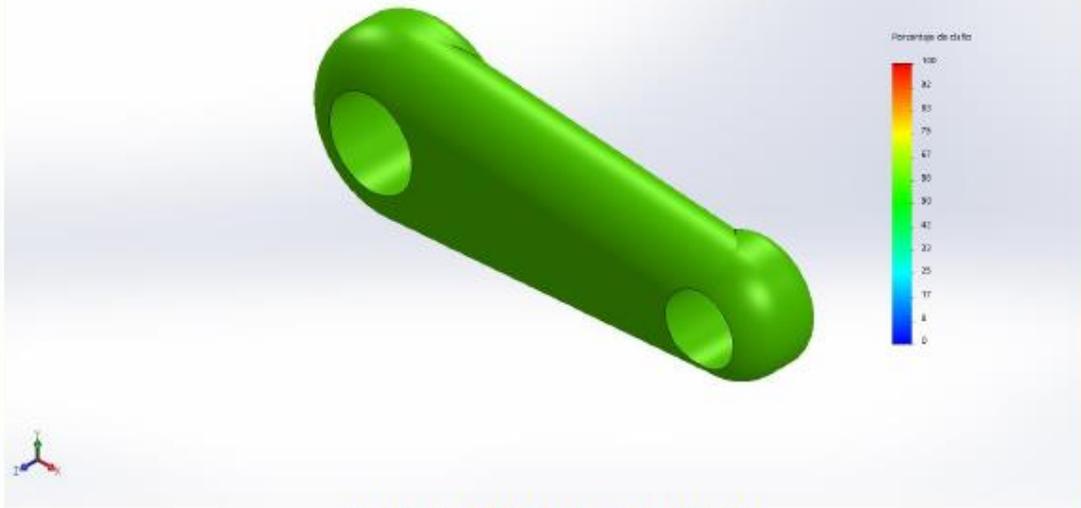
### Opciones de carga

Nombre del evento	N.º de ciclos	Tipo de carga	Asociación de estudios		
			Nombre de estudio	Factor de escala	Incremento
Suceso-1	600000	Completamente invertida (LR=-1)	Análisis estático ABS	1	0

## Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Resultados1	Daño acumulado	60 Nodo: 1	60 Nodo: 1

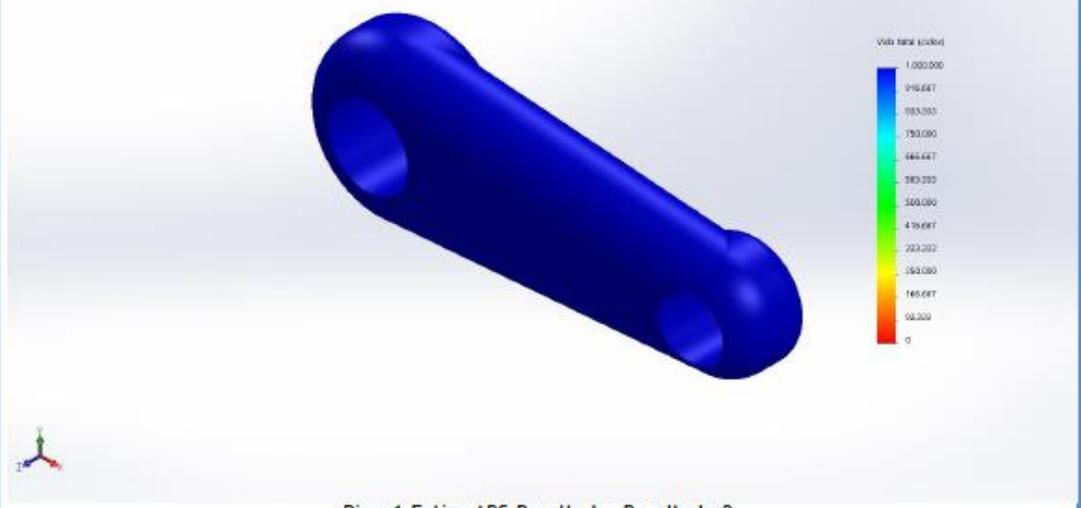
Nombre del mod. de Pieza1  
Nombre de estudio: Fatiga ABS (Predefinido)  
Tipo de resultado: Fatiga (Daño) Resultados1



Pieza1-Fatiga ABS-Resultados-Resultados1

Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Resultados2	Vida total	1.000.000ciclos Nodo: 1	1.000.000ciclos Nodo: 1

Nombre del mod. de Pieza1  
Nombre de estudio: Fatiga ABS (Predefinido)  
Tipo de resultado: Fatiga (Vida) Resultados2



Pieza1-Fatiga ABS-Resultados-Resultados2

- **Anexo 11:**



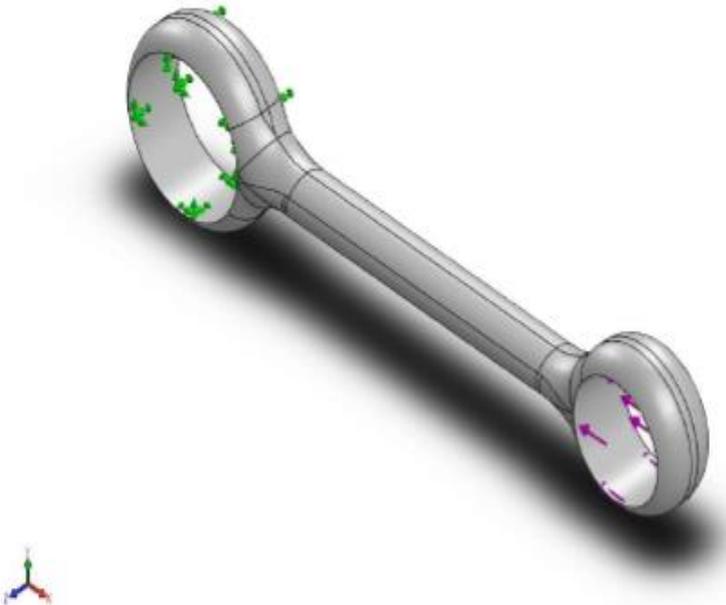
## Simulación de Pieza2.1

Diseñador: David Semper Fernandez  
Nombre de estudio: Análisis estático PIEZA 2  
PA66+GF30  
Tipo de análisis: Análisis estático

### Tabla de contenidos

Información de modelo .....	2
Propiedades de estudio.....	3
Unidades .....	3
Propiedades de material .....	4
Cargas y sujeciones.....	5
Información de malla .....	6
Fuerzas resultantes.....	7
Resultados del estudio .....	8

## Información de modelo



Nombre del modelo: Pieza2.1  
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Redondeo3 	Sólido	Masa:0.0079259 kg Volumen:5.24894e-006 m <sup>3</sup> Densidad:1510 kg/m <sup>3</sup> Peso:0.0776738 N	C:\Users\david\Desktop\T FG DAVID SEMPER FERNANDEZ\solid paso a paso\pieza plastico 2\Pieza2.1.SLDPRT Jul 21 19:45:11 2018

## Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Análisis estático PIEZA 2 PA66+GF30
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\david\appdata\local\temp)

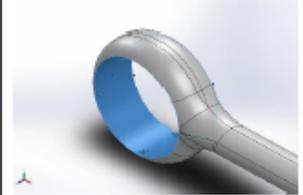
## Unidades

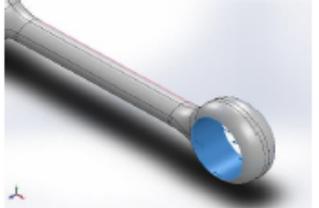
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m <sup>2</sup>

## Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: PA66 + GF30%_BUENO (2)</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 1.75e+008 N/m<sup>2</sup></p> <p>Límite de tracción: 1.73e+008 N/m<sup>2</sup></p> <p>Límite de compresión: 1.38e+008 N/m<sup>2</sup></p> <p>Módulo elástico: 1.03e+010 N/m<sup>2</sup></p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.36</p> <p>Densidad: 1510 kg/m<sup>3</sup></p> <p>Módulo cortante: 5.2758e+009 N/m<sup>2</sup></p>	Sólido 2(Redondeo3)(Pieza2.1)
Datos de curva:N/A		

## Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija		
<b>Fuerzas resultantes</b>				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	59.9995	0.000154854	0.000182393	59.9995
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

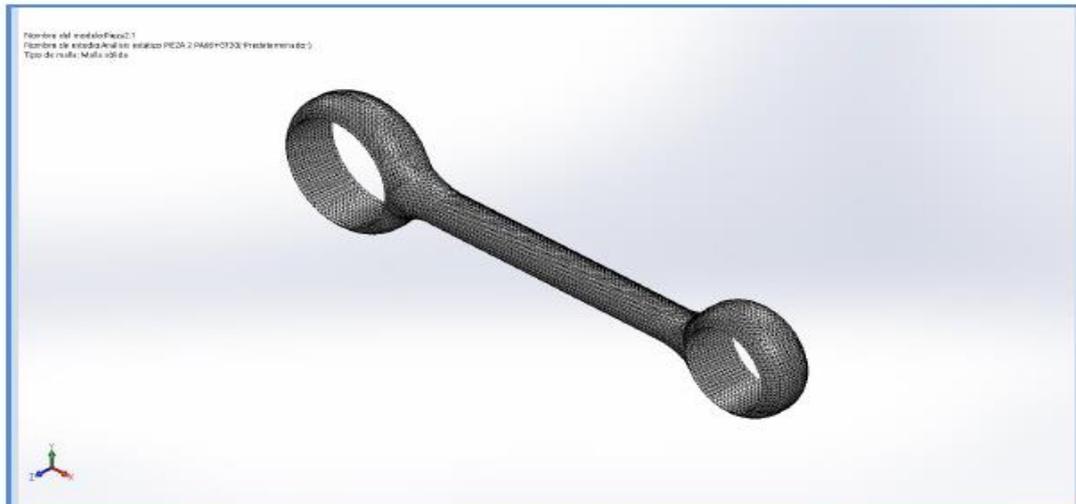
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga		
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Referencia: Arista < 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, 60 N		

## 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	0.766376 mm
Tolerancia	0.0383188 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

## Información de malla - Detalles

Número total de nodos	133369
Número total de elementos	88250
Cociente máximo de aspecto	5.1505
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	99.8
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:06
Nombre de computadora:	DAVID_SEMPER



## Fuerzas resultantes

### Fuerzas de reacción

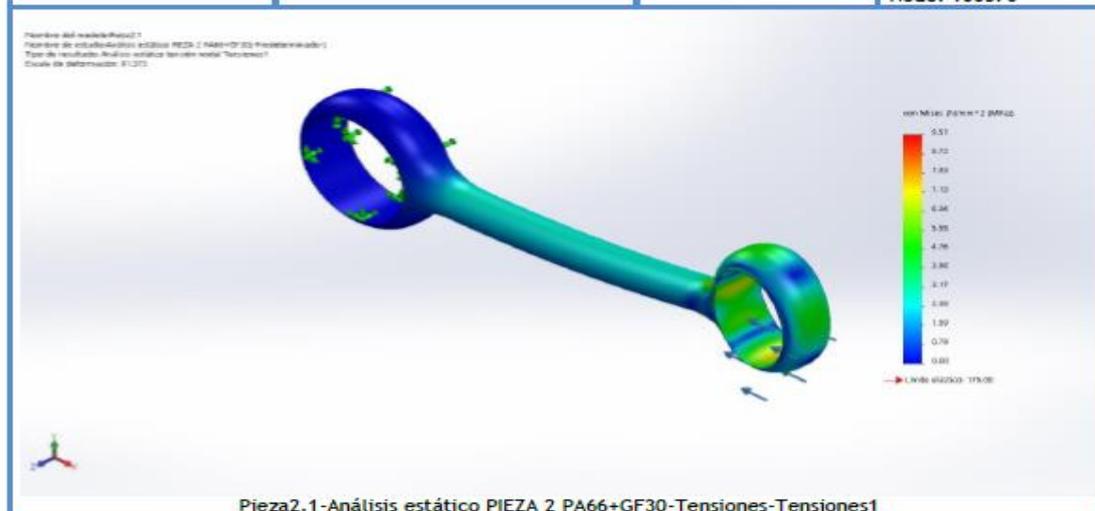
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	59.9995	0.000154854	0.000182393	59.9995

