

# **Universidad Autónoma de Nuevo León**

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

## **Optimización de una prótesis de pie**

### **Asignatura:**

Laboratorio de biomédica

### **Docente:**

Yadira Moreno Vera

### **Estudiante:**

Fernández Hernández Reyna Patricia 8002157

Tristan de Luna Alain Emmanuel 1841924

Rodriguez Villarreal Erick Ivan 1853172

**Fecha de entrega:** 1 de Noviembre de 2022

**Periodo:** Otoño 2022

## 1. Objetivo

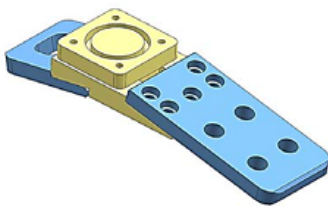
Proponer un análisis de formas y de programación para la ejecución de la optimización de materiales al diseñar una prótesis de pie de características de trabajo específicas que presenta la ventaja de reducir costos, reducir el peso de la prótesis y ayuda a que la prótesis sea más cómoda, y por lo tanto más aceptada.

## 2. Estado del arte

La pérdida de un miembro inferior, ya sea a partir de la cadera o del tobillo, es bastante común debido a accidentes industriales o vehiculares, así como la diabetes. Alrededor de 7 millones de personas en todo el mundo tienen este tipo de amputación; a pesar de que, estudios recientes indican que el ligamento del tobillo tiene más de la mitad de importancia para poder caminar.

Existen diferentes tipos de prótesis: pasiva, semi-activa y activa. Sin embargo las dos primeras no realizan movimientos motores deseables (caminar, correr o realizar actividades recreativas); es por ello que actualmente se estudian y desarrollan prótesis activas, las cuales tienen actuadores, sensores y microcontroladores para determinar el modo de caminar al sensar los estados del paciente. Entre las prótesis activas están aquellas eléctricas y las electrohidráulicas.

Midiendo los valores en tiempo real del pie artificial, la prótesis transfemoral activa puede determinar el paso de ciclo por sí solo; ésto se puede realizar a través de medidores de deformación.



Para el modelo de una prótesis de pie [1], mostrado a la izquierda, se dividió el pie en tres partes: pie, talón y tobillo. Para el modelo básico del pie artificial, hay algunos agujeros en el pie y el tacón para reducir el peso sin el uso de la optimización topológica; sino que se recurrió al análisis de elemento finito para verificar la relatividad.

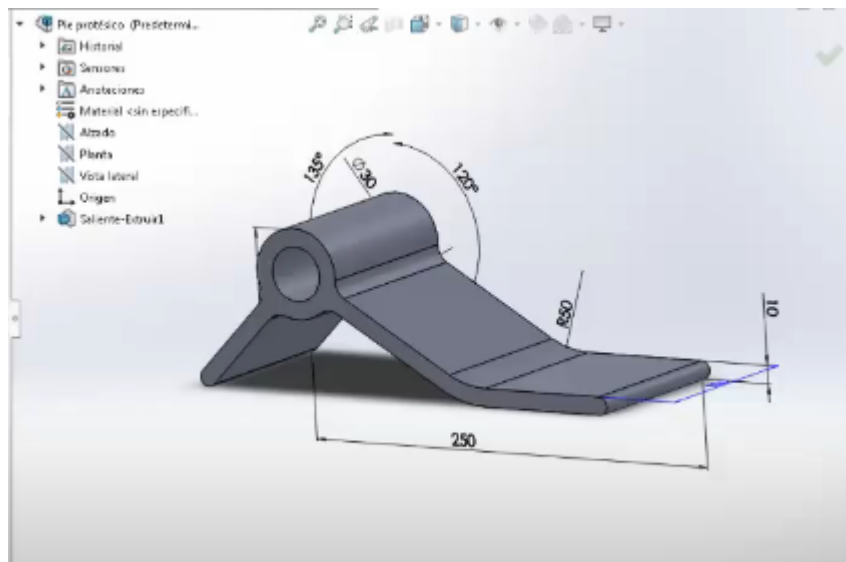
Sin embargo, en otro caso como el [2], utilizan optimización topológica para desarrollar la prótesis y manufacturar usando sinterización por láser selectivo, con el fin de minimizar el uso de material y de replicar las características de rigidez de un pie de fibra de carbono del mercado. La topología de optimización consistió de una malla de dos dimensiones de elementos finitos planares cuadrados representados en el plano sagital. Las variables de diseño fueron la densidad de cada elemento. A través de un programa de topología de optimización en MATLAB, usando un sólido isotrópico con microestructura con penalización (SIMP) Después se revalidó esta solución por elemento finito.

