

Desafío de Selección de Materiales 2019

Granta Design y la Universidad
Politécnica de Madrid

Resumen

Trabajos de la 5ª edición del concurso "Desafío de Selección de Materiales", organizado por Granta Design, en colaboración con la Universidad Politécnica de Madrid y la Universidad Complutense de Madrid. Se recibieron inicialmente más de 40 propuestas, de las cuales 27 pasaron a la segunda fase en forma de proyectos, y finalmente, 10 de ellos consiguieron una plaza en la final del Desafío.

Participaron 13 universidades de Colombia, España y México. Los proyectos finalistas se defendieron el día 8 de mayo del 2019. Dicho evento fue retransmitido en directo y las defensas de los estudiantes se tuvieron en consideración para la selección de los proyectos ganadores.

Más información en:

<https://grantadesign.com/es/education/community/desafio-de-seleccion-de-materiales/>

GRANTA
TEACHING RESOURCES



© Granta Design, 2019
For reproduction guidance, see back page

The Teaching Resources website aims to support teaching of materials-related courses in Design, Engineering and Science. Resources come in various formats and are aimed primarily at undergraduate education.

Contenido

Ganadores

1. *“Aislante térmico y acústico Sostenible”* Alumnos: Fernández Gálvez, Marina; Fernández Perucho, Iu-Aran. Tutora: Segarra Rubí, Mercè. Universidad de Barcelona, España..... **5**
2. *“Selección de materiales para mecanismo de liberación de stents en el acueducto de Silvio.”* Alumnos: Cano Acevedo, Juan Pablo; García Manjarrés, Daniel. Universidad EIA, Envigado, Colombia..... **12**
3. *“ECOACUSTIC. Ecodiseño de paneles acústicos”* Alumnos: Piay Rodríguez, Laura. Tutor: Ramírez Gómez, Álvaro. Universidad Politécnica de Madrid, España **19**

Finalistas (por orden alfabético)

- *“Estudio de materiales para vasija de un reactor que opera en condiciones elevadas de presión y temperatura y campo electromagnético”* Alumnos: Bermejo Lespe, Ángela. Tutoras: Muñoz Hernández, Marta; Multigner Domínguez, Marta. Universidad Rey Juan Carlos, España **27**
- *“Mejoramiento de la tierra como materia prima de sistemas de construcción autosostenibles”* Alumnos: Álvarez Quintero, Alexandra Daniela; Rincón Morales, Óscar David. Tutor: Gamba, Osmar Albert. Universidad Pedagógica y Tecnológica, Tunja, Colombia..... **34**
- *“Potencial para el desarrollo de productos con resinas fotocurables para manufactura aditiva por SLA”* Alumnos: Capera Tobar, Paula Andrea; Arias Niño, Camilo Andrés. Tutor: Hidalgo Salazar, Miguel Ángel. Universidad Autónoma de Occidente, Facultad de Ingeniería Cali, Colombia..... **42**
- *“Selección de materiales alternativos en la estructura externa de cohetes reutilizables”* Alumnos: Fernández de Palencia Navarro, María; Gascó Claramunt, Paula Inés; Talavera Molinero, Mabel. Tutor: Orozco Messana, Javier. Universitat Politècnica de València, España **54**
- *“Selección de materiales para las hélices de vehículos aéreos no tripulados (drones)”* Alumnos: Correa Carmona, Santiago; Maldonado Restrepo, Sofía; Henao Peñaranda, María Clara. Tutor: Múnera Ossa, Juan Camilo. Universidad EAFIT, Medellín, Colombia **61**
- *“Tela de apantallamiento para protección de radiación no ionizante”* Alumnos: Rincón Díaz, Biviana Andrea; Goyeneche Acosta, Elkyn David; González Vargas, Adriana del Pilar. Tutor: Cocha Vesha, Pablo Miguel. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia **77**
- *“Wheels Impact Barrier.El escudo para conservar tu vida y la de tus llantas”* Falla Escamilla, Daniela. Pérez Cepeda, Deyanira. Tutor: Cocha Vesga, Pablo Miguel. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia..... **84**

Resto de participantes (por orden alfabético)

- “Anti-Shock Covers” Alumnos: Guerrero Rojas, Santiago Nicolás; Muñoz Rivera, José Daniel. Tutor: Mendoza Oliveros, Martín Emilio. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Colombia **91**
- “CarePack” Alumnos: Bort Vargas, Sara; Contreras Gómez de Agüero, Marta; Fernández, David. Tutor: Armisen Bobo, Pedro. Universidad Politécnica de Madrid, España **98**
- “Crackless Fighter Aircrafts” Alumnos: Gironés Sangüesa, Beatriz; Pérez Morgado, Paula; Veintimilla Gozalbo, Germán. Tutor: Orozco Messana, Javier. Universitat Politècnica de València, España **105**
- “Development of a new system for artificial grass” Alumnos: Cobián, Lucía; François, Pierre; Texeira, Maxime. Tutora: Tejado Garrido, Elena M^a. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España **112**
- “Diseño de una esponja de colágena para endodoncia regenerativa” Alumnos: Araujo Pérez, Janeth Araceli; Rodríguez Castro, Rosa Angélica. Tutora: Verónica Campos Ibarra. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México **119**
- “Eco-friendly bike frame” Alumnos: Bougeard, Gaël; del Castillo Montull, Carlos; Jiménez Pretus, Carlos. Tutor: José Ygnacio Pastor Caño. Universidad Politécnica de Madrid **125**
- “Más allá de la barrera del sonido” Alumnos: Rescalvo Galavís, Alicia; Sarango Cedeño, Valeria; Trigueros Hernández, Isabel. Tutora: Aznar Gimeno, Elena. Universitat Politècnica de València, España **132**
- “Materiales autorreparables en la industria aeronáutica” Alumnos: Muñoz Arnau, Rosa; Planelles Gironés, Paloma; Valiente Casas, Lucía. Tutora: Aznar Gimeno, Elena. Universitat Politècnica de València, España **137**
- “Materials for a wind turbine” Alumnos: Pun, Lalit; Gómez Fernández, Andrea; Botica Artalejo, Elena. Tutora: Martín, Antonia. Universidad Politécnica de Madrid, España **143**
- “Proceso de selección de bio-elastómeros de origen natural para aplicaciones en el calzado” Alumnos: Carmona Carvajal, Simón; Fuentes Hernández, Andrés Raomir; Mejía Vargas, Laura. Tutor: Múnera Ossa, Juan Camilo. Universidad EAFIT, Medellín, Colombia **150**
- “Recubrimiento de dispositivo para el transporte de órganos” Alumnos: Mora Cruz, María Montserrat; Camacho, Norma Angélica; Peredo Macip, Bitty. Tutor: Farfán Cabrera, Leonardo Israel. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Puebla, México **160**

-
- *“Selección de material para paredes de vivienda en La Guajira, Colombia”* Alumnos: Álvarez, Juan Pablo; Amézquita, Juan Sebastián; Restrepo, Sara. Tutor: Gil Durán, Santiago. Universidad EAFIT, Medellín, Colombia **167**
 - *“Selección de Materiales para prótesis sumergibles”* Alumnos: Gutiérrez Ortiz, Luis Eduardo; Martínez Acevo, Manuel Alfredo. Tutor: Rosales Torres, Conrado. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Puebla, México..... **174**
 - *“Selección de materiales para techos de hogares que mejoren la calidad de vida”* Alumnos: Flórez Urrego, Mariana; Gómez Vega, Valentina; López Restrepo, Felipe. Tutor: Gil Durán, Santiago. Universidad EAFIT, Medellín, Colombia..... **181**
 - *“Selección del mejor material para el espéculo vaginal”* Alumnos: García Rodríguez, Renato; García Aguilar, Diana Laura; Santiago Cruz, Karla Guadalupe. Tutor: Rosales, Conrado. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Puebla, México **189**
 - *“3D Printed sneaker sole”* Alumnos: Gómez Palos, Isabel; Pérez Gallego, Daniel; Pichugin, Egor. Tutora: Tejado Garrido, Elena M^a. Universidad Politécnica de Madrid, España..... **195**
 - *“Trampas urbanas”* Alumnos: García Navarro, Beatriz. Tutor: Ramírez Gómez, Álvaro. Universidad Politécnica de Madrid, España **202**

Aislante térmico y acústico sostenible

Universidad de Barcelona,
Barcelona, España

Tutor/a:

Dra. Mercè Segarra Rubí

Alumnos/as:

Marina Fernández Gálvez

Iu-Aran Fernández Perucho

Dennys Alexander Zambrano Toro

Resumen

El objetivo del proyecto es el desarrollo de un material compuesto con funciones de aislamiento térmico y acústico fabricado a partir de polímeros reciclados. Para ello se ha modelizado un material siguiendo unas estrictas pautas que tengan en cuenta la reducción de la huella energética y de CO₂ durante su obtención y fabricación, así como minimizar el impacto de los posibles residuos al final de su vida útil siendo reciclable.

En este trabajo se ha seleccionado la espuma de EBA como aislante térmico y acústico de edificios con un diseño nuevo para aumentar las propiedades comentadas. Este material presenta un mayor compromiso de propiedades aislantes que el material actualmente utilizado, la espuma de poliuretano.



Contenido

1. Objetivos	6
2. Planteamiento del problema	6
3. Solución propuesta	7
4. Resultados y Conclusiones.....	8
5. Bibliografía	9
6. Anexos	10

1. Objetivos

En este proyecto se pretende realizar una selección de materiales para un aislante térmico y acústico destinado a ser utilizado en edificios más sostenibles que sean capaces de sustituir a los materiales actualmente empleados. Para ello se precisa que el material seleccionado esté dotado de unas propiedades similares o mejores a los materiales actuales. A demás, se requieren otros aspectos a tener en cuenta como:

- El material ha de ser reciclable o ha de poder reinsertarse en un nuevo ciclo de vida para minimizar su impacto medioambiental.
- Reducción de la huella energética y de CO₂.
- El material ha de tener capacidad de gestión térmica pasiva al igual que los materiales actuales además de reducir la intensidad sonora y las frecuencias molestas.