### Momentos de reacción

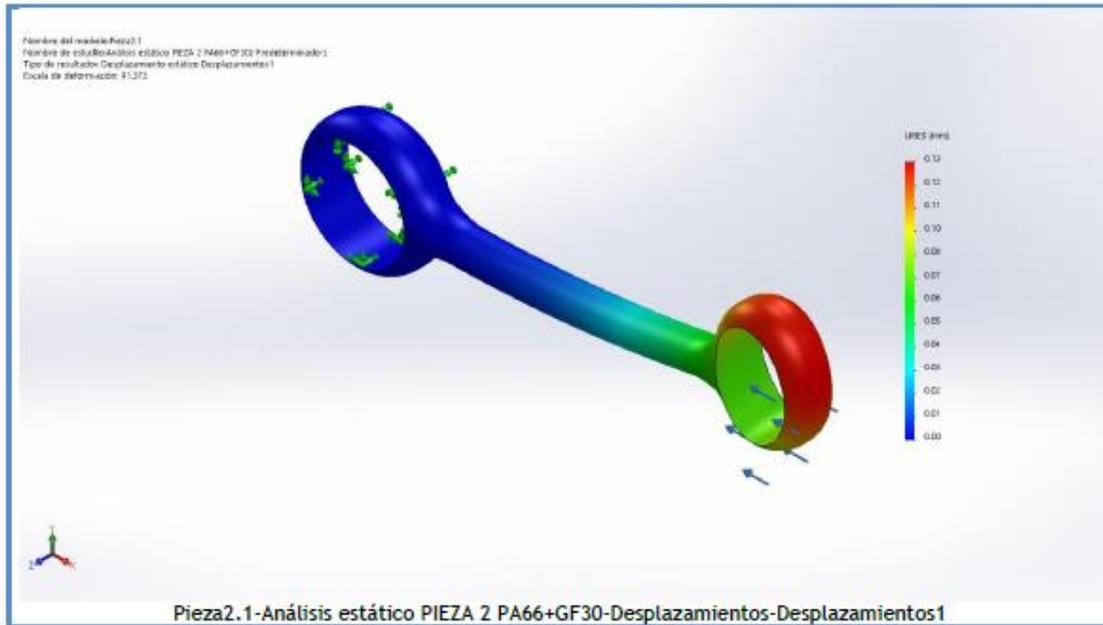
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

## Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	0.00 N/mm <sup>2</sup> (MPa) Nodo: 119660	9.51 N/mm <sup>2</sup> (MPa) Nodo: 106570

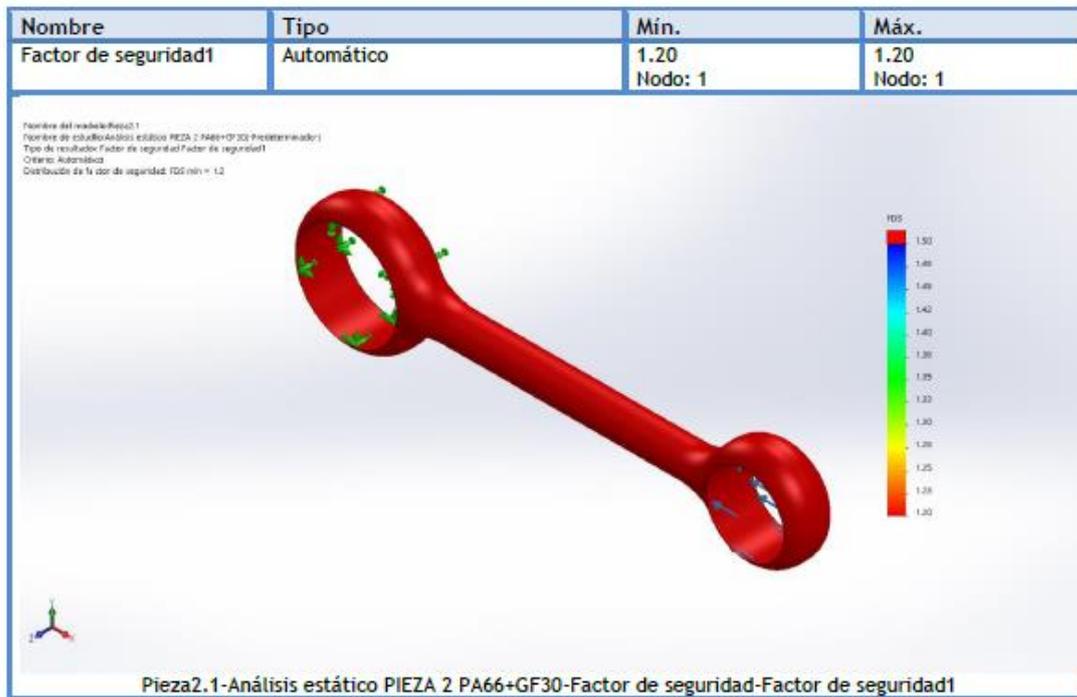


Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.00 mm Nodo: 754	0.13 mm Nodo: 370



Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	0.0000 Elemento: 59612	0.0008 Elemento: 11577





- Anexo 12:



## Simulación de Pieza2.1

Diseñador: David Semper Fernandez  
Nombre de estudio: Fatiga PIEZA 2 PA66+GF30  
Tipo de análisis: Fatiga (Amplitud constante)

### Tabla de contenidos

Información de modelo .....	2
Propiedades de estudio .....	3
Unidades .....	3
Propiedades de material .....	4
Opciones de carga .....	4
Resultados del estudio .....	5

## Información de modelo

			
<p>Nombre del modelo: Pieza2.1 Configuración actual: Predeterminado</p>			
Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
<p>Cortar-Extruir1</p> 	Sólido	<p>Masa:0.0079259 kg Volumen:5.24894e-006 m<sup>3</sup> Densidad:1510 kg/m<sup>3</sup> Peso:0.0776738 N</p>	<p>C:\Users\david\Desktop\T FG DAVID SEMPER FERNANDEZ\solid paso a paso\pieza plastico 2\Pieza2.1.SLDPRT Jul 21 19:45:11 2018</p>

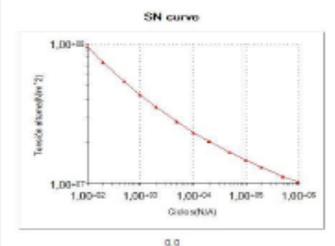
### Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Fatiga PIEZA 2 PA66+GF30
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\david\appdata\local\temp)

### Unidades

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

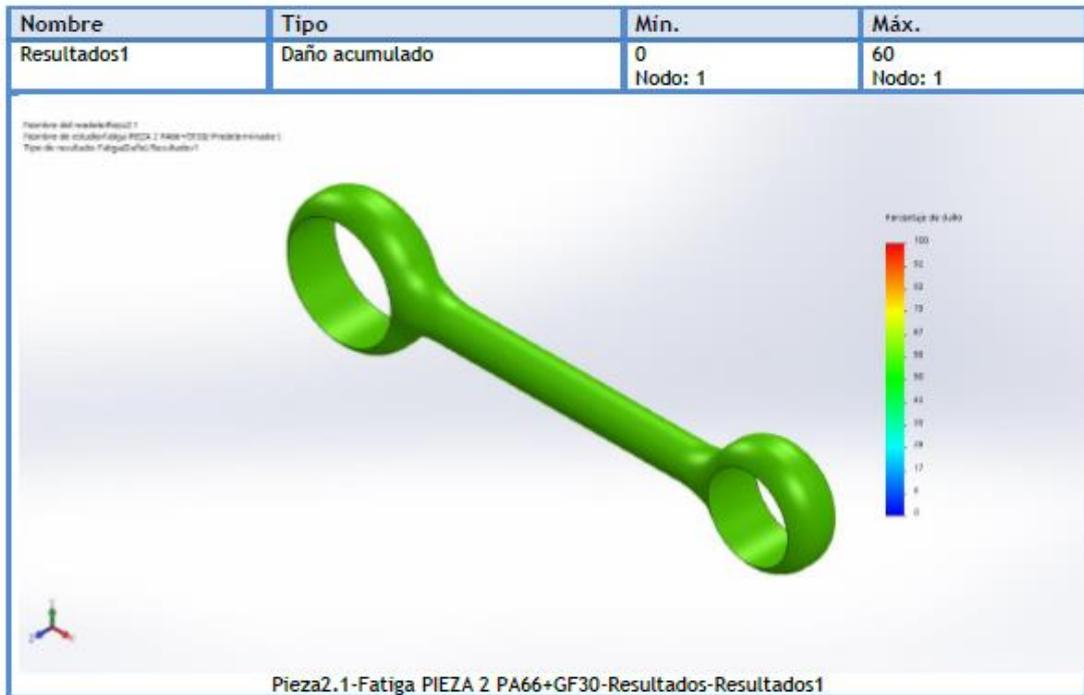
### Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: PA66 + GF30%_BUENO (2)</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p>	Sólido 1(Cortar-Extruir1)(Pieza2)
<p>Datos de curva:</p>  <p>SN curve</p>		

### 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	600000	Completamente invertida (LR=-1)	Análisis estático PIEZA 2 PA66+GF30	1	0

## Resultados del estudio



Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Resultados2	Vida total	0 ciclos Nodo: 1	1.000.000,00 ciclos Nodo: 1



- Anexo 13:



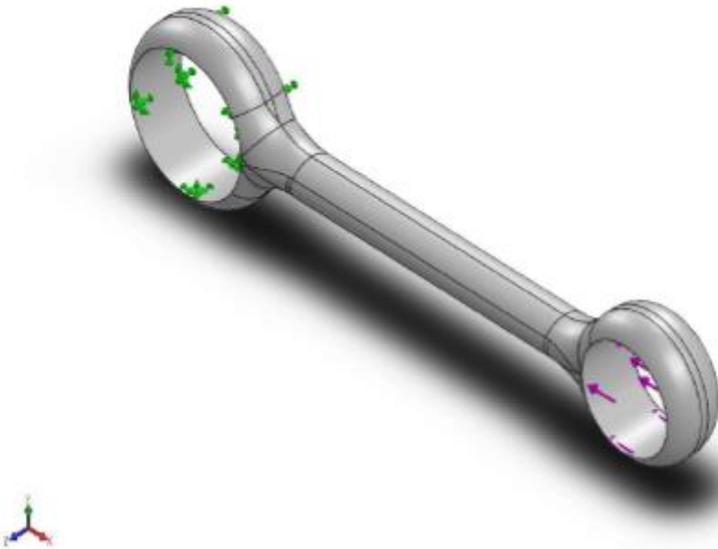
## Simulación de Pieza2.1

Diseñador: David Semper Fernandez  
Nombre de estudio: Análisis estático PIEZA2  
ABS  
Tipo de análisis: Análisis estático

### Tabla de contenidos

Información de modelo .....	2
Propiedades de estudio.....	3
Unidades .....	3
Propiedades de material .....	4
Cargas y sujeciones.....	5
Información de malla .....	6
Fuerzas resultantes.....	7
Resultados del estudio .....	8

## Información de modelo



Nombre del modelo: Pieza2.1  
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
 <p>Redondeo3</p>	Sólido	<p>Masa:0.00551139 kg  Volumen:5.24894e-006 m<sup>3</sup>  Densidad:1050 kg/m<sup>3</sup>  Peso:0.0540116 N</p>	<p>C:\Users\david\Desktop\T  FG DAVID SEMPER  FERNANDEZ\solid paso a  paso\pieza plastico  2\Pieza2.1.SLDPR  T Jul 21 19:45:11 2018</p>

### Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Análisis estático PIEZA2 ABS
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\david\Desktop\TFG DAVID SEMPER FERNANDEZ\solid paso a paso\pieza plastico 2)

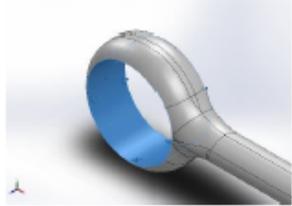
### Unidades

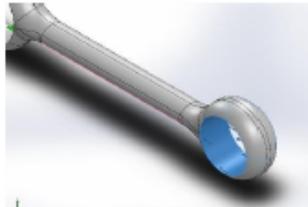
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m <sup>2</sup>

### Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: ABS HIGH IMPACT</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 4.07e+007 N/m<sup>2</sup></p> <p>Límite de tracción: 4.34e+007 N/m<sup>2</sup></p> <p>Límite de compresión: 5.52e+007 N/m<sup>2</sup></p> <p>Módulo elástico: 2.41e+009 N/m<sup>2</sup></p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.419</p> <p>Densidad: 1050 kg/m<sup>3</sup></p> <p>Módulo cortante: 3.189e+008 N/m<sup>2</sup></p>	<p>Sólido</p> <p>2(Redondeo3)(Pieza2.1)</p>
Datos de curva:N/A		

## Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija		
<b>Fuerzas resultantes</b>				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	59.9999	-2.30361e-005	7.08884e-005	59.9999
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

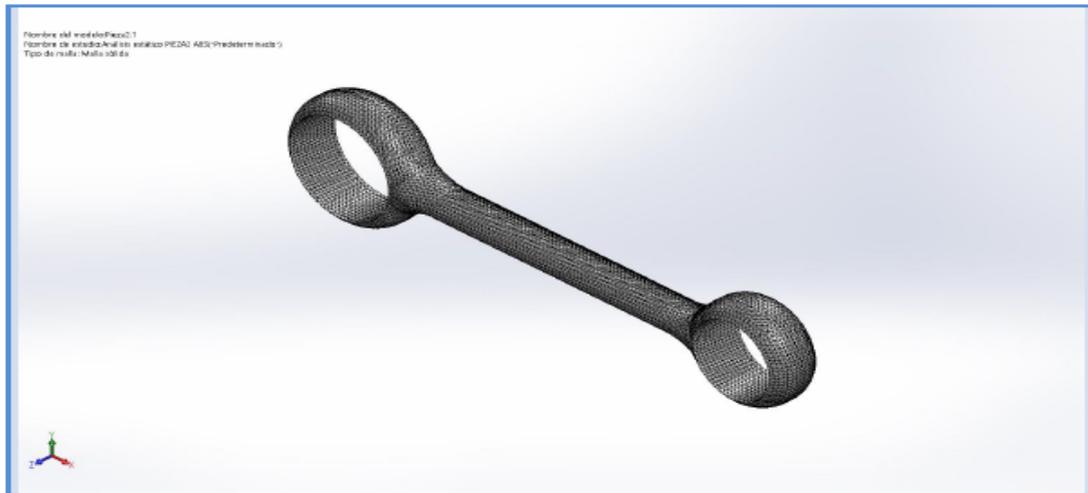
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga		
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Referencia: Arista< 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, 60 N		

## 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	0.766376 mm
Tolerancia	0.0383188 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

## Información de malla - Detalles

Número total de nodos	133369
Número total de elementos	88250
Cociente máximo de aspecto	5.1505
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	99.8
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:06
Nombre de computadora:	DAVID_SEMPER



## Fuerzas resultantes

### Fuerzas de reacción

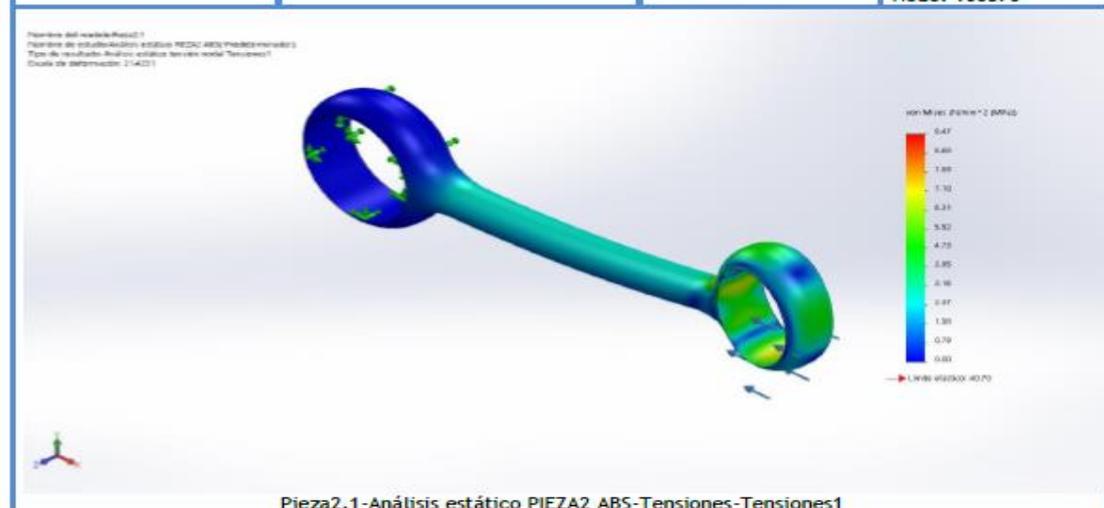
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	59.9999	-2.30361e-005	7.08884e-005	59.9999

### Momentos de reacción

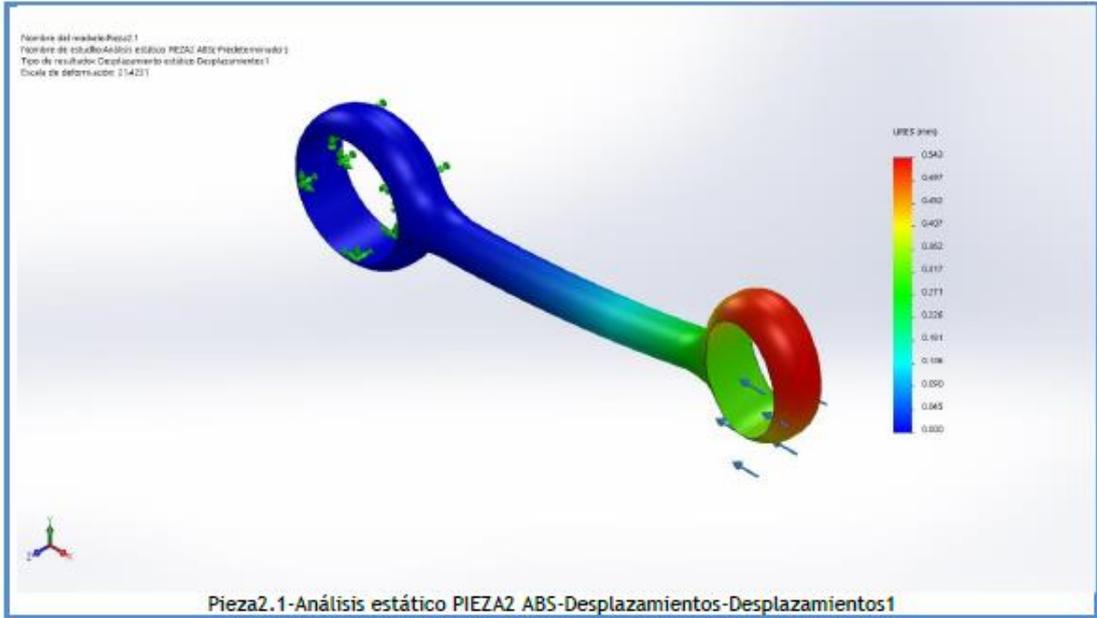
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

## Resultados del estudio

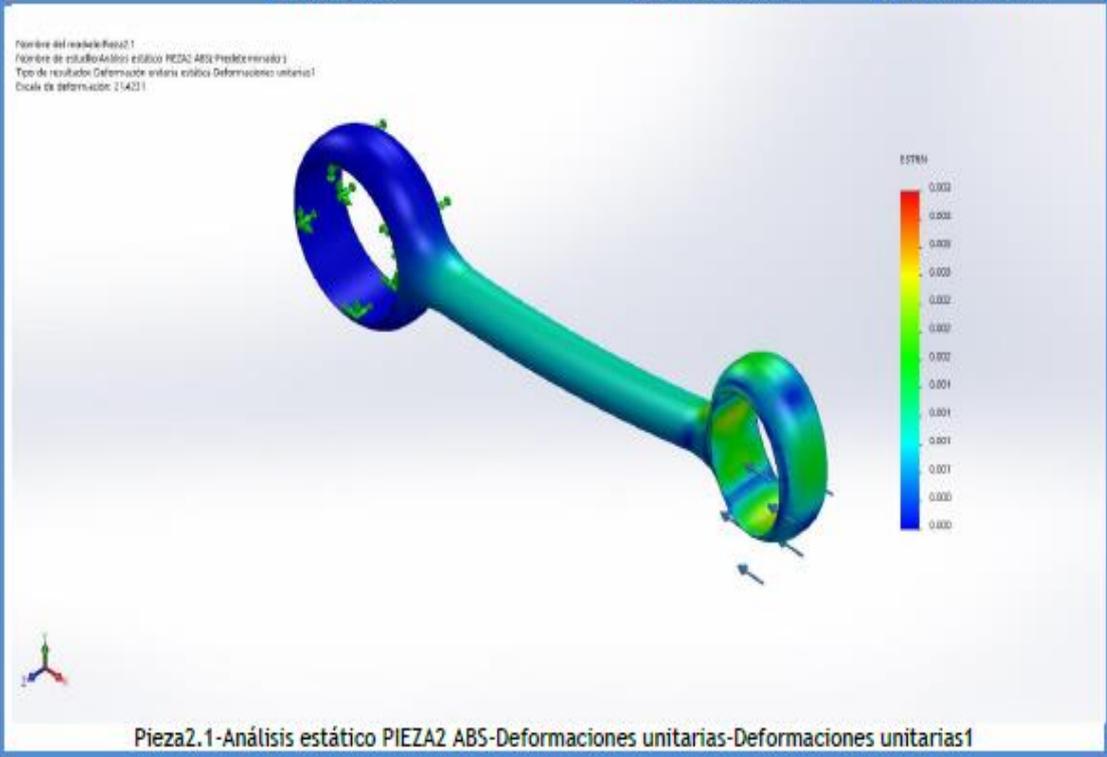
Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	0.00 N/mm <sup>2</sup> (MPa) Nodo: 2065	9.47 N/mm <sup>2</sup> (MPa) Nodo: 106570