El peso del sistema afecta en la conformidad del paciente al disminuir el cansancio, y el torque en el ligamento del tobillo brinda mayor estabilidad al sistema, son factores principales para un sistema de prótesis de pierna. Una prótesis mal diseñada puede contribuir en el aumento de la asimetría de la fuerza de reacción temporal y del suelo, mayor costo metabólico, mayor prevalencia de osteoartritis de rodilla intacta, carga articular simétrica, músculo residual alterado de la pierna, patrones de activación, dolor crónico de piernas y espalda y reducción de la velocidad al caminar.

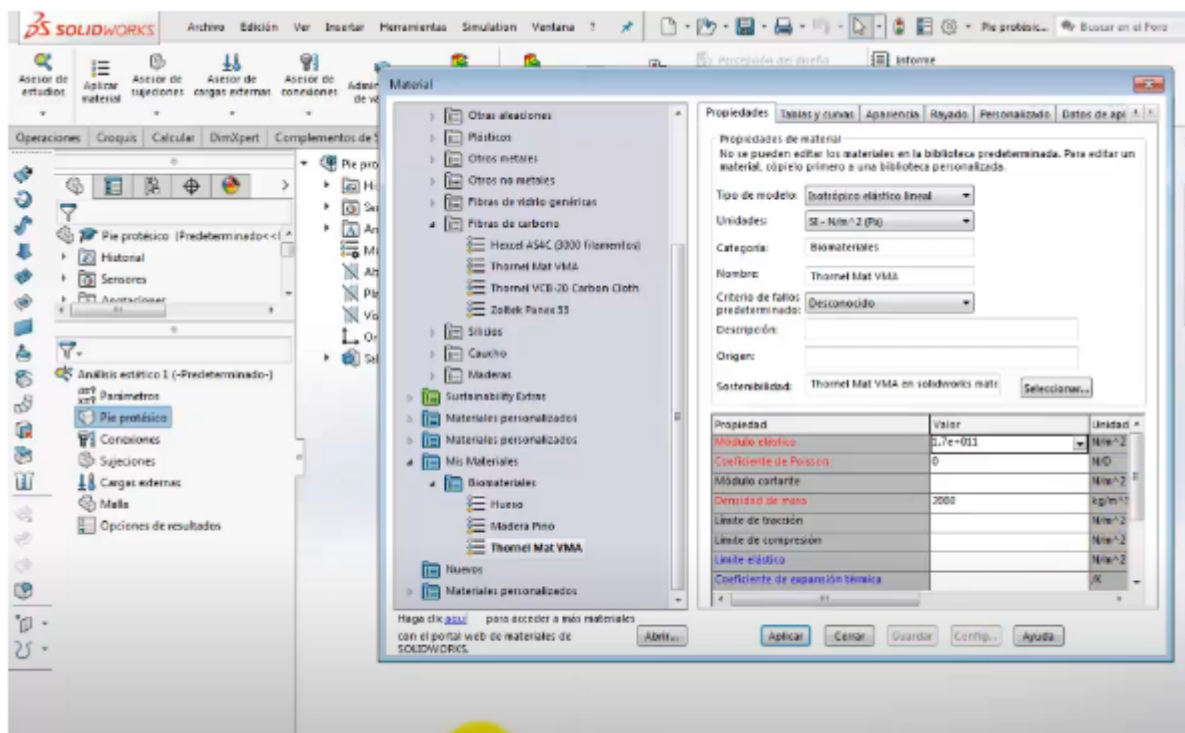
Muchas investigaciones están enfocadas en el estudio de la geometría del implante, dejando a un lado la optimización topológica, y cómo cargar un peso mayor al de los elementos humanos, puede llegar a no ser funcional.

### 3. Desarrollo

En esta práctica se seleccionó una pieza general y se le aplicó la optimización topológica con ayuda del programa solidworks.



Se seleccionó un nuevo material el cual es una Fibra de Carbono el cual le editamos los valores predefinidos que algunas compañías nos proporcionan como predeterminados para el uso de este material en humanos como prótesis.



www.matweb.com/search/datasheet.aspx?matguid=28eaacec63740679b130fe100e37bfc

### Cytec Thornel® Mat VMA Carbon Fiber

**Categories:** Carbon, Carbon Fiber, Other Engineering Material, Composite Fibers

**Material Notes:**  
Data provided by the manufacturer, Amoco Performance Products, Inc.  
Composed of high strength, high modulus carbon filaments in a random-layered orientation. The fine diameter filaments are up to three inches long and are mechanically bonded to form a continuous web of materials ~1 inch thick, 20.5 inches wide that is supplied in rolls 66-80 feet long.  
98% carbon assay, 13 µm filament diameter  
Thornel® products were sold by Amoco and are now owned by Cytec.