2. Planteamiento del problema

La normativa europea para el año 2020 requiere una reducción considerable de las emisiones del sector de la construcción, el cual supone un agente importante en la emisión de agentes contaminantes. Si se quieren alcanzar las cuotas impuestas por la unión europea se debe abordar el problema desde varios puntos de vista, y uno de ellos es el uso de materiales más sostenibles. Actualmente el material más ampliamente utilizado para el aislamiento de edificios es la espuma de poliuretano. La espuma de poliuretano debe su uso a sus buenas propiedades de aislamiento térmico y acústico, pero sobre todo debido a su bajo coste al tratarse de un material muy poco denso. Aun así, no se tiene en cuenta la energía intrínseca asociada a la obtención y manufacturación del material ni el tratamiento de los residuos al finalizar la vida útil, dificultando la reinsertión de estos en un nuevo ciclo de vida. Por esas razones es que se ha decidido fabricar un material que permita mejorar y/o solucionar estos aspectos.

3. Solución propuesta

La función aislamiento acústico de un material va relacionada con la propiedad de velocidad acústica (velocidad del sonido en un sólido). Dicha propiedad es el resultado de dividir el módulo de Young entre la densidad buscando reducirla al mínimo posible. Para seleccionar los posibles materiales que dan propiedades acústicas se crea una gráfica enfrentando la velocidad acústica frente al precio y limitando la búsqueda a materiales reciclables. Con esto, y llevando los índices a mínimos para poder trazar una superficie de compromiso, se observa que hay dos posibles candidatos que dan mejores propiedades que el TPU: el EBA y el PVC flexible (AR60). Esto se puede ver en la *Figura 1*.

Para el aislamiento térmico se requiere minimizar dos índices de material. Por un lado, el calor del interior de un edificio perdido por las paredes, para mantener el calor durante las épocas frías del año. Por otro lado, el calor absorbido para mantener el frío en el interior del edificio durante las épocas más calurosas. Ambas propiedades van de la mano, y se puede obtener un único índice que relacione las dos. Con esta relación, enfrenándola al precio y limitando la búsqueda a materiales reciclables como en el caso de las propiedades acústicas, se ha encontrado que los materiales para las propiedades acústicas tienen también mejores propiedades térmicas que el TPU, aunque el PVC no esté en la superficie de compromiso (*Figura 2*). Estos, además de mejorar las propiedades, disminuyen el precio del aislante a fabricar. Ambas propiedades se muestran en un mismo gráfico para poder compararlas con el TPU en la *Figura 3*.

El poliuretano para aislamiento térmico y acústico de edificios, material más usado en la actualidad para dicha función, se fabrica en forma de espuma rígida debido a que la reducción de la densidad aumenta considerablemente las propiedades requeridas para el material. Al hacer una espuma a partir de un material, el módulo de Young de este disminuye más aceleradamente que su densidad, dando como resultados mejores propiedades tanto térmicas como acústicas. Partiendo de esta base, se pretende llevar a cabo el mismo procedimiento y se diseñan espumas de PVC y EBA mediante la herramienta *synthesizer* (*Figura 4*) con una relación de densidad del 10% hasta el 25% frente al material (densidad relativa fácilmente obtenible con la tecnología actual), obteniendo unas propiedades superiores a las de la espuma de poliuretano. Estos resultados se ven reflejados en la *Figura 5*.

El aislamiento acústico es una función que no solo depende de las propiedades del material sino también del diseño, con el que se busca reducir la intensidad del sonido y la difusión de frecuencias molestas. Es por ello por lo que en este trabajo también se propone una optimización del diseño de la superficie del material basado en un estudio de código abierto realizado por Tim Perry, tal y como se puede apreciar en la *Figura 6*.

4. Resultados y Conclusiones

Inicialmente se barajaron diferentes opciones de diseño del aislante. Se pretendía hacer un material bicapa, en el cual cada capa tendría principalmente una función, o térmica o acústica, pensando que sería la mejor opción. Con esto también se pensó en hacer un composite proveniente de residuos agrícolas con fibras naturales y polímero natural como matriz, pero al adicionar las fibras naturales se notaba un descenso importante en las propiedades térmicas del material.

El PVC, pese a tener unas buenas propiedades térmicas y acústicas, presenta varias incógnitas debidas a la actual legislación que prohíbe su uso en algunos países y sectores.

Después de estudiar bien todas las posibilidades, la mejor de ellas ha sido diseñar una espuma de EBA sin fibras como se ve en la *Figura 4*. La espuma de EBA es reciclable y más barata que la de TPU, siendo estas las restricciones que cobran más importancia a la hora de elegir un material para poder sustituir al actual y que permiten poder obtenerlo a través de fuentes secundarias.

Este material presenta un compromiso de propiedades mejor que el del poliuretano (TPU), por lo que un diseño bicapa no es necesario, aunque se ha encontrado una optimización del diseño del aislante para aumentar las propiedades acústicas del material sin modificar las térmicas de este.

Una posibilidad interesante de este material sería añadirle carga inorgánica para que este tenga un efecto retardante de llama, una propiedad atractiva e innovadora en la construcción de edificios.

La espuma de EBA en comparación con la de poliuretano (TPU) consume más energía durante su fabricación, pero al ser un material reciclable nos permite recuperar energía al final de su ciclo de vida como se aprecia en la *Figura 7*. Lo mismo sucede si se observa la huella de CO₂, podemos recuperar parte de las emisiones teniendo en cuenta el reciclaje del material (*Figura 8*). El ahorro de energía asciende hasta un 60% y la reducción de emisiones hasta un 53%.

Se puede concluir que este material, la espuma de EBA, es la mejor opción para sustituir a la actual espuma de poliuretano (TPU) por sus excelentes propiedades térmicas y acústicas añadiendo el diseño mencionado anteriormente y pudiendo adicionar carga inorgánica para dotarle de propiedades retardantes de llama (se podría utilizar, por ejemplo, hidróxido de magnesio. Un abundante residuo industrial). Este polímero a su vez presenta un coste económico inferior al TPU, el cual está actualmente a unos 3,95€/kg. La espuma de EBA tiene un precio medio de 1,40€/kg, una reducción considerable.

5. Bibliografía

[1] M. F. Ashby y K. Johnson, *Materials and design: the art and science of material selection in product design*. Oxford; Boston: Butterworth-Heinemann, 2002.

[2] M. F. Ashby, *Materials Selection in Mechanical Design*. 2016.

[3] B. F. Bergel, S. Dias Osorio, L. M. da Luz, y R. M. C. Santana, «Effects of hydrophobized starches on thermoplastic starch foams made from potato starch», *Carbohydr. Polym.*, vol. 200, pp. 106-114, nov. 2018.

[4] P. J. Halley *et al.*, «A Review of Biodegradable Thermoplastic Starch Polymers», en *Polymer Durability and Radiation Effects*, vol. 978, M. C. Celina y R. A. Assink, Eds. Washington, DC: American Chemical Society, 2007, pp. 287-300.

[5] Tim Perry, «The Lean Optimization of Acoustic Diffusers: Design by Artificial Evolution, Time Domain Simulation and Fractals», University of Victoria, Faculty of Engineering, 2011.

6. Anexos

	Aislante térmico (mínimo calor perdido)	Aislante térmico (mínimo calor absorbido)	Aislante térmico (mínimo calor absorbido y perdido)	Aislante acústico
<i>Función</i>	Aislante térmico	Aislante térmico	Aislante térmico	Aislante acústico
<i>Objetivo</i>	Energía perdida mínima por m ²	Energía absorbida mínima por m ²	Energía perdida y absorbida mínima por m ²	Mínima velocidad acústica específica
<i>Ecuación objetivo</i>	$q = -\lambda \frac{(T_{int} - T_{ext})}{w}$	$Q = C_p \rho w \left(\frac{T_i - T_0}{2} \right)$	$Q = (T_i - T_0)(2t)^{\frac{1}{2}}(\lambda C_p)^{\frac{1}{2}}$	$v_s = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$
<i>Restricción</i>	$T_{servicio} > T_{operación}$	$T_{servicio} > T_{operación}$	$T_{servicio} > T_{operación}$	-
<i>Variable libre</i>	$w = -\lambda \frac{(T_{int} - T_{ext})}{q}$	$w = \frac{2Q}{C_p \rho (T_i - T_0)}$	$w = \left(\frac{2\lambda t}{C_p \rho} \right)^{\frac{1}{2}}$	w
<i>Índice de material (M máx.)</i>	$M = 1/\lambda$	$M = \frac{1}{\rho C_p}$	$M = \frac{\sqrt{a}}{\lambda}$	$M = \frac{\rho}{E}$

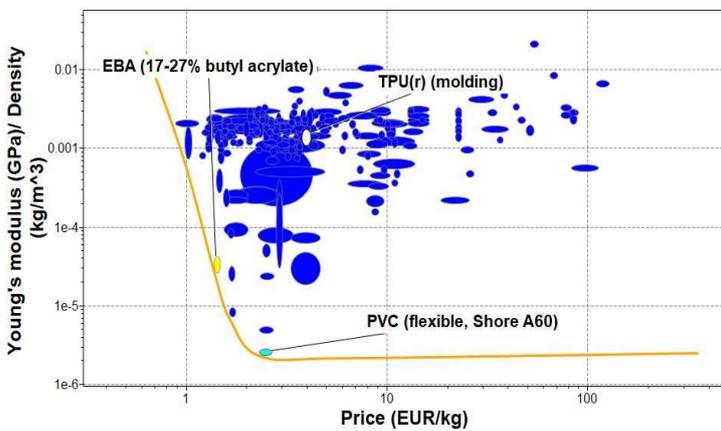


Figura 1. Propiedades acústicas frente al precio.