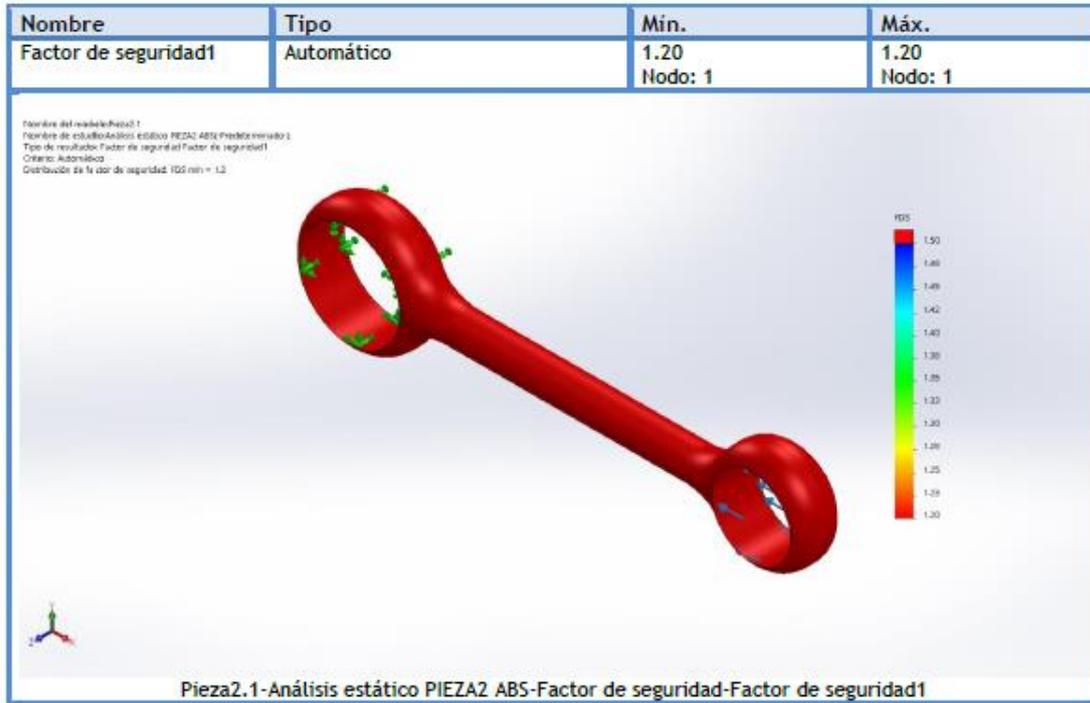


Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.000 mm Nodo: 754	0.543 mm Nodo: 370



Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	0.000 Elemento: 64535	0.003 Elemento: 11577





- Anexo 14:



## Simulación de Pieza2.1

Diseñador: David Semper Fernandez  
Nombre de estudio: Fatiga PIEZA 2 ABS  
Tipo de análisis: Fatiga(Amplitud constante)

### Tabla de contenidos

Información de modelo .....	2
Propiedades de estudio .....	3
Unidades .....	3
Propiedades de material .....	4
Opciones de carga .....	4
Resultados del estudio.....	5

## Información de modelo

			
			
Nombre del modelo: Pieza2.1 Configuración actual: Predeterminado			
Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Cortar-Extruir1 	Sólido	Masa:0.00551139 kg Volumen:5.24894e-006 m <sup>3</sup> Densidad:1050 kg/m <sup>3</sup> Peso:0.0540116 N	C:\Users\david\Desktop\T FG DAVID SEMPER FERNANDEZ\solid paso a paso\pieza plastico 2\Pieza2.1.SLDPR T Jul 21 19:45:11 2018

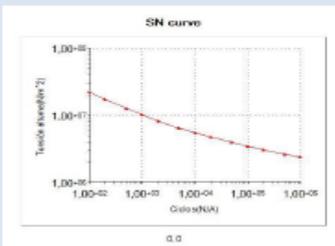
### Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Fatiga PIEZA 2 ABS
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\david\Desktop\TFG DAVID SEMPER FERNANDEZ\solid paso a paso\pieza plastico 2)

### Unidades

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

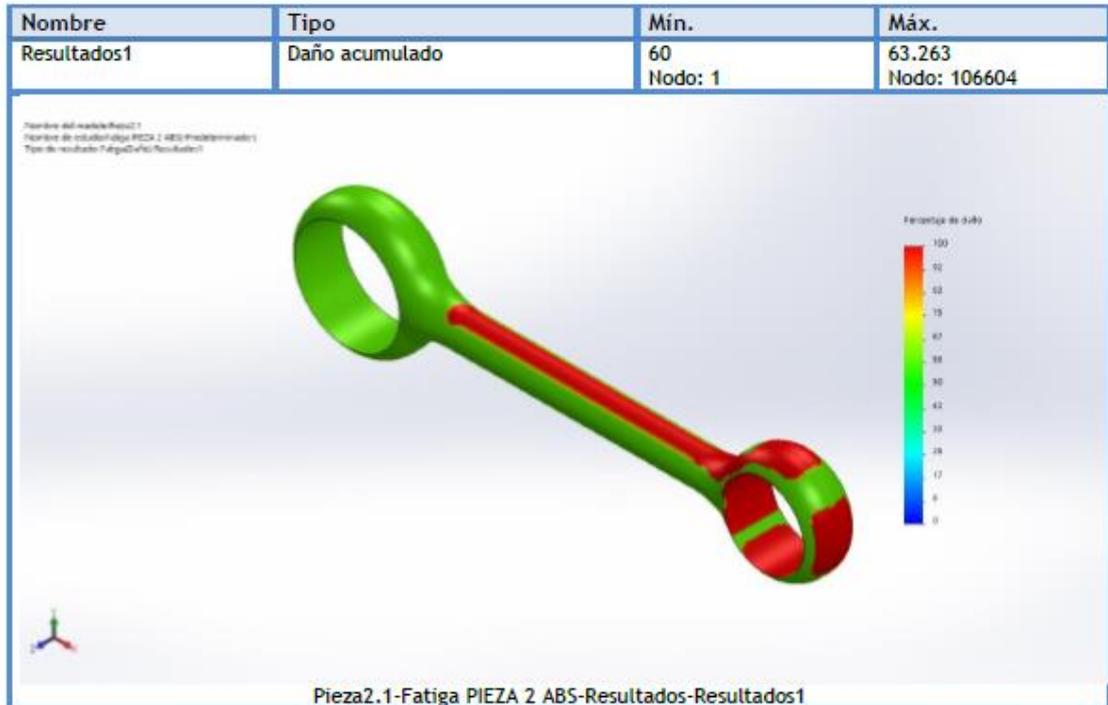
### Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: ABS HIGH IMPACT</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p>	Sólido 1(Cortar-Extruir1)(Pieza2)
<p>Datos de curva:</p>  <p>SN curve</p>		

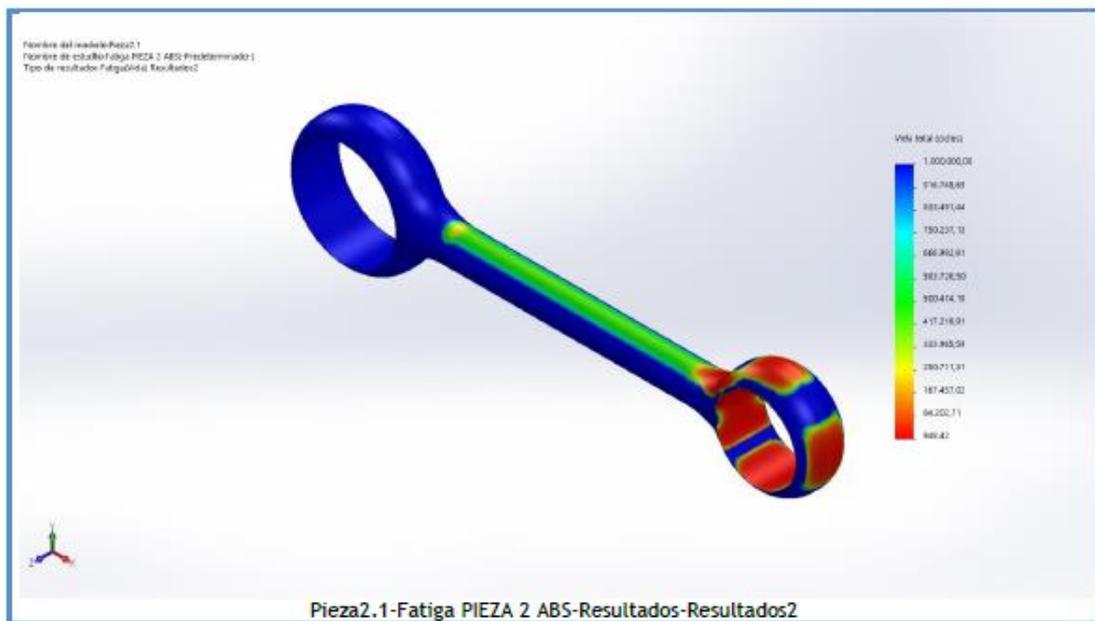
### Opciones de carga

Nombre del evento	N.º de ciclos	Tipo de carga	Asociación de estudios		
			Nombre de estudio	Factor de escala	Incremento
Suceso-1	600000	Completamente invertida (LR=-1)	Análisis estático PIEZA2 ABS	1	0

## Resultados del estudio



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Resultados2	Vida total	948.42 ciclos Nodo: 106604	1.000.000,00ciclos Nodo: 1



- Anexo 15:



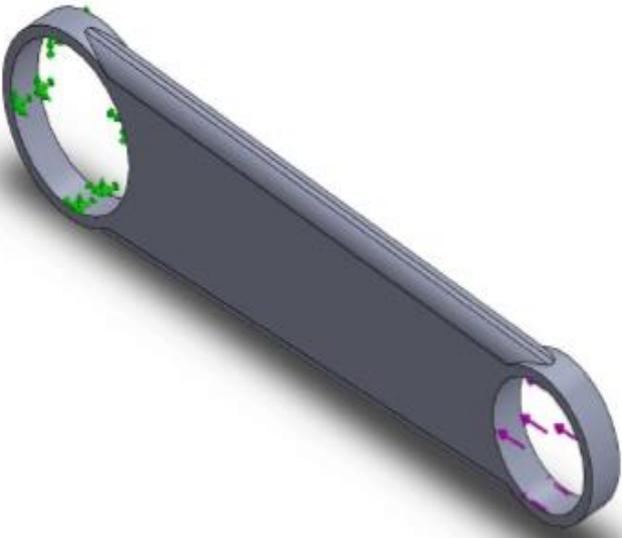
## Simulación de Pieza 3

Diseñador: David Semper Fernandez  
Nombre de estudio: Análisis estático pieza 3  
PA66+GF30  
Tipo de análisis: Análisis estático

### Tabla de contenidos

Información de modelo .....	2
Propiedades de estudio .....	3
Unidades .....	3
Propiedades de material .....	4
Cargas y sujeciones.....	5
Información de malla .....	6
Fuerzas resultantes.....	7
Resultados del estudio .....	8

## Información de modelo

 <p>Nombre del modelo: Pieza 3 Configuración actual: Predeterminado</p>			
Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Redondeo1 	Sólido	Masa:0.0128116 kg Volumen:8.48453e-006 m <sup>3</sup> Densidad:1510 kg/m <sup>3</sup> Peso:0.125554 N	C:\Users\david\Desktop\T FG DAVID SEMPER FERNANDEZ\solid paso a paso\pieza plastico 3\Pieza 3.SLDPRT Jul 15 19:28:25 2018

### Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Análisis estático pieza 3 PA66+GF30
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\david\Desktop\TFG DAVID SEMPER FERNANDEZ\solid paso a paso\pieza plastico 3)

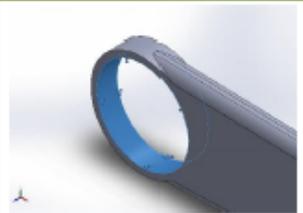
### Unidades

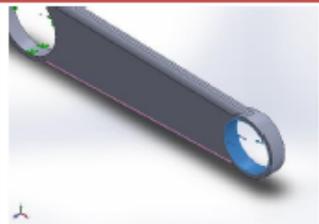
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m <sup>2</sup>

### Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: PA66 + GF30%_BUENO (4)</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 1.75e+008 N/m<sup>2</sup></p> <p>Límite de tracción: 1.73e+008 N/m<sup>2</sup></p> <p>Límite de compresión: 1.38e+008 N/m<sup>2</sup></p> <p>Módulo elástico: 1.03e+010 N/m<sup>2</sup></p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.36</p> <p>Densidad: 1510 kg/m<sup>3</sup></p> <p>Módulo cortante: 5.2758e+009 N/m<sup>2</sup></p>	Sólido 1(Redondeo1)(Pieza 3)
Datos de curva:N/A		

## Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija		
<b>Fuerzas resultantes</b>				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	59.9749	1.7234	-0.000178412	59.9997
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Referencia: Arista< 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, -60 N

## 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	1.03129 mm
Tolerancia	0.0515646 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

## Información de malla - Detalles

Número total de nodos	77352
Número total de elementos	50627
Cociente máximo de aspecto	14.043
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	99.7
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0.0395
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:03
Nombre de computadora:	DAVID_SEMPER



### Fuerzas resultantes

#### Fuerzas de reacción

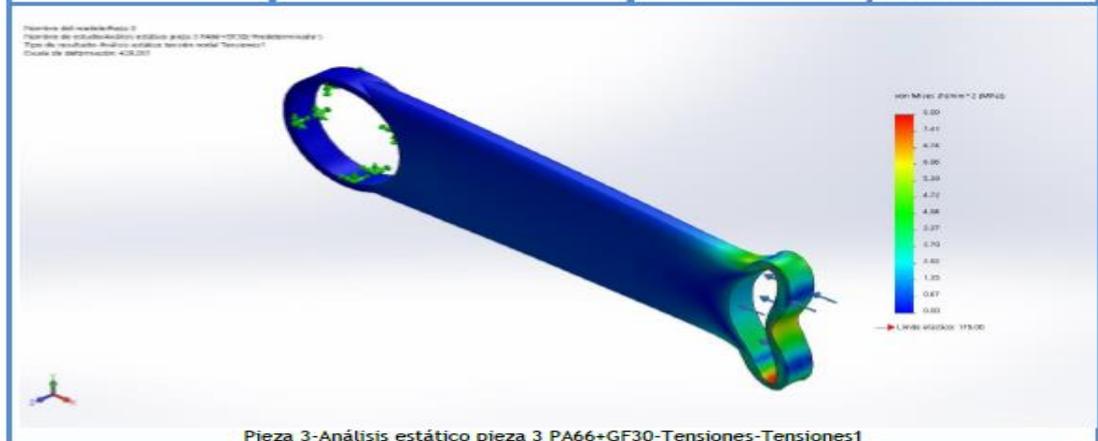
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	59.9749	1.7234	-0.000178412	59.9997

#### Momentos de reacción

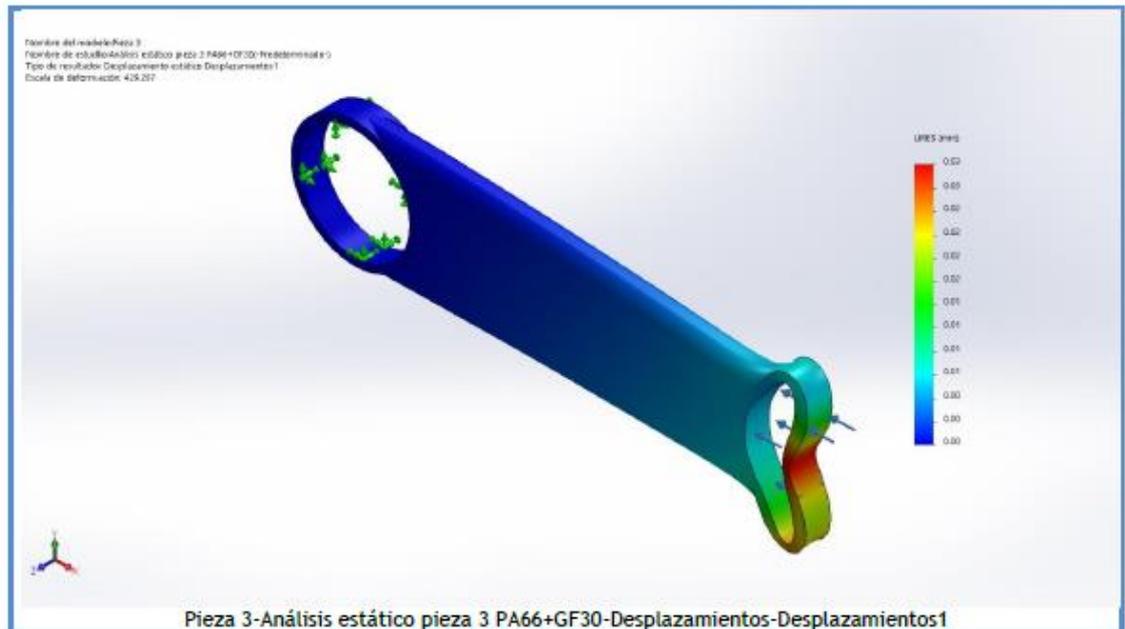
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

### Resultados del estudio

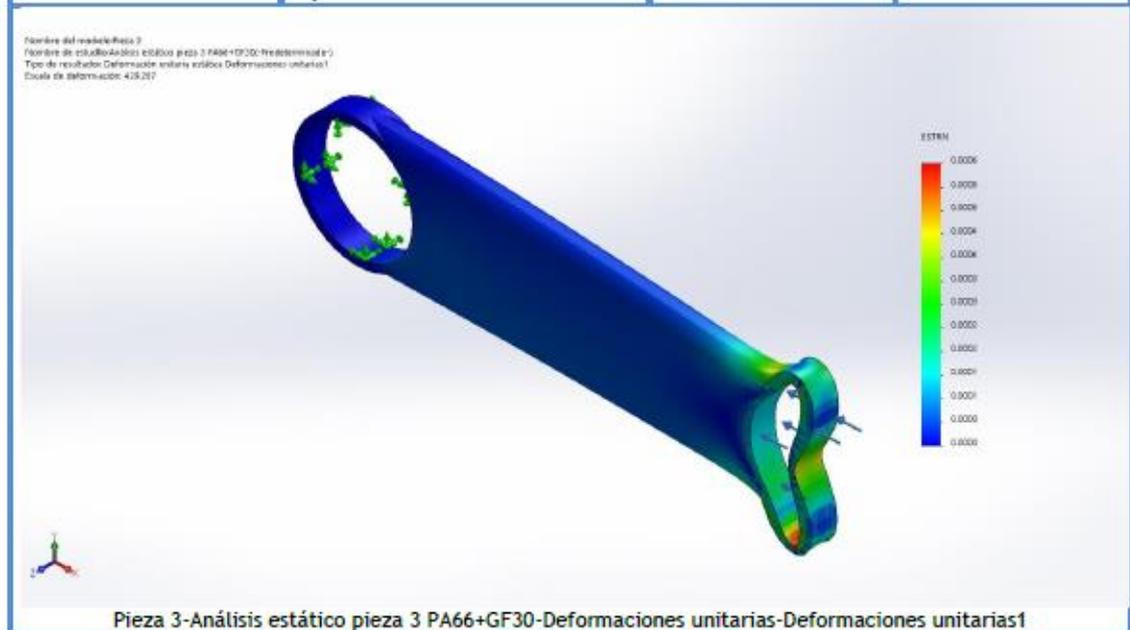
Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	0.00 N/mm <sup>2</sup> (MPa) Nodo: 76076	8.09 N/mm <sup>2</sup> (MPa) Nodo: 74925

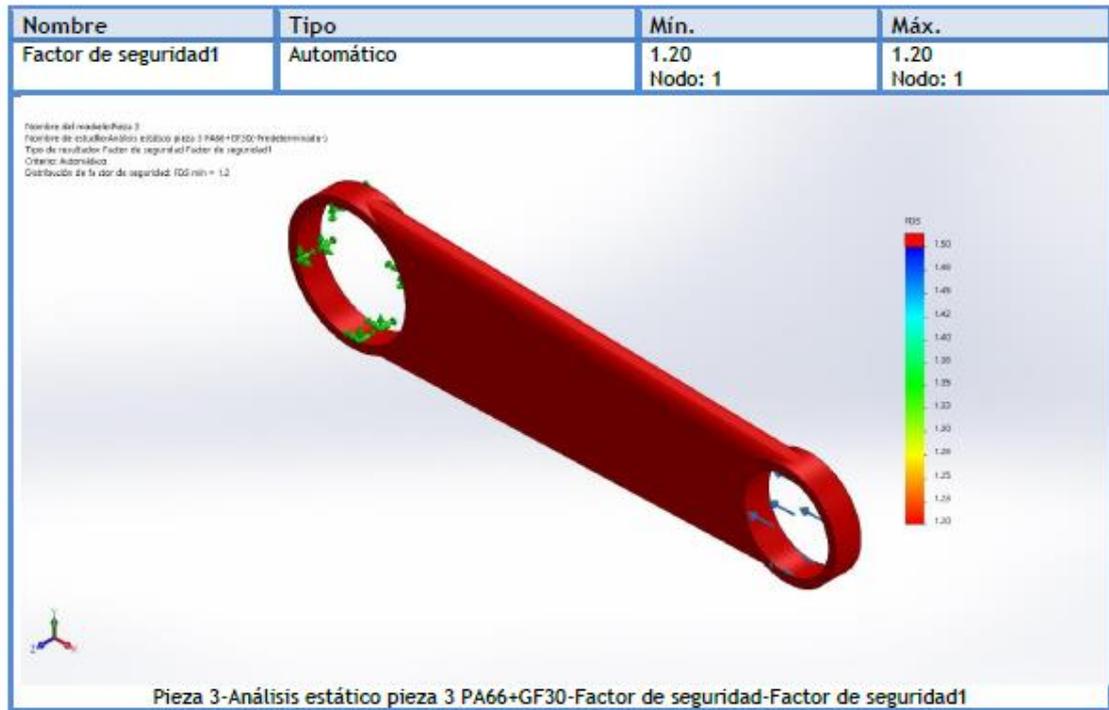


Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.00 mm Nodo: 1	0.03 mm Nodo: 75227



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	0.0000 Elemento: 46317	0.0006 Elemento: 40554





- Anexo 16:



## Simulación de Pieza 3

Diseñador: David Semper Fernandez

Nombre de estudio: Fatiga pieza 3 PA66+GF30

Tipo de análisis: Fatiga (Amplitud constante)

### Tabla de contenidos

Información de modelo .....	2
Propiedades de estudio .....	3
Unidades .....	3
Propiedades de material .....	4
Opciones de carga .....	4
Resultados del estudio .....	5

## Información de modelo



Nombre del modelo: Pieza 3  
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Cortar-Extruir1 	Sólido	Masa:0.0128116 kg Volumen:8.48453e-006 m <sup>3</sup> Densidad:1510 kg/m <sup>3</sup> Peso:0.125554 N	C:\Users\david\Desktop\T FG DAVID SEMPER FERNANDEZ\solid paso a paso\pieza plastico 3\Pieza 3.SLDPR T Jul 15 19:28:25 2018

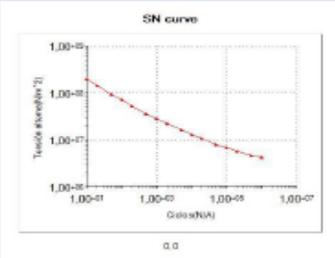
### Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Fatiga pieza 3 PA66+GF30
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\david\Desktop\TFG DAVID SEMPER FERNANDEZ\solid paso a paso\pieza plastico 3)