**Key Words:** Carbon Fibre

**Vendors:** No vendors are listed for this material. Please [click here](#) if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.

[Printer friendly version](#) [Download as PDF](#) [Download to Excel \(requires Excel and Windows\)](#)  
[Export data to your CAD/FEA program](#)

Add to Folder: ☐ My Folder 0/0

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	2.00 g/cc	0.0723 lb/in³	Filament Property.
Apparent Bulk Density	0.0360 g/cc	0.00130 lb/in³	Filament Property.
Specific Surface Area	0.40 m²/g	0.40 m²/g	Filament Property.

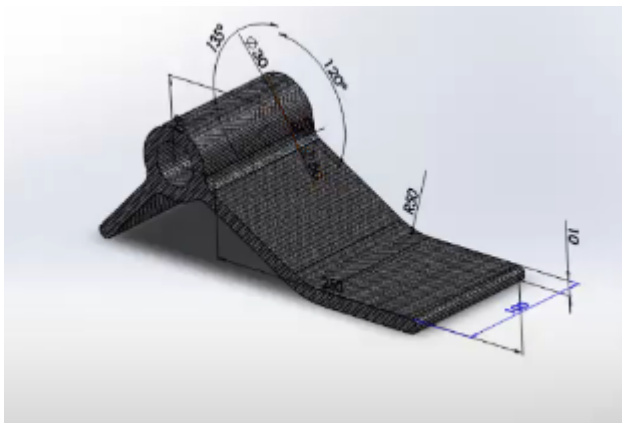
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Tensile Strength, Ultimate	1400 MPa	200000 psi	Filament Property. Mat strength is 120 N/m
Modulus of Elasticity	170 GPa	24700 ksi	Filament property, in tension

Electrical Properties	Metric	English	Comments
Electrical Resistivity	0.00120 ohm-cm	0.00120 ohm-cm	Filament
	0.700 ohm-cm	0.700 ohm-cm	Mat

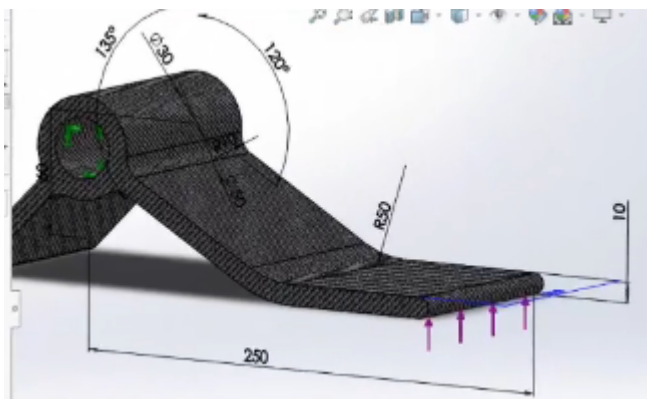
Thermal Properties	Metric	English	Comments
Thermal Conductivity	0.410 W/m-K	2.85 BTU-in/hr-°F	across thickness of mat

Some of the values displayed above may have been converted from their original units and/or rounded in order to display the information in a consistent format. Users requiring more precise data for scientific or engineering calculations can click on the property value to see the original value as well as raw conversions to equivalent units. We advise that you only use the original value or one of its raw conversions in your calculations to minimize rounding error. We also ask that you refer to MatWeb's [terms of use](#) regarding this information. [Click here](#) to view all the property values for this datasheet as they were originally entered into MatWeb.