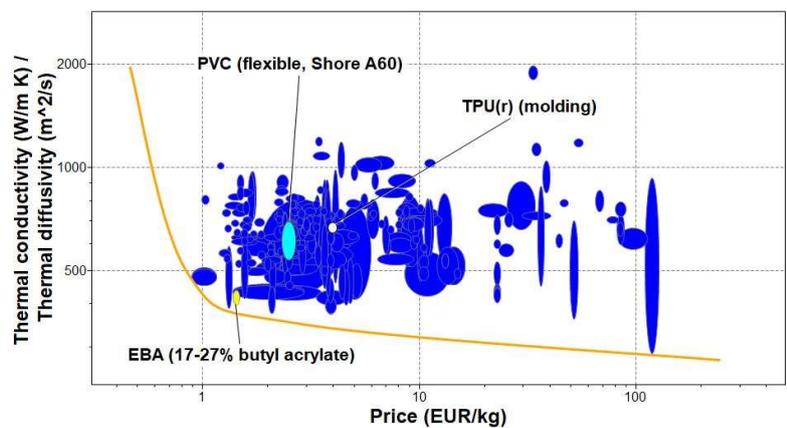


Figura 2. Propiedades térmicas frente al precio.

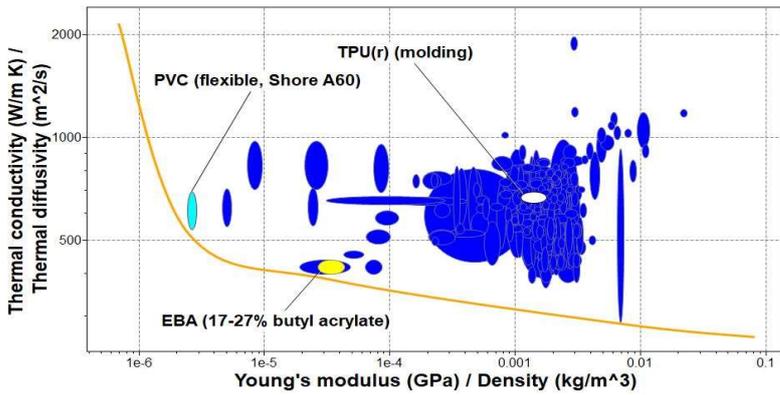


Figura 3. Propiedades térmicas y acústicas.

Foam, closed-cell

Predicts the performance of closed-cell foams, based on relative density

Assumptions:

- Cell size and structure is uniform
- Cell geometry is isotropic

Relative density = (density of cellular structure) / (density of solid from which it is made)

Source Records

Bulk Material: EBA (17-27% butyl acrylate) [Browse...]

Model Variables

Enter values or range of values. For example, 1; 3; 8 or 1-8.

Relative Density: 10 - 25 % Number of values: 10

Model Parameters

Proportion of material in cell faces (1-φ): 20 %

Thermal conductivity of gas in cells: 0.025 W/m²C

Relative flaw size (l/a): 10

Record Naming

Bulk Material: EBA FOAM

This model will generate 10 records [Previous] [Create] [Cancel]

Figura 4. Síntesis de la espuma de EBA.

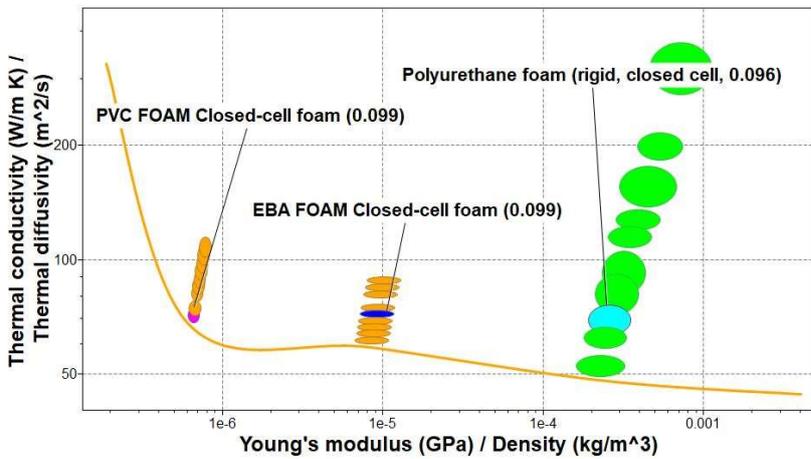


Figura 5. Comparación de propiedades de las espumas.

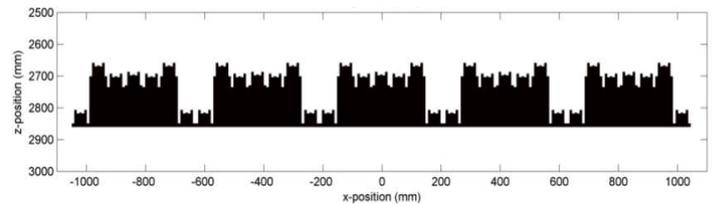


Figura 6. Diseño de superficie óptimo de los paneles de espuma para la difusión de frecuencias molestas.

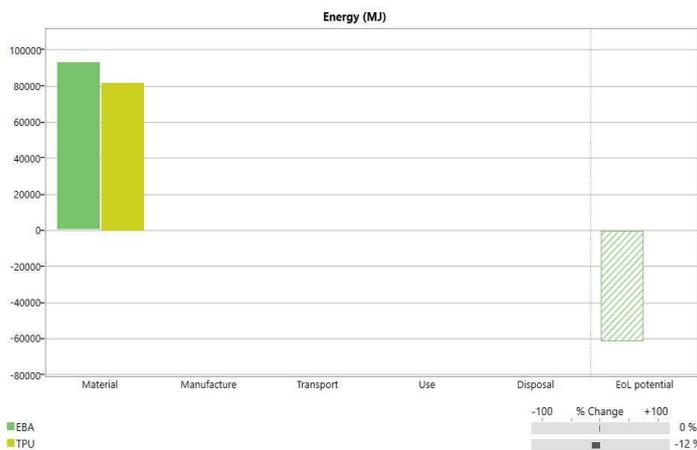


Figura 7. Eco Audit (energético) y comparación del EBA y TPU.

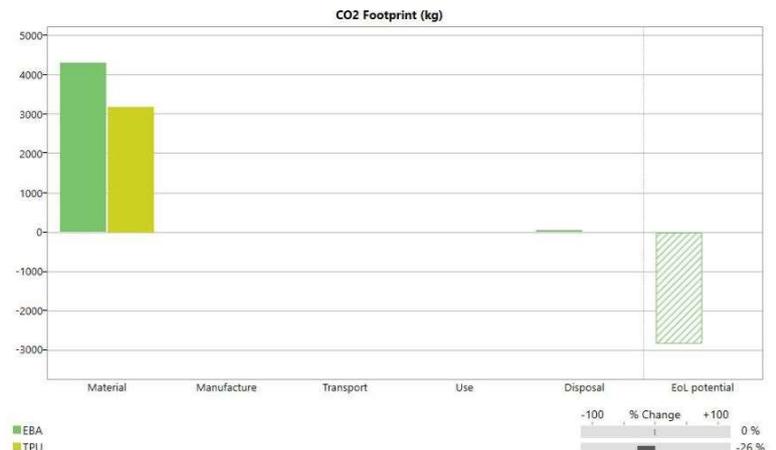


Figura 8. Eco Audit (huella CO2) y comparación del EBA y TPU.

Selección de materiales para mecanismo de liberación de stents en el acueducto de Silvio

Universidad EIA,
Envigado, Colombia

Tutor/a:

Elizabeth Hoyos Pulgarín

Alumnos/as:

Juan Pablo Cano Acevedo

Daniel García Manjarrés

Resumen

La hidrocefalia es una enfermedad que puede ser causada por la obstrucción del acueducto de Silvio (AS) que se encuentra entre el tercer y cuarto ventrículo del cerebro, lo que genera una acumulación de líquido cefalorraquídeo y por lo tanto un aumento en la presión de las cavidades craneales desmejorando la calidad de vida del paciente, y podría resultar fatal. Uno de los tratamientos posibles que se están implementando para esta enfermedad es una cirugía invasiva, se realiza una perforación en la cabeza del afectado para acceder al AS y se deposita un catéter para reestablecer el flujo. Una versión mejorada de esta aproximación implica el uso de un stent de forma semejante a reloj de arena basada en el AS de cada paciente, buscando minimizar los niveles de afectación. Actualmente no se dispone de un sistema de liberación para estos stent y es el objetivo de este trabajo identificar materiales adecuados para el sistema mencionado.



Contenido

1. Objetivos.....	13
2. Planteamiento del problema.....	13
3. Solución propuesta.....	14
4. Resultados y Conclusiones.....	15
5. Bibliografía.....	16
6. Anexos.....	17

1. Objetivos

Seleccionar un material por medio del software CES EduPack para un sistema de liberación de *stent* tipo balón a nivel del acueducto de Silvio teniendo en cuenta biocompatibilidad y condiciones de operación.

2. Planteamiento del problema

La *hidrocefalia* es una enfermedad que generalmente no tiene cura y afecta a uno de cada 500 a 1000 niños que nacen [3]. Las principales causas de hidrocefalia son: espina bífida, infecciones como la meningitis y obstrucción del Acueducto de Silvio (AS) [4]. Una estenosis en el AS conlleva a la acumulación de líquido cefalorraquídeo (LCR) y aumento de la presión en las cavidades cerebrales [5], lo cual afecta la calidad de vida y pone en riesgo a quien lo padece.