### Unidades

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

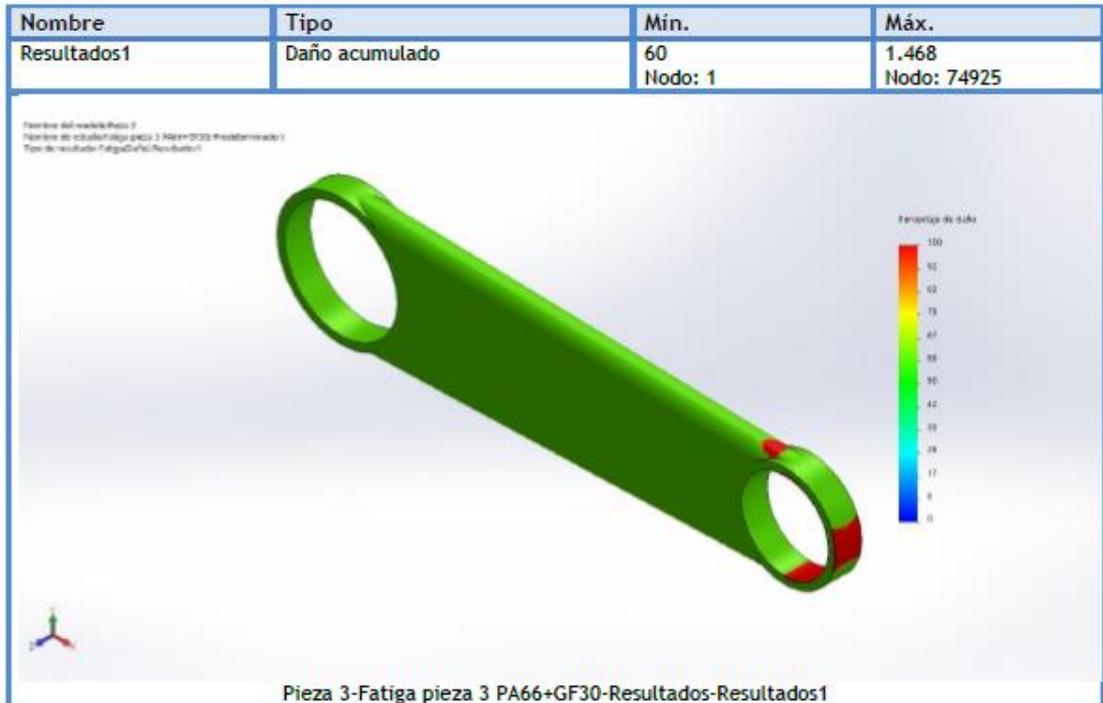
### Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: PA66 + GF30%_BUENO (2)</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p>	Sólido 1 (Cortar-Extruir1)(Pieza1)
<p>Datos de curva:</p>  <p>SN curve</p>		

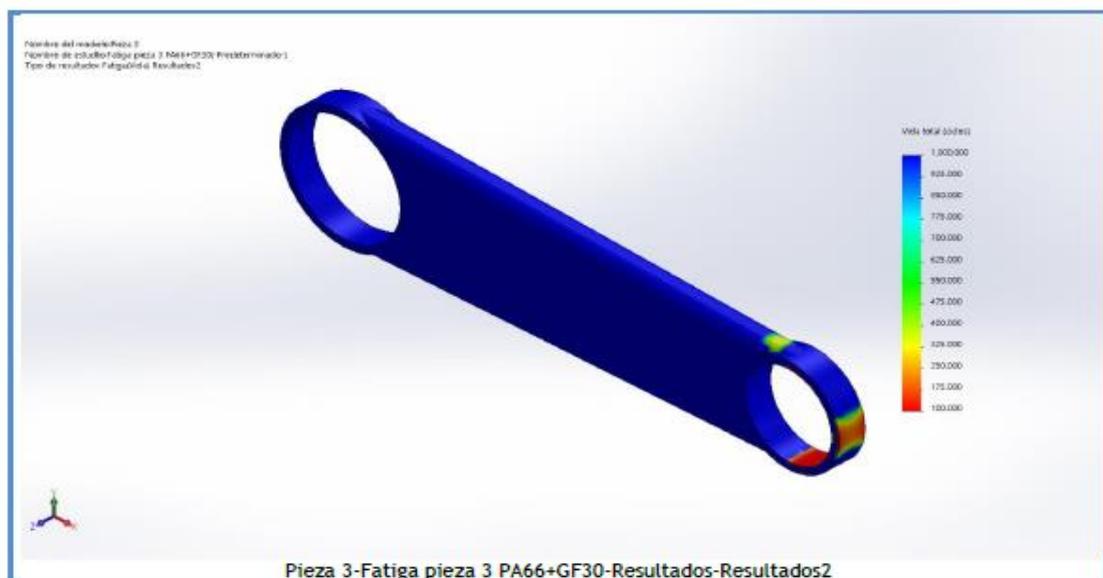
### Opciones de carga

Nombre del evento	N.º de ciclos	Tipo de carga	Asociación de estudios		
			Nombre de estudio	Factor de escala	Incremento
Suceso-1	600000	Completamente invertida (LR=-1)	Análisis estático pieza 3 PA66+GF30	1	0

## Resultados del estudio



Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Resultados2	Vida total	40.864 ciclos Nodo: 74925	1.000.000 ciclos Nodo: 1



- Anexo 17:



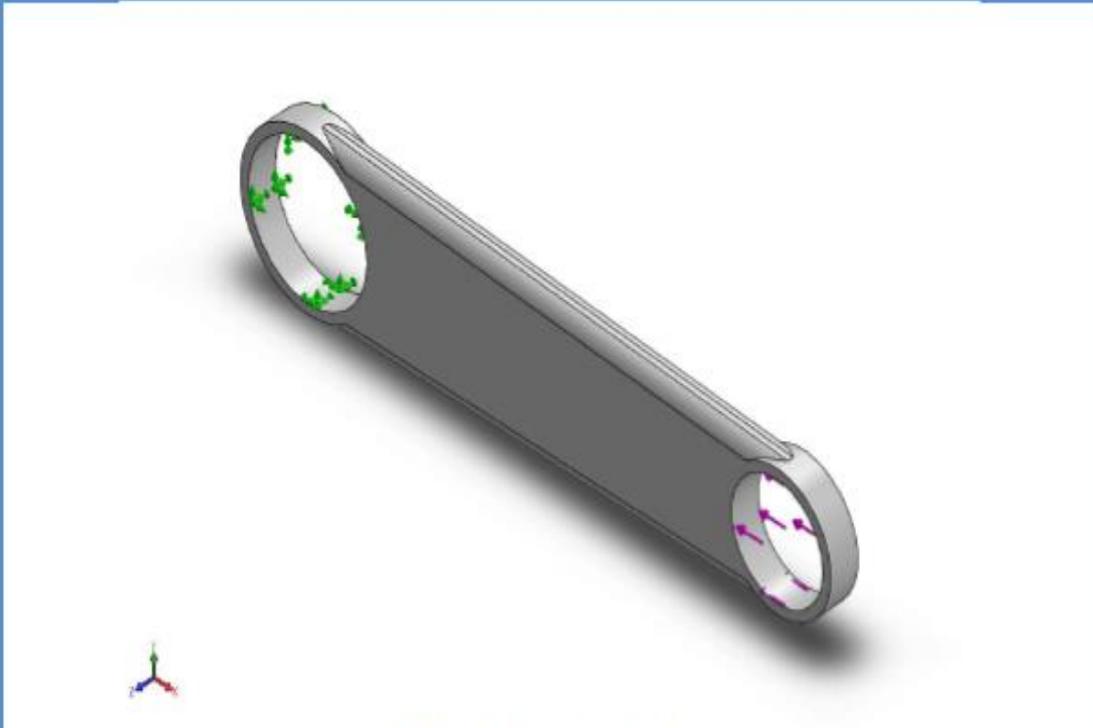
## Simulación de Pieza 3

Diseñador: David Semper Fernandez  
Nombre de estudio: Análisis estático PIEZA 3  
ABS  
Tipo de análisis: Análisis estático

### Tabla de contenidos

Información de modelo .....	2
Propiedades de estudio .....	3
Unidades .....	3
Propiedades de material .....	4
Cargas y sujeciones.....	5
Información de malla .....	6
Fuerzas resultantes.....	7
Resultados del estudio .....	8

## Información de modelo

			
<p>Nombre del modelo: Pieza 3 Configuración actual: Predeterminado</p>			
Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
<p>Redondeo1</p> 	Sólido	<p>Masa:0.00890876 kg Volumen:8.48453e-006 m<sup>3</sup> Densidad:1050 kg/m<sup>3</sup> Peso:0.0873058 N</p>	<p>C:\Users\david\Desktop\T FG DAVID SEMPER FERNANDEZ\solid paso a paso\pieza plastico 3\Pieza 3.SLDPRT Jul 15 19:28:25 2018</p>

## Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Análisis estático PIEZA 3 ABS
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\david\Desktop\TFG DAVID SEMPER FERNANDEZ\solid paso a paso\pieza plastico 3)

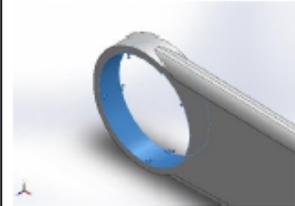
## Unidades

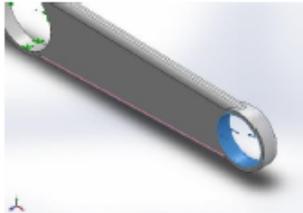
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m <sup>2</sup>

## Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: ABS HIGH IMPACT</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 4.07e+007 N/m<sup>2</sup></p> <p>Límite de tracción: 4.34e+007 N/m<sup>2</sup></p> <p>Límite de compresión: 5.52e+007 N/m<sup>2</sup></p> <p>Módulo elástico: 2.41e+009 N/m<sup>2</sup></p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.419</p> <p>Densidad: 1050 kg/m<sup>3</sup></p> <p>Módulo cortante: 3.189e+008 N/m<sup>2</sup></p>	Sólido 1(Redondeo1)(Pieza 3)
Datos de curva:N/A		

### Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija		
<b>Fuerzas resultantes</b>				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	59.9751	1.72345	-2.03103e-005	59.9999
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

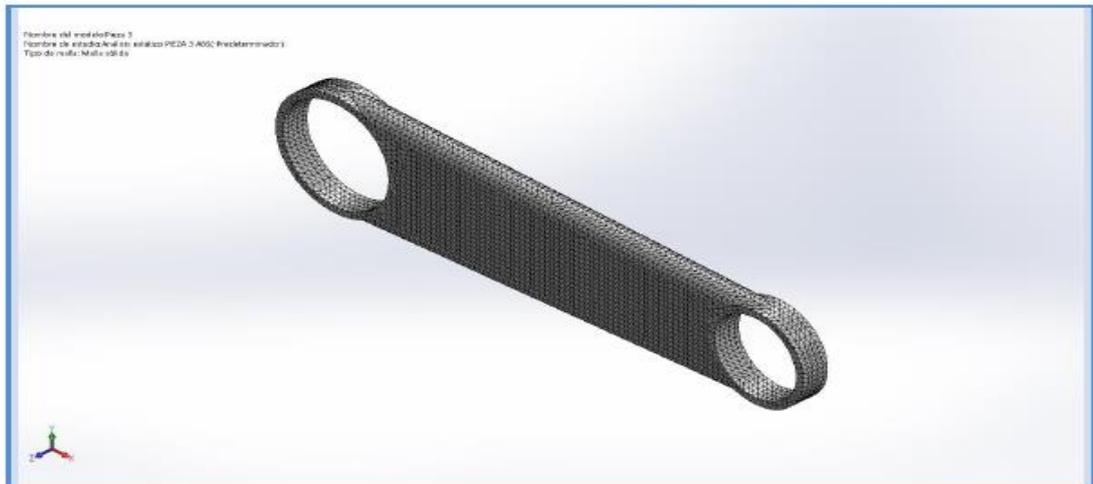
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga		
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Referencia: Arista< 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, -60 N		

### 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	1.03129 mm
Tolerancia	0.0515646 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

### Información de malla - Detalles

Número total de nodos	77352
Número total de elementos	50627
Cociente máximo de aspecto	14.043
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	99.7
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0.0395
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:03
Nombre de computadora:	DAVID_SEMPER