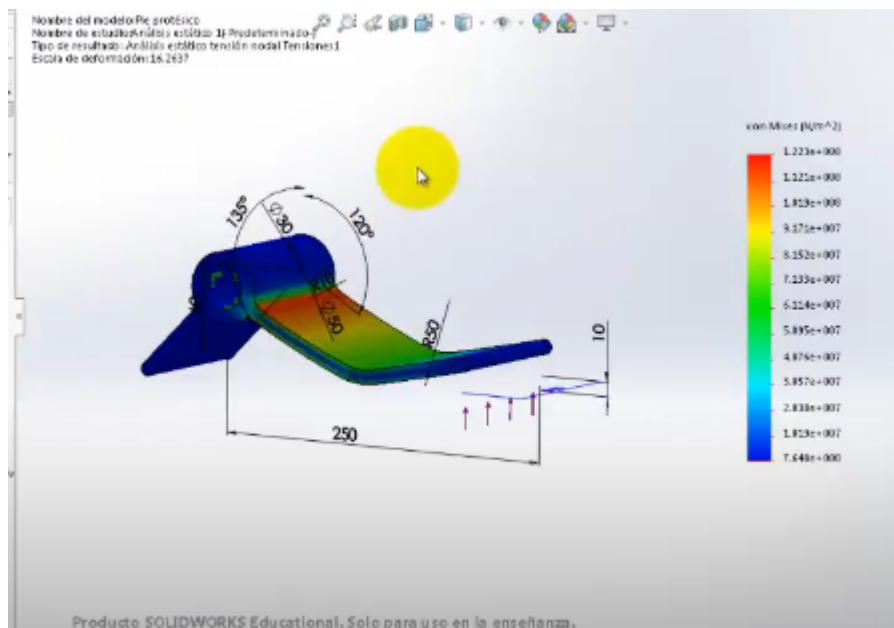
Lapieza se ve de la siguiente manera al aplicar el nuevo material añadido