Actualmente no se dispone de un sistema de liberación del *stent* a nivel del AS que permita desplegarlo dentro del acueducto sin afectar la pared endotelial la cual se caracteriza porque las células epiteliales son muy sensibles y durante el procedimiento se pueden generar daños en el sistema visual, retrasos cognitivos o en el peor de los casos causar la muerte del paciente. De esta forma es importante concebir un sistema de liberación; ya que sin este no es posible realizar la intervención en el AS.

Los *stents* comerciales para aplicaciones cardiovasculares incluyen un sistema de liberación que permite su despliegue de forma segura y funcional; sin embargo, existen muy pocas soluciones tipo *stent* para el tratamiento de la hidrocefalia en el AS y no se conocen de desarrollos para su sistema de liberación.

3. Solución propuesta

La función principal de un sistema de liberación es conducir y liberar un *stent* a nivel de AS bajo condiciones de presión de 1.14Pa [6] y un flujo de 500ml/min [7] sin generar esfuerzos cortantes en la pared del AS para el tratamiento de la hidrocefalia obstructiva. Los elementos básicos que componen el sistema propuesto son: catéter, balón y ventriculoscopio. En este proyecto se buscó seleccionar el material a utilizar en la manufactura del balón, teniendo en cuenta las siguientes restricciones:

- Elongación entre 100% y 600%
- Biocompatibilidad
- Precio de la materia prima entre 2 y 5 USD/Kg
- Grado medico dictado por la norma ISO 10993-1 o USP Class VI
- Soportar presiones mayores a 1.14 Pa

Usando estas condiciones en el software CES EduPack en la base de datos bioingeniería nivel 3, se obtienen los materiales presentados en la *Figura*, los cuales cuentan con la restricción de elongación entre 100% y 600% [8], biocompatibilidad, precio entre 2 y 5 USD/Kg y grado médico de la norma ISO 10993-1 o USP Class VI que significa que pueden ser utilizados como implantes [9], aspectos importantes para el balón que va a estar insertado por algunos minutos (según el procedimiento) dentro del cuerpo.

Empleando la *Figura 2* se seleccionó un material con un módulo de Young relativamente bajo, para que se deforme con la mínima presión posible debido a que este se debe expandir dentro del AS y una fuerza excesiva sobre las paredes adyacentes puede afectar de manera importante la vida del paciente. También se requiere un material con un alto límite elástico para que no falle durante altas deformaciones que son necesarias para la liberación de *stent*, el cual debe estirarse hasta 6 veces su tamaño inicial para cumplir su función.

Para el esfuerzo máximo presente en la zona crítica, ubicada en la parte más angosta del AS, se empleó una aproximación a un cilindro circular recto para simplificar los cálculos como se muestra en la *Figura 1* la cual se desarrolló previamente empleando un modelo para el máximo esfuerzo de un cilindro, los valores empleados fueron: $\Delta P = 1.14 Pa$, $R = 0.055 mm$ y $L = 0.15 mm$ $\sigma_{max} = 1.77 Pa$. Este cálculo se empleó para verificar que el material cumple con las condiciones, adicionalmente se propone la restricción $\sigma_{max} < S_{sy}$ (Tensión tangencial máxima), basado en la, seleccionada para actuar como un factor adicional de seguridad.

4. Resultados y Conclusiones

De la Figura , la cual indica una relación entre el costo y la cantidad de CO2 necesaria para fabricar 1 kg de cada material versus su límite elástico; se incluyó un límite en 1.17Pa para indicar que todos los materiales preseleccionados superan este valor.

La relación (Precio/ Kg de materia prima) / huella de carbono sea lo más alto posible indicando que es un material que a pesar del alto costo en su fabricación no tiene una alta huella de carbono, lo que es muy beneficioso para el medio ambiente con altas producciones; filtrando con todas las restricciones anteriormente mencionadas se encontraron los siguientes materiales: etileno propileno, poliisopreno, poliuretano, butilo. De la Figura 3 se concluye que cualquiera de estos materiales cumple con el criterio de $\sigma_{max} < S_{Sy}$. Dado que todos estos materiales llegan en presentación de pellets como materia prima facilitan los procesos de manufactura térmicos, como termoformado y el soplado [8], proceso convencional para fabricar balones.

Para la selección del material se encuentra que el que cumple con todos los requerimientos es el poliuretano, pero debido a que algunas personas son alérgicas a este [10] se decide utilizar el poliisopreno el cual le sigue en límite elástico y no genera reacciones alérgicas [11]. Finalmente, como lo muestra la *Figura 4* que relaciona la deformación unitaria según la σ y los materiales elastómeros, el poliisopreno cuenta con un intervalo de deformación más estrecho lo que ayuda a asegurar que cuando se infle el balón se tenga una deformación con menores variaciones respecto a otros materiales.

Conclusiones:

- La propuesta de fabricación de los balones de expansión del stent mediante poliisopreno de acuerdo con las revisiones bibliográficas y el apoyo del CES EduPack permite establecer que es un material con muy buenas propiedades mecánicas en términos de elasticidad y resistencia, además de acuerdo con los reportes de la literatura no genera reacciones alérgicas y facilita su fabricación por las técnicas de termoformado y soplado, lo cual facilita la reproducibilidad de los dispositivos que se fabriquen.
- El CES EduPack es una herramienta que facilita la búsqueda y selección de materiales siempre y cuando se tengan las especificaciones que se necesitan del dispositivo que se va a construir, no obstante no se debe de considerar como la única alternativa para seleccionar un material, ya que como encontramos en la literatura técnica algunas alternativas como las del Poliuretano se asociaba como una alternativa viable desde el punto de vista de CES EduPack y fue mediante la revisión de literatura que había posibilidades de que hubiera reacciones alérgicas en ciertos pacientes; el mejor complemento debería ser entonces bajo una buena selección de materiales mediante el software CES EduPack estarse apoyando permanentemente en la literatura técnica o en agencias como la FDA para ver el potencial daño que pueda representar para un paciente.

5. Bibliografía

- [1] Granta Dising Limite, "CES EduPack 2018." 2018.
- [2] J. E. Shigley and C. R. Mischke, *Diseño en ingeniería mecánica*. 2002.
- [3] National Institutes of Health and National Institute of Neurological Disorders and Stroke, "Traumatismo cerebral: Esperanza en la investigación," 2016. [Online]. Available: https://espanol.ninds.nih.gov/trastornos/traumatismo_cerebral.htm.
- [4] J. Geng, D. Wu, X. Chen, M. Zhang, B. Xu, and X. Yu, "Aqueduct Stent Placement: Indications, Technique, and Clinical Experience," *World Neurosurg.*, vol. 84, no. 5, pp. 1347–1353, 2015.
- [5] A. M. Días Espinosa, "DISPOSITIVO PARA APERTURA DEL CONDUCTO DE SILVIO, EN EL TRATAMIENTO DE HIDROCEFALIA EN NEONATOS," Universidad EIA, Universidad CES, 2017.
- [6] M. D. M. PRADO GUTIÉRREZ, "MODELADO Y DESARROLLO A ESCALA DE UN PROTOTIPO DE STENT COMO ALTERNATIVA PARA EL PEDIÁTRICOS," 2018.
- [7] L. Howden *et al.*, "Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering Three-dimensional cerebrospinal fluid flow within the human ventricular system Three-dimensional cerebrospinal fluid flow within the human ventricular system," vol. 5842, 2008.
- [8] S. Klaidman, *Saving the Heart: the Battle to Conquer Coronary Disease*. 2000.
- [9] Granta Dising Limite, "CES EduPack 2018." .
- [10] P. Sanz, D. Servicio, D. D. Hospital, D. Santa, and S. Pau, "Alergia e irritación," vol. 16, 2013.
- [11] S. Falla, "Alergia a los condones, El Siglo de Torreón," 2016. [Online]. Available: <https://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/1217231.alergia-a-los-condones.html>. [Accessed: 24-Apr-2019].

6. Anexos

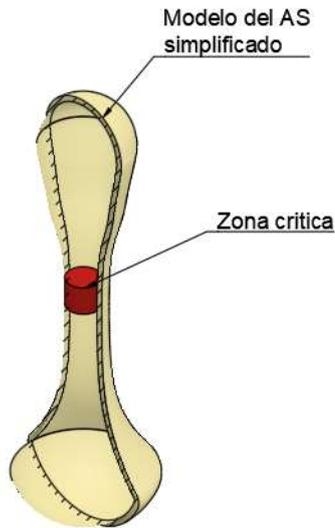


Figura 1 Modelo del AS simplificado.
Fuente: Propia.