### Fuerzas resultantes

#### Fuerzas de reacción

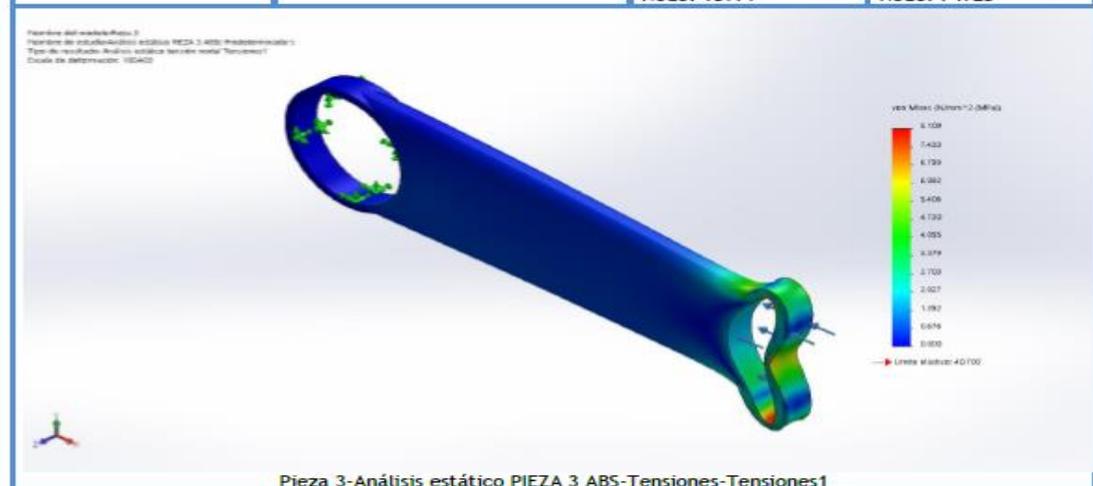
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	59.9751	1.72345	-2.03103e-005	59.9999

#### Momentos de reacción

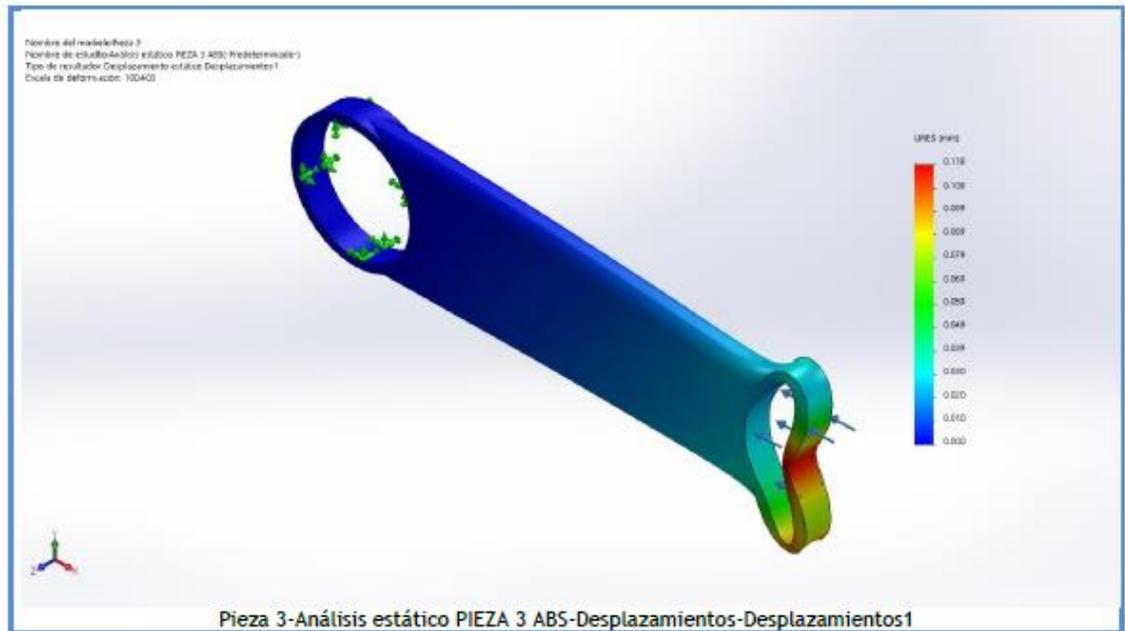
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

### Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	0.000 N/mm <sup>2</sup> (MPa) Nodo: 15979	8.109 N/mm <sup>2</sup> (MPa) Nodo: 74925



Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.000 mm Nodo: 1	0.118 mm Nodo: 75227



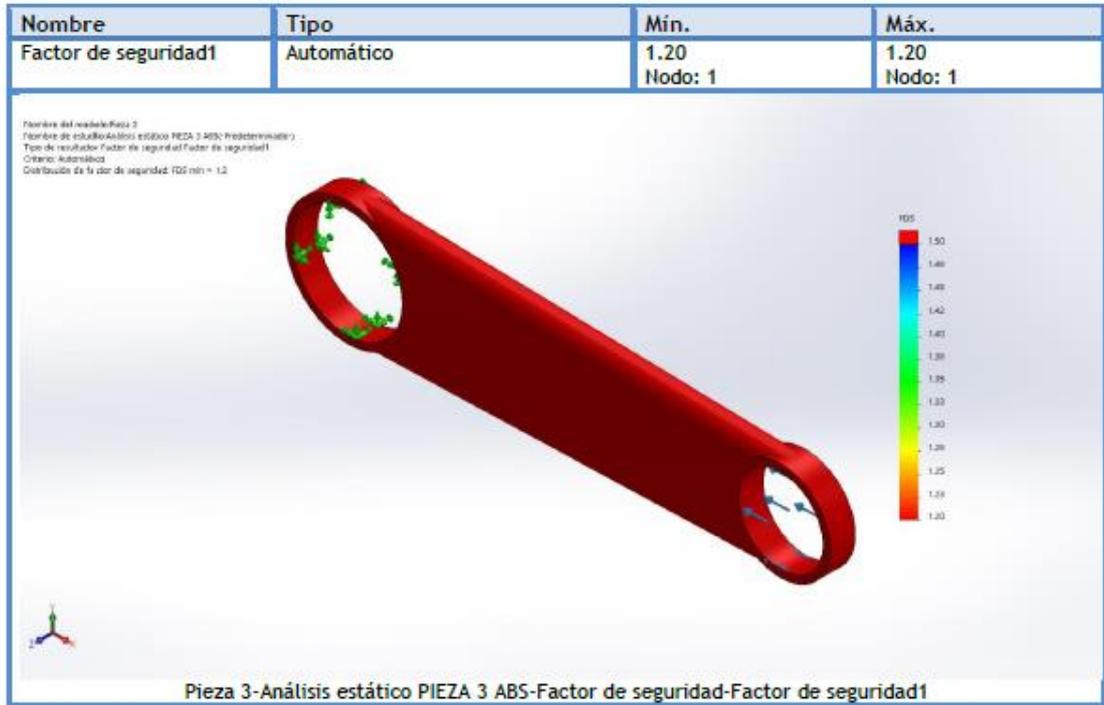
Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	0.000 Elemento: 9568	0.003 Elemento: 40554

Nombre del modelo: Pieza 3  
 Nombre de estudio: Análisis estático: PIEZA 3 ABS: Predeterminado1  
 Tipo de resultado: Deformación unitaria estática: Deformaciones unitarias1  
 Escala de deformación: 100403

ESTRN

0.003  
0.002  
0.001  
0.002  
0.001  
0.001  
0.001  
0.001  
0.001  
0.000  
0.000  
0.000

Pieza 3-Análisis estático PIEZA 3 ABS-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1



- Anexo 18:



## Simulación de Pieza 3

Diseñador: David Semper Fernandez  
Nombre de estudio: Fatiga PIEZA 3 ABS  
Tipo de análisis: Fatiga (Amplitud constante)

### Tabla de contenidos

Información de modelo .....	2
Propiedades de estudio .....	3
Unidades .....	3
Propiedades de material .....	4
Opciones de carga .....	4
Resultados del estudio .....	5

## Información de modelo



Nombre del modelo: Pieza 3  
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
 <p>Cortar-Extruir1</p>	Sólido	<p>Masa:0.00890876 kg  Volumen:8.48453e-006 m<sup>3</sup>  Densidad:1050 kg/m<sup>3</sup>  Peso:0.0873058 N</p>	<p>C:\Users\david\Desktop\TFG DAVID SEMPER FERNANDEZ\solid paso a paso\pieza plastico 3\Pieza 3.SLDPRT  Jul 15 19:28:25 2018</p>

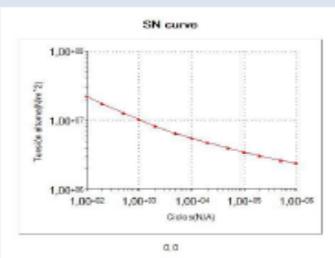
### Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Fatiga PIEZA 3 ABS
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\david\Desktop\TFG DAVID SEMPER FERNANDEZ\solid paso a paso\pieza plastico 3)

### Unidades

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

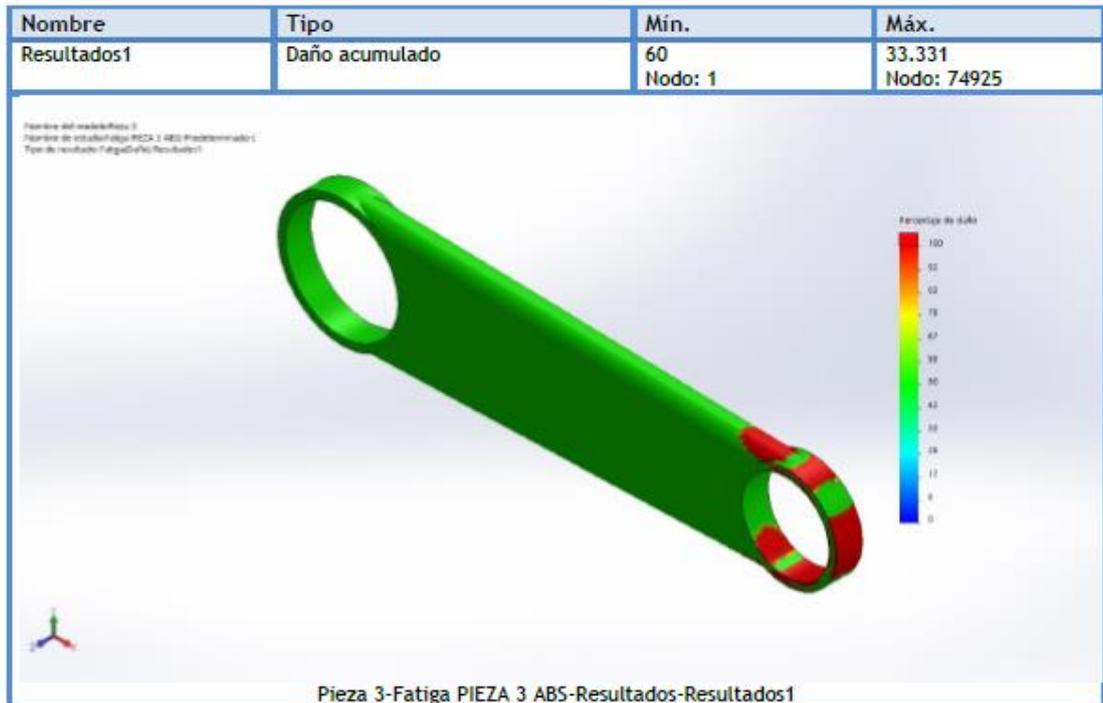
### Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: ABS HIGH IMPACT</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p>	Sólido 1 (Cortar-Extruir1)(Pieza 3)
<p>Datos de curva:</p>  <p>SN curve</p>		