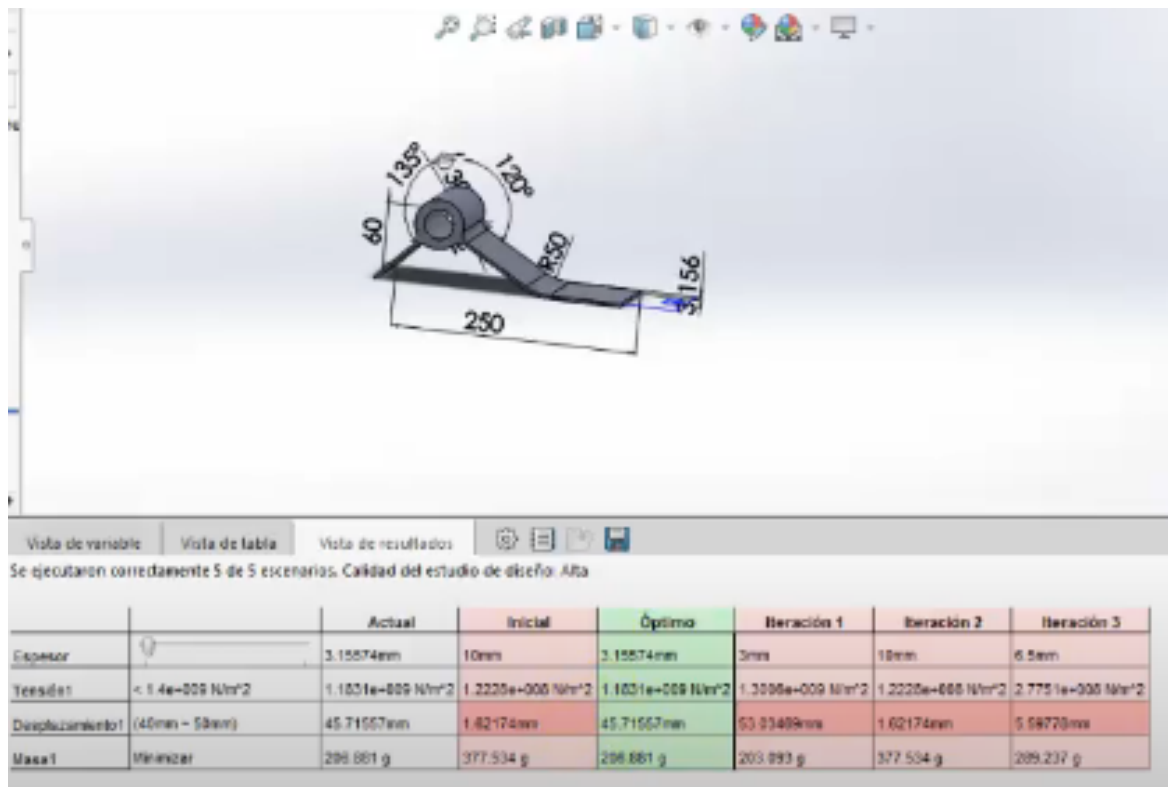
Se aplican las cargas a la pieza



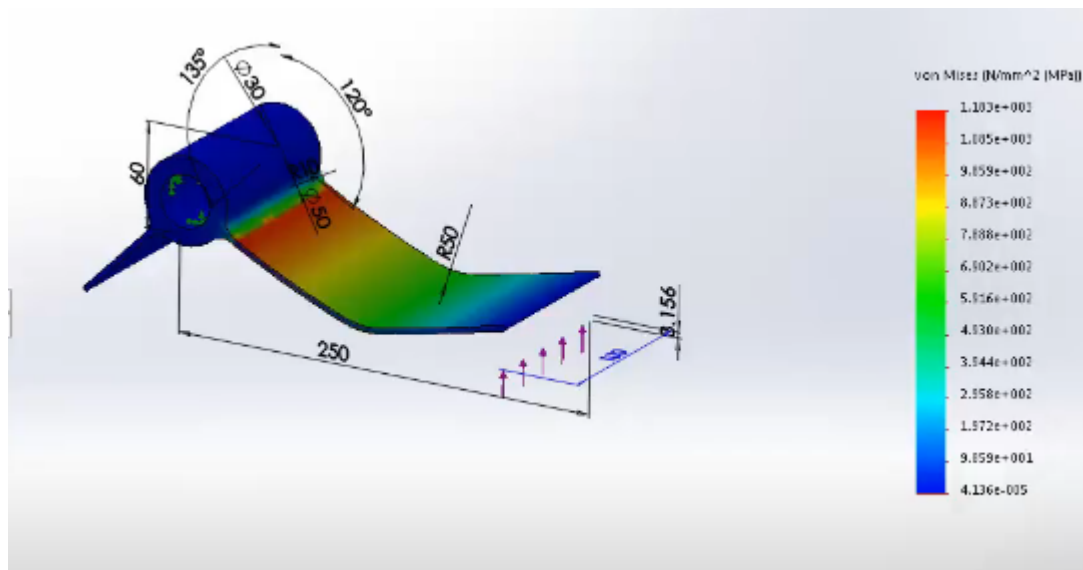
Se aplica el análisis estático después de las cargas:



El programa nos muestra el valor máximo de von misses el cual nos ayudara con la optimización, ya que en este caso se quiere dejar el mismo diseño pero con algunas modificaciones en la estructura la cual haremos que el espesor sea menor pero que soporte la misma cantidad de esfuerzo.



Nos arrojó 5 posibles resultados y de esos seleccionaremos el último que fue con la menor cantidad de material, y que eso es lo que buscamos.



#### 4. Conclusiones

**Alain E. Tristán de Luna 184192**

El

**Erick Iván Rodríguez Villareal 1853172**

La optimización en este caso de estudio fue de mucha ayuda ya que en esto se requiere de mucho análisis ya que se necesita que sea muy bien pensado ya que se trata de algo que utilizara alguna persona como si fuera parte de su cuerpo.

**Reyna Patricia Fernández Hernández 8002157**

En trabajos anteriores hemos visto lo útil, incluso, lo necesaria que es la optimización topológica al diseñar distintos sistemas. Sin embargo, es impresionante darse cuenta que muchas veces olvidamos lo importante que es al trabajar en el cuerpo humano, porque así como se observan los movimientos cinemáticos y el control de las prótesis, dejar a un lado el peso de la prótesis (el cual fue nuestro caso pero también puede ser en una órtesis o en un exoesqueleto) puede incluso perjudicar al paciente a las partes sanas de su cuerpo.

#### Referencias

- [1] Lee, K.-H. & Chung, J. H. (2015). Development of Artificial Foot of Active Transfemoral Prosthesis System using Topology Optimization. *Lecture Notes in Engineering and Computer Science*, 2218(1), 2078-0966. <https://doaj.org/article/2310811c4fce4499af9e566f260d11b0>
- [2] Nicholas P. Fey, Brian J. South, Carolyn Conner Seepersad & Richard

R. Neptune. (2008). Topology Optimization and Freeform Fabrication Framework for Developing Prosthetic Feet. *20th Annual International Solid Freeform Fabrication Symposium, SFF 2009*, 607-619.  
<https://doi.org/10.26153/tsw/15136>

[3] Gómez, C. A. (s. f.). Diseño y optimización topológica de un implante craneal personalizado. *Memorias del XXIII congreso Internacional Anual de la SOMM*, ISSN 2446-5551.  
<https://es.scribd.com/document/402173395/Diseno-y-Optimizacion-Topologica-de-Un-Implante-Craneal-Personalizado>