Ecuación 1. Modelo esfuerzo máximo soportado en el balón en la zona más crítica. Fuente: Propia.

$$\sigma_{max} = \frac{\Delta P}{2} \left(1 + \sqrt{1 + \left(\frac{R}{L}\right)^2} \right)$$

Ecuación 2. Tensión tangencial máxima. Fuente: [2]

$$S_{Sy} = 0.5 * S_y$$

Ecuación 3. Ley de Hooke. Fuente: [2]

$$\sigma_{max} = E * \epsilon_{max}$$

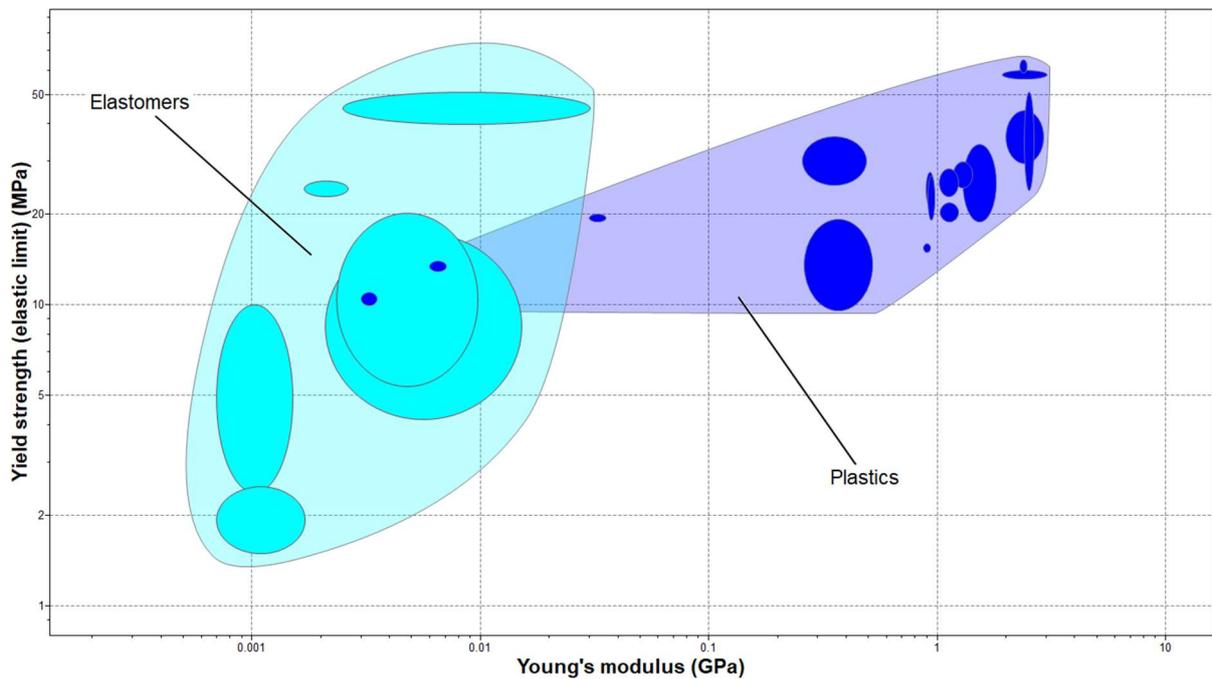


Figura 2. Limite elástico Vs Modulo de Young. Fuente: CES EduPack [1]

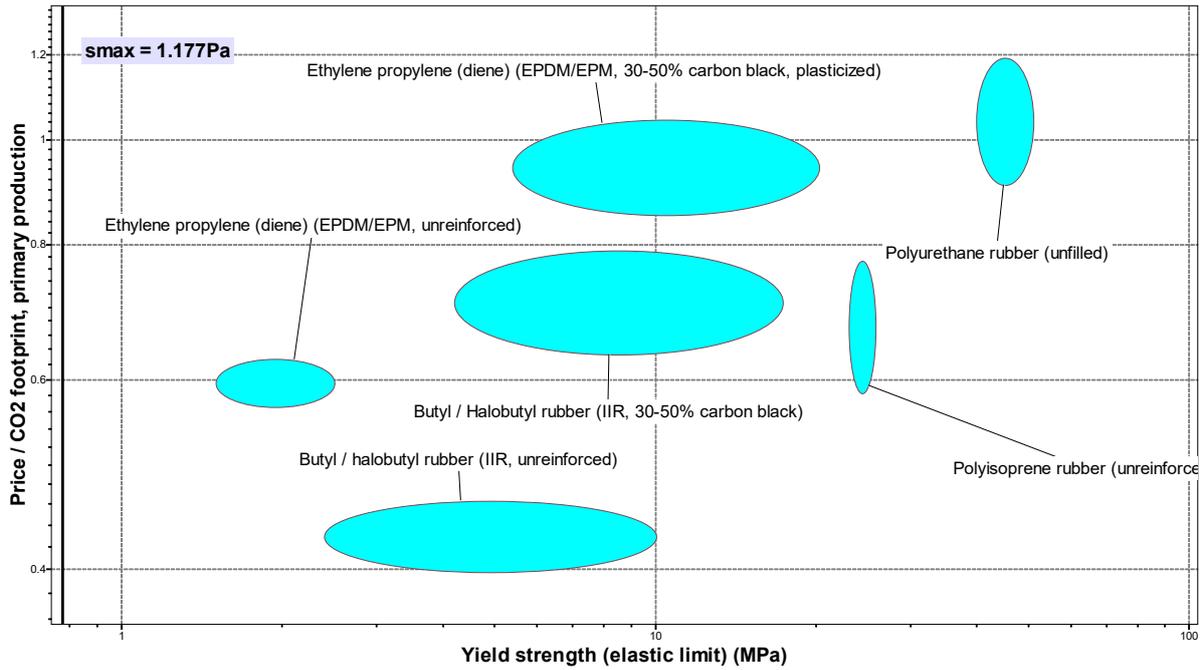


Figura 3. Precio/ (Kg CO2/Kg de producción de materia prima) Vs Limite elástico. Fuente: CES EduPack [1]

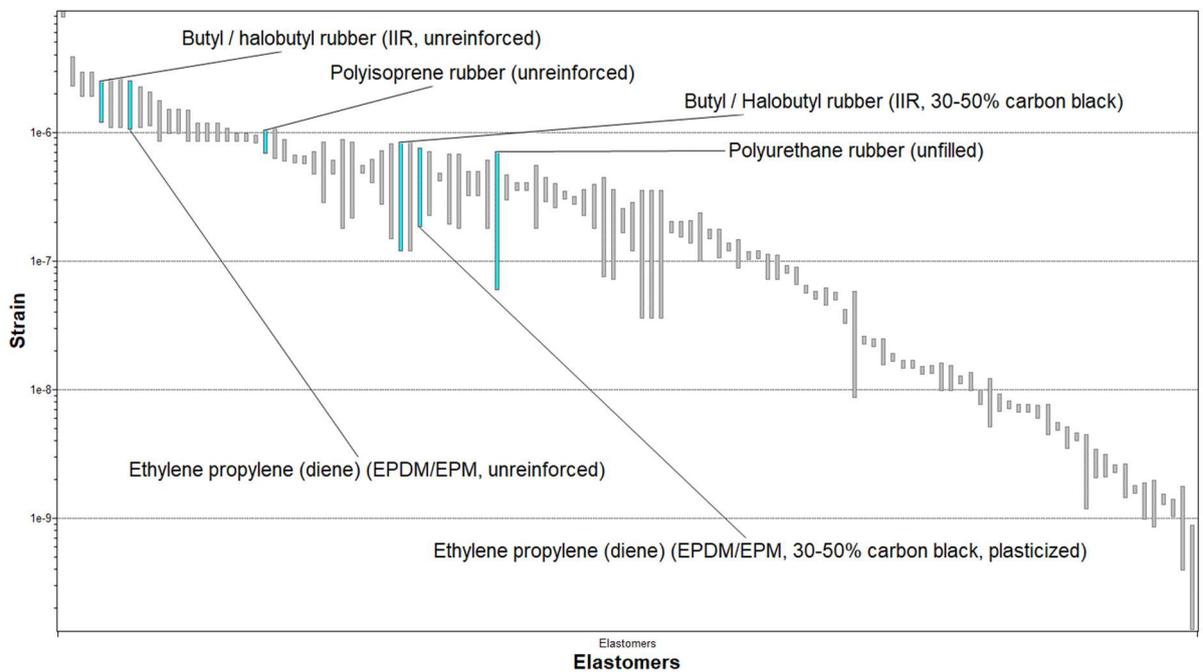


Figura 4. Deformación relacionada a las condiciones de operación y geometría en la parte más crítica. Fuente: [1]

ECOACUSTIC.

Ecodiseño de paneles acústicos

Universidad Politécnica, ETSIDI
Madrid, España

Tutor/a:

Álvaro Ramírez Gómez

Alumnos/as:

Laura Piay Rodríguez

Resumen

La contaminación acústica está en continuo aumento en los grandes núcleos urbanos y periferias, repercutiendo gravemente sobre la salud humana. Igual que ya se han establecido técnicas para la reducción y control del calentamiento global que amenaza a nuestro planeta, el problema acústico nos repercute a la misma escala sobre nuestra vida diaria.

Por ello, esta idea busca neutralizar el foco mayoritario de este problema: el impacto acústico de los automóviles. La aplicación se centra en investigar soluciones posibles para paneles acústicos en carreteras que disminuyan el ruido.

La estrategia principal ha consistido en hallar un material base que destaque por sus propiedades de insonorización, sea reciclable y duradero. Este material permitirá también desarrollar un diseño de panel acústico visualmente integrado en el medio y seguro frente a colisiones.

Adicionalmente, dadas las características del material, pensamos que podría ser utilizado en el interior de las ciudades (calles, plazas, etc.) a través de la propuesta de diseños adaptados e innovadores.



Contenido

1. Objetivos.....	20
2. Planteamiento del problema.....	20
3. Solución propuesta.....	21
4. Resultados y Conclusiones.....	22
5. Anexos.....	24

1. Objetivos

La aplicación se centra en el diseño de paneles acústicos para carretera. Proponiendo una alternativa reciclable e integrada en un diseño innovador.

La Investigación se basa en la búsqueda de un material, destacable por sus propiedades de insonorización acústicas. De manera que, dicho material debe hacer frente a dos objetivos clave:

1. Reciclabilidad
2. Máxima reducción de la contaminación acústica.

Por último, se trata de llevar el material obtenido, a su aplicación real y presentar un prototipo de panel, pensado para carreteras que sufran los problemas de contaminación acústica. Lo cual permitirá ver las ventajas conseguidas gracias al uso de este nuevo material y su integración en el medio, gracias al revolucionario diseño.

2. Planteamiento del problema

El ruido es un problema frecuente en nuestra sociedad, un agente perturbador de la vida cotidiana, muy especialmente en las grandes ciudades y periferias.

Aunque el origen de este fenómeno puede ser natural, la fuente antropogénica es la principal preocupación actual, por las repercusiones medioambientales y sobre la salud humana. Concretamente, el tráfico de vehículos lidera hoy en día el foco de este problema.