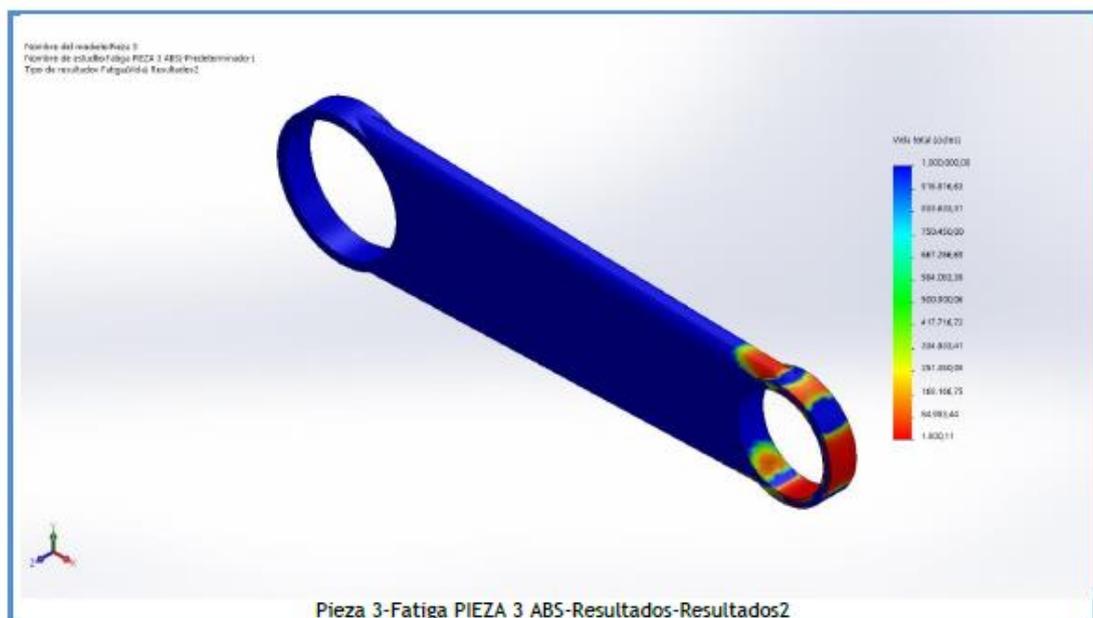
### Opciones de carga

Nombre del evento	N.º de ciclos	Tipo de carga	Asociación de estudios		
			Nombre de estudio	Factor de escala	Incremento
Suceso-1	600000	Completamente invertida (LR=-1)	Análisis estático PIEZA 3 ABS	1	0

## Resultados del estudio



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Resultados2	Vida total	1.800,11 ciclos Nodo: 74925	1.000.000,00 ciclos Nodo: 1



## IV.2. REFERENCIAS

<https://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Portada>

<http://www.automotriz.mobi/coches/cars-trucks-autos/other-autos/112135.html>

<https://periodismodelmotor.com/las-mejores-cajas-cambio-la-historia/187989/>

<http://www.aficionadosalamecanica.net/caja-cambios3.htm>

Bibliografía aportada en la asignatura de ingeniería de materiales compuestos de matriz polimérica

Bibliografía aportada en la asignatura de Ingeniería de materiales poliméricos

Bibliografía aportada en la signatura de Procesos de fabricación

Bibliografía aportada en la asignatura de Diseño

<https://www.google.es/>

<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:ts:16949:ed-3:v1:en>

<https://www.boe.es/boe/dias/1999/01/26/pdfs/A03440-03528.pdf>

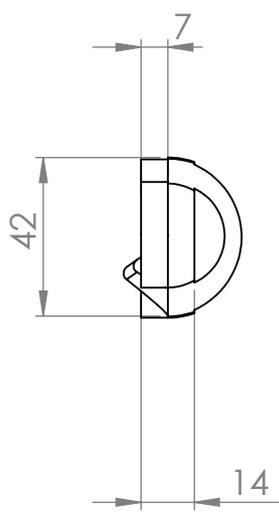
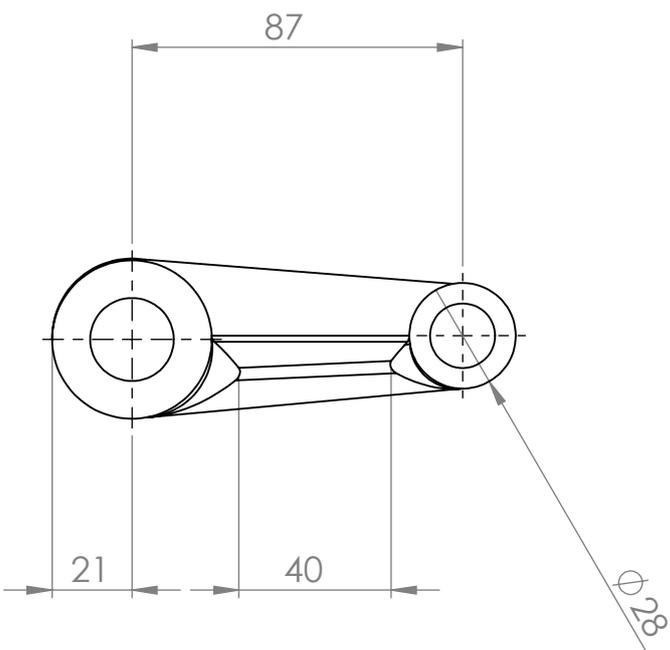
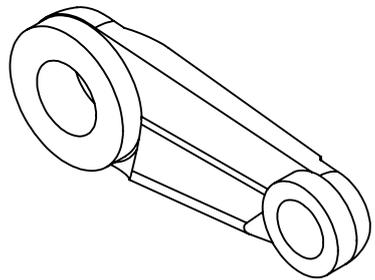
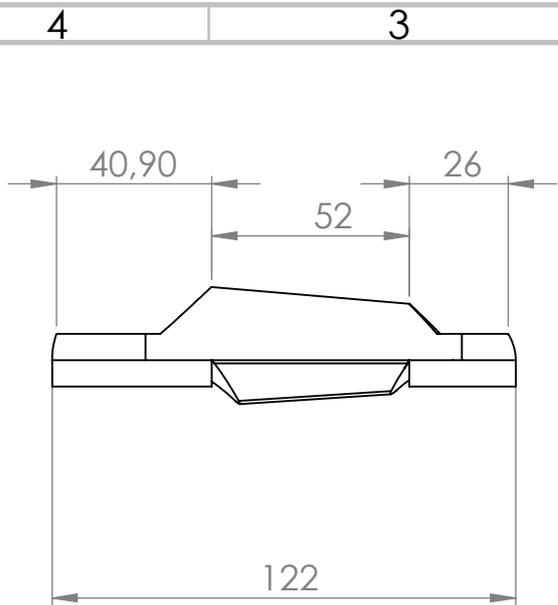
<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1986-26182>

<https://www.google.es/search?q=palancas+de+cambio>

Libros de introducción a la ciencia e ingeniería de polímeros

[https://www.aenor.com/Certificacion\\_Documentos/Reglamentos/7841\\_Reglamento\\_General\\_Certificaci%C3%B3n\\_SG\\_y\\_sus\\_Marcas\\_Conformidad\\_20170101.pdf](https://www.aenor.com/Certificacion_Documentos/Reglamentos/7841_Reglamento_General_Certificaci%C3%B3n_SG_y_sus_Marcas_Conformidad_20170101.pdf)

## **IV.3. PLANOS ACOTADOS.**

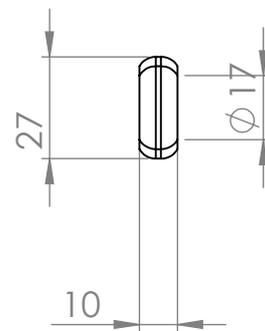
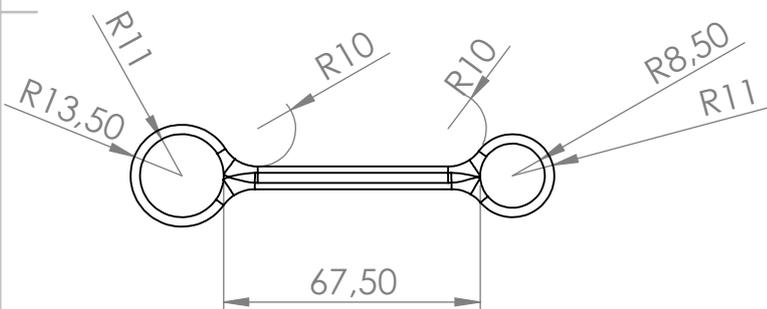
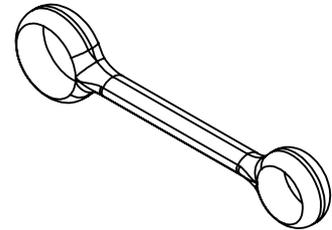
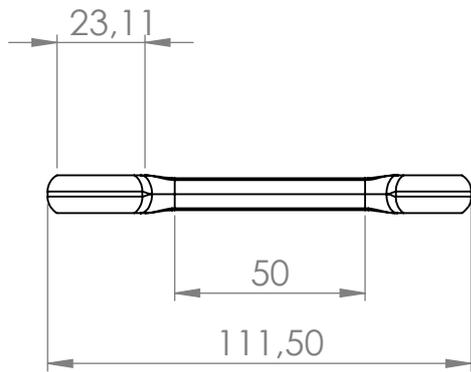


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:	ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	David		
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CALID.			

TÍTULO:	
MATERIAL:	Fundición gris
N.º DE DIBUJO	PIEZA REAL
PESO:	
ESCALA:1:2	HOJA 1 DE 1

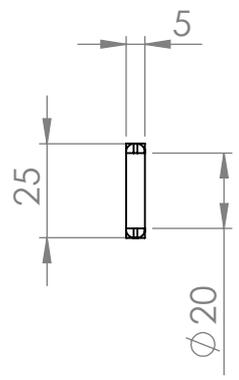
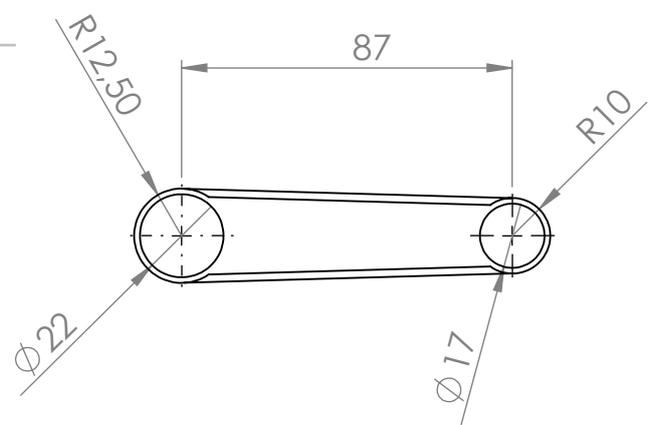
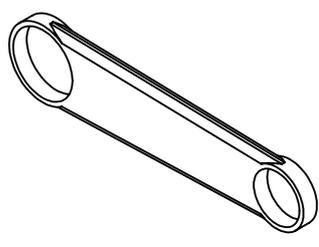
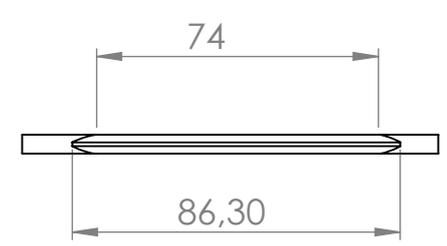




SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ. David Semper		FIRMA	FECHA	TÍTULO:	
VERIF.				N.º DE DIBUJO <b>Pieza 2</b>	
APROB.					
FABR.					
CALID.		MATERIAL:		N.º DE DIBUJO <b>Pieza 2</b>	
		PESO:		ESCALA:1:2	HOJA 1 DE 1

**Pieza 2**

A4



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:	ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA		TÍTULO:
DIBUJ.	David Semper				
VERIF.					
APROB.					
FABR.					

		MATERIAL:	N.º DE DIBUJO	A4
			Plano Pieza 3	
		PESO:	ESCALA:1:2	HOJA 1 DE 1