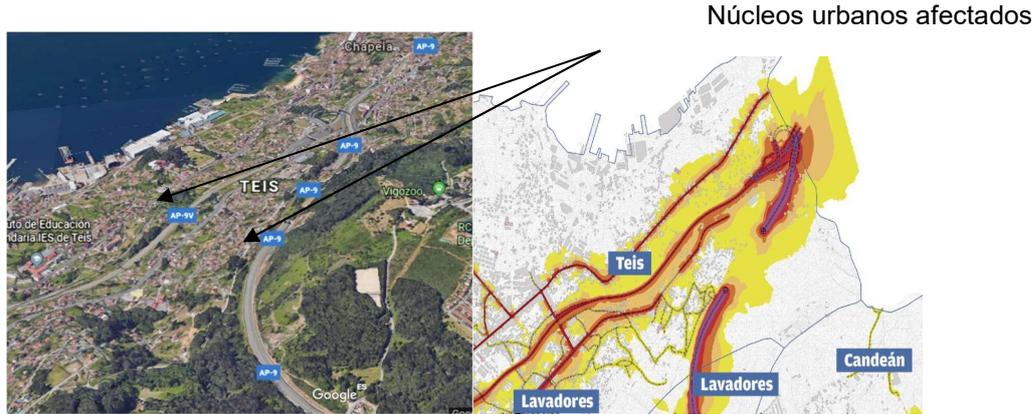
El nivel sonoro medio no debe exceder los 45 dB durante la noche y los 55 dB por el día según la Organización Mundial de la Salud. Sin embargo, el ruido de los vehículos en carretera supera estos límites con creces, afectando a las condiciones de vida y salud humana. Los paneles acústicos se consideran hoy en día una solución a este problema, con objeto de contribuir al modelo de economía circular se valora positivamente considerar en su diseño la revalorización de productos. Además, deben poder garantizar la seguridad de los conductores, frente a colisiones o impactos.

3. Solución propuesta

La solución obtenida, consiste en un diseño concreto, para una localización precisa. Lo que permite adaptar al máximo su funcionalidad y estética a la geografía de la zona.

La propuesta se sitúa en la autopista AP-9 Acceso a Vigo, entre los kilómetros 1+000 y 4+800 en ambos márgenes. Este tramo de 3,8 kilómetros cuenta con 600 hogares y 1.600 personas expuestas a más de 65 decibelios (dB), fuera del objetivo de calidad acústica para zonas residenciales. El total de vecinos que soportan más de 55 dB asciende a 13.500.

Se trata de un tramo considerado como uno en los que más surge actuar, por el propio Instituto de Fomento Español.

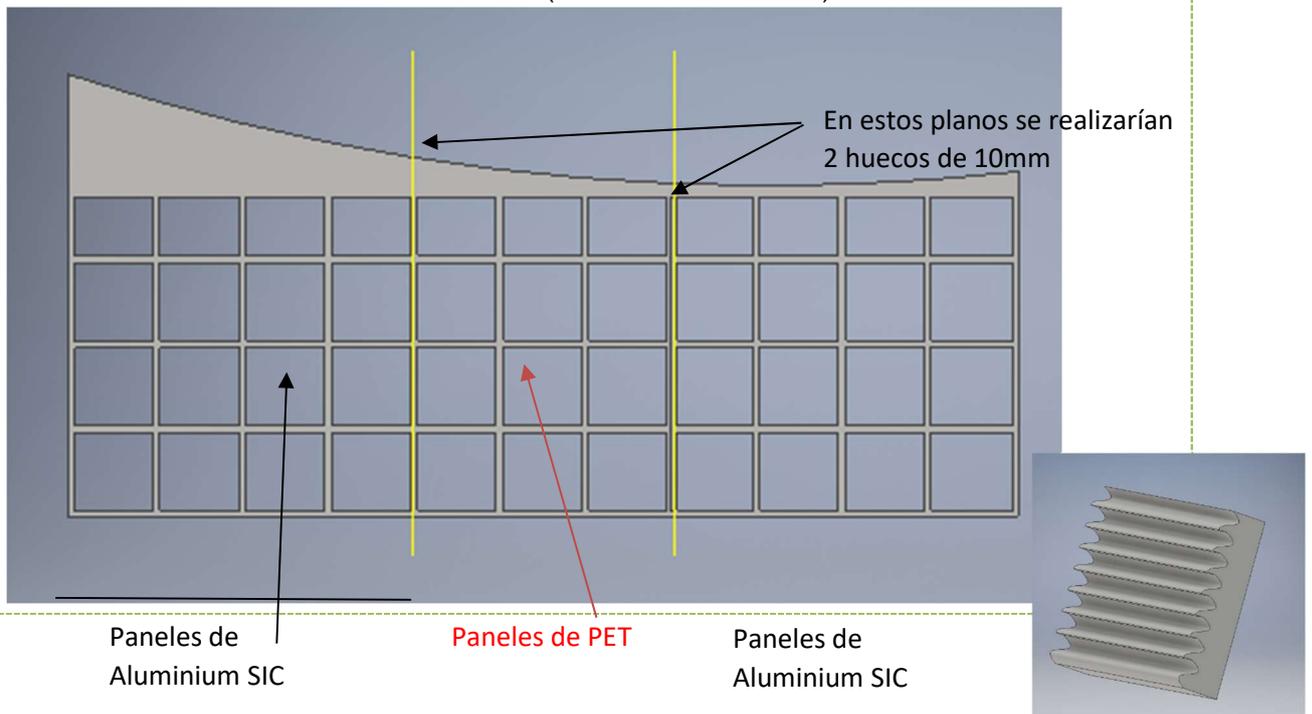


La imagen de la derecha muestra el mapa de ruido de la región, elaborado en el año 2012, actualmente la situación ha empeorado. Existen edificios que llegan a soportar los 75dB.

La solución que se plantea integra eficiencia y funcionalidad:

Se trata de un panel basado en una estructura base a la que se acoplan los módulos interiores.

Estructura de Aluminio + Módulos alveolares (de distintos materiales)

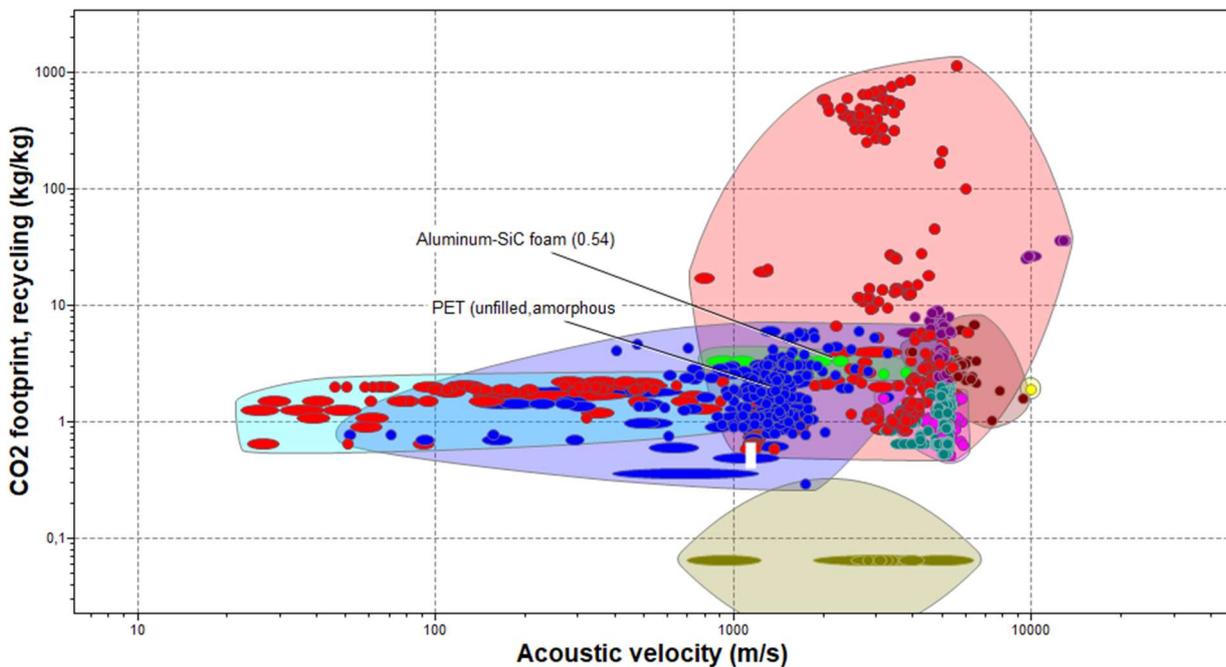


4. Resultados y Conclusiones

Gracias al programa se justifica la elección el **Aluminium SiC foam (0,54)** como el material con mejores características para el proyecto. Además, las diferentes investigaciones realizadas mediante las Etapas de Selección que ofrece el programa, destacaron también las **fibras recicladas de PET** por sus propiedades acústicas y por su contribución a la economía circular.

A modo de conclusión se ha construido una tabla que refleja las mejoras conseguidas en el producto final, mezclando los dos materiales. Frente a las desventajas de usar únicamente Aluminium SiC en el diseño.

	Aluminium SiC	Aluminium SiC+ Fibras recicladas de PET
Porcentajes (%)	100%	70% foam + 30% PET
Ecodiseño	Reciclable	Revalorización de residuos
Amortiguación del sonido	Elevada	Aumenta un 19%
Seguridad frente a impactos	Resistente	Aumenta la tenacidad
Precio	Elevado	Disminuye un 36% el precio total
Agradable ante la visión del conductor	Material opaco que puede generar efecto túnel o sensación de agobio	Se gana transparencia, aumentando la sensación de comodidad del conductor



5. Bibliografía

- ACENTO, *acústica y vibraciones*. (2 de Abril de 2019). Obtenido de Road acoustic screen: <http://www.acentoacustica.com/products/acoustic-road-acoustic-screens-acc-apc.php>
- Bulmaro, J. (9 de Enero de 2018). *SIGNO VIAL*. Obtenido de AMORTIGUADORES DE IMPACTO QUE SALVAN VIDAS: <http://signovial.pe/blog/amortiguadores-de-impacto-que-salvan-vidas/>
- Lorenzo, A. (21 de 07 de 2018). *LA VOZ DE GALICIA*. Obtenido de Siete tramos viarios de la comarca superan el nivel de ruido permitido: www.lavozdegalicia.es/noticia/barbanza/2018/07/21/siete-tramos-viarios-comarca-superan-nivel-ruido-permitido/0003_201807B21C1995.htm
- Prego, C. (27 de 12 de 2018). *FARO DE VIGO*. Obtenido de farodevigo.es » Gran Vigo » Noticias de Vigo: <https://www.farodevigo.es/gran-vigo/2018/12/27/fomento-eterniza-solucion-ruido-causa/2023289.html>
- Tizzoni, G. (17 de Diciembre de 2014). *PATENTE*. Obtenido de Barrera acústica en la que las partes de cimentación y el poste de elevación están realizados en un único elemento y método de montaje relativo.: <https://patentados.com/2014/barrera-acustica-en-la-que-las-partes>

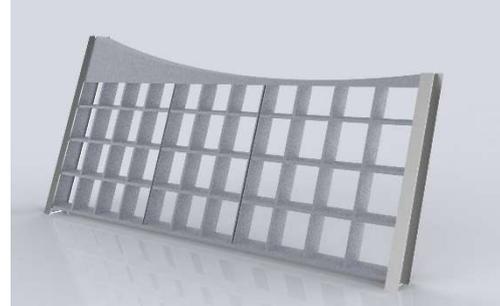
6. Anexos

EXPLICACIÓN DEL DISEÑO

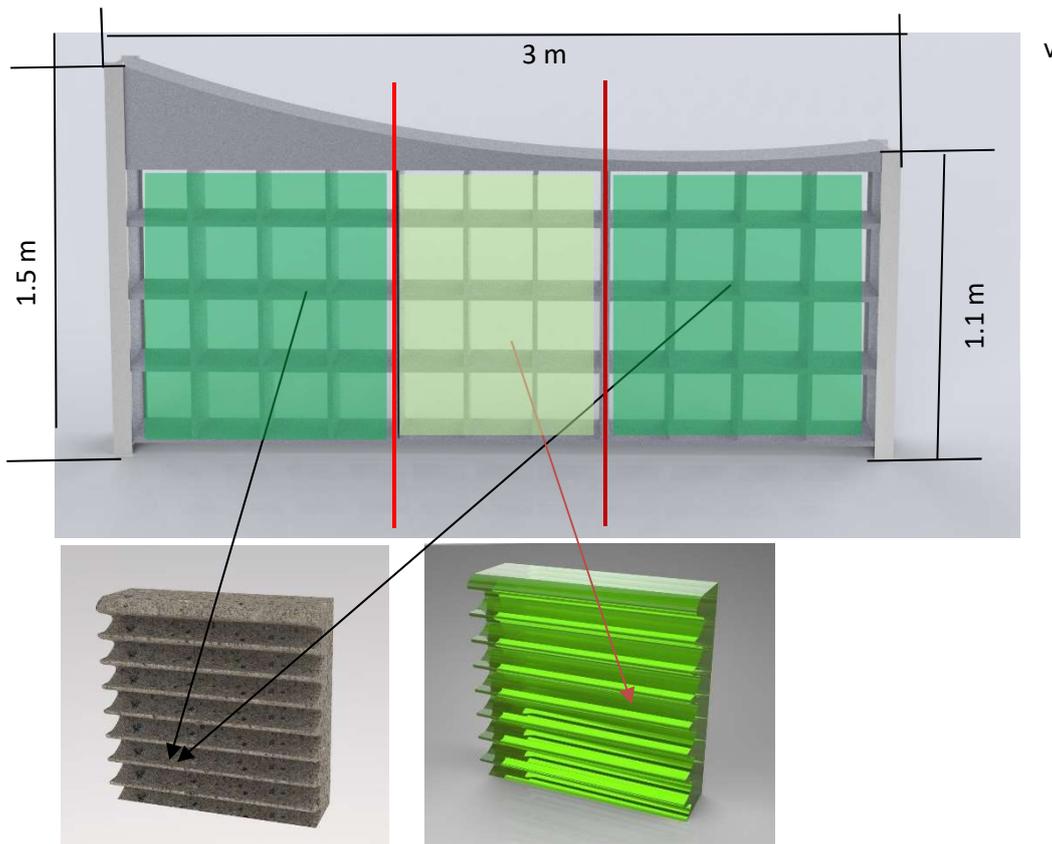
La correcta integración de los materiales se ha conseguido gracias al diseño. La forma geométrica se encarga de la integración visual al entorno. Se toma como referencia la Ría que se encuentra paralela al tramo de autopista. De manera que se configura una geometría que semeje las olas.

Dicha geometría está dotada de una inclinación, de 20° con respecto a la vertical del suelo. Esto es debido a dos motivos;

1. Interiormente conseguimos que no se genere reverberación del ruido y se disminuya el ruido interno entre paneles un 30%. Contribuyendo a unas condiciones de conducción más favorables. *(Se ha realizado una medición experimental mediante: Sound Meter App)*



2. Estéticamente, reduce la sensación de túnel o agobio ante la visión del conductor.



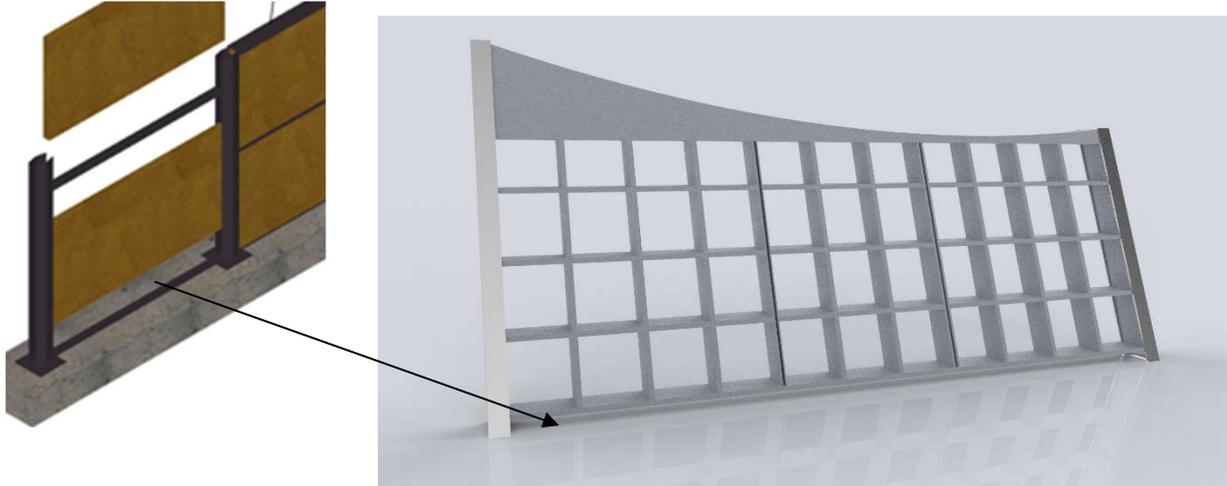
Módulos de Aluminium SiC Módulos de fibras de PET recicladas

En cuanto a los módulos alveolares, se basan cuadrados de 250x250 mm y 150mm de espesor. Se optó por una geometría alveolar como la utilizada, en los aislamientos exteriores, porque la absorción de sonido es mucho mayor que utilizando geometrías planas. Permite una solución más eficaz en la reducción del ruido para las viviendas más próximas.

El propósito es conseguir tonalidades verdes para los módulos de manera que el diseño se integre con la vegetación de la zona.

MONTAJE y ANCLAJES

Para la unión entre paneles se buscó la máxima sencillez, utilizando perfiles IPN 160 anclados al suelo mediante zapata. La longitud de los perfiles IPN es superior a la del panel de manera que se genera un hueco entre la zapata y la estructura. Esto evita la acumulación de agua o cualquier otro tipo de líquido en la carretera, lo que supondría un peligro para la conducción.



En la imagen superior izquierda, se observa el mecanismo de anclaje para conseguir el hueco entre estructura y zapata corrida.

Dentro del propio diseño, entre la estructura metálica y los módulos, se realiza una unión mediante placas triangulares encajadas en las esquinas de los módulos. La unión será la misma para los módulos de PET y los de Aluminium SiC, simplificando el proceso y la fase de producción.



Puesto que se han utilizado materiales muy ligeros, que facilitan el transporte y montaje, el principal objetivo de los anclajes es dar solidez y resistencia al modelo.

Varias pruebas realizadas con el programa Autodesk Inventor Professional, permiten justificar la propuesta y asegurar su resistencia frente a fuertes rachas de viento que podría sufrir el diseño debido a su localización.

Para realizar la simulación se analizaron las rachas de viento máxima de 36 Km/h y las rachas de viento medias de 14 km/h. A continuación, se muestran las tablas de resultados, de los que se puede concluir que el diseño es estable y resistente incluso para los vientos más fuertes.

V= 36 km/h

Presión= 823 N

Resumen de resultados

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	130980000 mm ³	
Masa	353,647 kg	
Tensión de Von Mises	0,000880001 MPa	6,13264 MPa
Primera tensión principal	-1,98345 MPa	7,52108 MPa
Tercera tensión principal	-6,00201 MPa	2,1295 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,39411 mm
Coefficiente de seguridad	15 su	15 su
Tensión XX	-3,00841 MPa	3,16257 MPa
Tensión XY	-2,45482 MPa	1,57141 MPa
Tensión XZ	-0,920636 MPa	0,673158 MPa
Tensión YY	-5,51645 MPa	7,32808 MPa
Tensión YZ	-1,56693 MPa	1,35157 MPa
Tensión ZZ	-2,37712 MPa	2,7432 MPa

V= 14 km/h

Presión= 5411N

Resumen de resultados

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	130980000 mm ³	
Masa	353,647 kg	
Tensión de Von Mises	0,000149334 MPa	0,934104 MPa
Primera tensión principal	-0,30132 MPa	1,14539 MPa
Tercera tensión principal	-0,913066 MPa	0,324284 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,0600035 mm
Coefficiente de seguridad	15 su	15 su
Tensión XX	-0,456922 MPa	0,481551 MPa
Tensión XY	-0,373235 MPa	0,239092 MPa
Tensión XZ	-0,139649 MPa	0,102688 MPa
Tensión YY	-0,839637 MPa	1,11598 MPa
Tensión YZ	-0,238539 MPa	0,205867 MPa
Tensión ZZ	-0,361799 MPa	0,417684 MPa

El objetivo de la propuesta es poder extrapolarla a otras localizaciones concretas donde se sufra el mismo problema. De manera que, en base a los mismo materiales y sistema de fabricación, se adopte otra estética acorde o integrada al entorno

ESTUDIO DE MATERIALES PARA VASIJA DE UN REACTOR QUE OPERA EN CONDICIONES ELEVADAS DE PRESIÓN Y TEMPERATURA Y CAMPO ELECTROMAGNÉTICO

Universidad Rey Juan Carlos
Madrid, España

Tutor/a:

Marta Muñoz Hernández
Marta Multigner Domínguez

Alumnos/as:

Ángela Bermejo Lespe

Resumen

En este proyecto se buscan los materiales apropiados para la fabricación de un reactor que alcance unas condiciones de operación extremas, las cuales, se pretenden conseguir gracias a la aplicación de un campo electromagnético mediante el uso de bobinas. Para este estudio, se proponen dos configuraciones distintas, bobinado interno y bobinado externo, seleccionándose para cada una de ellas los posibles materiales para la vasija del reactor.

Además, se realizan dos Eco Audit que permitirán conocer y comparar la energía y la huella de carbono generadas en ambas configuraciones.



Contenido

1. Objetivos.....	28
2. Planteamiento del problema.....	28
3. Solución propuesta.....	29
4. Resultados y Conclusiones.....	30
5. Bibliografía.....	31
6. Anexos.....	32

1. Objetivos

- **Objetivo general:**
 - El objetivo principal de este proyecto es diseñar un reactor en el que se alcancen las condiciones de operación deseadas gracias a la aplicación de un campo electromagnético. Se precisará además de un catalizador que actúe como soporte de nanopartículas magnéticas, las cuales se activarán gracias al campo electromagnético generando calor de forma muy localizada.
- **Objetivos específicos:**

Dentro del objetivo general mencionado existen objetivos específicos a conseguir para el correcto funcionamiento del reactor.

 - Elección de los materiales con las propiedades adecuadas para la fabricación de la vasija del reactor según las distintas propuestas de colocación del bobinado, el cual, proporcionará el campo electromagnético a este dispositivo.
 - Elección de la configuración del reactor que resulte ser más sostenible y eficiente.

2. Planteamiento del problema

En este proyecto se estudian los materiales adecuados para la vasija del reactor en función de la disposición de las bobinas que proporcionan el campo electromagnético:

- **Bobinado interno:** las bobinas se encuentran en el interior del reactor. En esta configuración tanto el material de la vasija del reactor como el de las bobinas deben soportar gran temperatura y presión. Además, el material seleccionado para la fabricación de las bobinas debe ser conductor a elevadas temperaturas, por tanto, es necesario minimizar el problema de disminución de la conductividad con la temperatura que presentan la mayoría de los materiales metálicos convencionales.
- **Bobinado externo:** las bobinas se disponen de forma externa al reactor, rodeando las paredes y proporcionando el campo electromagnético desde el exterior. Se propone un sistema multicapa para la vasija, que soporte las temperaturas y presiones de trabajo sin apantallar el campo electromagnético.

3. Solución propuesta

El principio de funcionamiento del reactor propuesto se basa en el empleo de un campo electromagnético, generado por las corrientes que circulan por las bobinas que activarán el catalizador. El catalizador se encuentra en el interior del reactor soportando las nanopartículas magnéticas, que, gracias a la aplicación del campo electromagnético, generan calor de forma muy localizada y este se transmite al resto del reactor por transferencia.

El punto clave de este proyecto es la correcta elección del material con el que se van a fabricar las paredes del reactor, para lo cual, se hace un estudio sistematizado de las dos opciones de partida planteadas, usando el nivel 3 del CES EduPack 2018-2019 y cuyos gráficos se pueden observar en la sección de anexos:

- **Bobinado interno:** cuya configuración se puede observar en la ilustración 1 de anexos. El material que constituye las paredes del reactor ha de escogerse para que aguante un amplio rango de presiones y temperaturas de operación. Es por ello que, como se observa en el gráfico 1 destacan los metales y aleaciones, algunas espumas y cerámicos técnicos. De entre ellos, se han seleccionado los metales y aleaciones ya que el carácter metálico ayuda a confinar el campo electromagnético en el interior del reactor, mediante apantallamiento de la radiación.

Por otra parte, el material del que debe estar hecha la bobina que se encuentra en el interior del reactor, debe aguantar también una gran temperatura y presión, pero con el requisito añadido de que al aumentar la temperatura no disminuya su conductividad eléctrica.

- **Bobinado externo:** para esta configuración, que se puede observar en la ilustración 2 de anexos, se propone fabricar la vasija del reactor con un sistema multicapa. Al proporcionar el campo electromagnético desde el exterior del reactor, se requiere que todos los materiales empleados para las paredes sean aislantes eléctricos, evitando así el apantallamiento del campo electromagnético. Se descartan pues los materiales metálicos, ya que, al ser conductores impiden que las ondas electromagnéticas lleguen con la intensidad deseada al interior del reactor. Por lo tanto, se busca un material que sea buen aislante térmico, por lo que se estudia la conductividad térmica en función de la máxima temperatura en servicio. Por otro lado, el material elegido debe aguantar presiones elevadas, por lo que se analiza, además, el módulo elástico para seleccionar el de mayor rigidez.

4. Resultados y Conclusiones

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir del nivel 3 del programa CES EduPack.

- **Bobinado interno:** Las paredes del reactor deben soportar temperaturas cercanas a los 300°C, por lo que se escogen los metales, ya que, además permiten confinar el campo electromagnético dentro del reactor. Se hace un estudio de los metales y aleaciones en función de su máxima temperatura en servicio como se puede observar en el gráfico 2. Se puede concluir que se escoge el acero inoxidable por presentar la propiedad que se busca, en concreto, el acero inoxidable austenítico. Respecto a las bobinas, como se disponen dentro del reactor, deben ser de un material resistente a la temperatura y también que al aumentar esta no se produzca una disminución de la conductividad. Para el estudio de esta característica comentada se realiza un gráfico en el que se representa la conductividad eléctrica en función de la máxima temperatura en servicio, como se observa en el gráfico 3, escogiendo con una caja de selección los materiales interesantes para el estudio, esto es, materiales con gran conductividad eléctrica a altas temperaturas. Se propone una aleación de Cr-Fe, conocido comercialmente como Kanthal.
- **Bobinado externo:** En esta configuración se plantea la realización de un reactor de sistema multicapa, en el que, todos los materiales deben ser aislantes eléctricos para que no se produzca el problema de apantallamiento del campo electromagnético. Además, se propone que las capas sean aislantes térmicas y para ello se representa la conductividad eléctrica en función de la conductividad térmica (gráfico 4). El material seleccionado también debe aguantar gran temperatura, es por ello que también se representa la conductividad térmica en función de la máxima temperatura en servicio (gráfico 5). En ambos gráficos se observa una resina con las propiedades buscadas, el Kevlar, por lo que es el material que se escoge para aportar las propiedades de aislamiento térmico al reactor. El Kevlar se va a reforzar con un material que posea buenas propiedades mecánicas, aportando rigidez a la resina para poder soportar las presiones de trabajo. Por esta razón, se representa la conductividad eléctrica en función de la rigidez en el gráfico 6, obteniéndose como material la fibra de vidrio. El sistema multicapa de material compuesto de kevlar con refuerzo de fibra de vidrio constará de tres capas, con orientación a 0°, 90° y 0°.

Además, se realizan dos Eco Audit de las dos configuraciones, donde se puede observar que hay un mayor consumo de energía y mayor huella de carbono para el bobinado externo debido al material empleado, sistema multicapa de material compuesto de kevlar con fibra de vidrio, como se observan en los gráficos 7 y 8. Se puede concluir que el bobinado interno es más sostenible que el bobinado externo.

5. Bibliografía

<https://www.ucm.es/ima/campos-electromagneticos-y-efectos-biologicos>

<http://www.ifent.org/lecciones/cap07/cap07-08.asp>

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/electric/farlaw.html>

<https://www.fisicalab.com/apartado/campo-magnetico-creado-corriente-electrica#contenidos>

<https://es.wikipedia.org/wiki/Kanthal>

6. Anexos

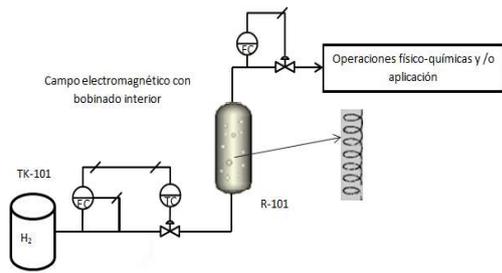


Ilustración 1: Boceto del proceso de la configuración de bobinado interior

ESTUDIO DE LAS MÁXIMAS TEMPERATURAS DE LOS MATERIALES

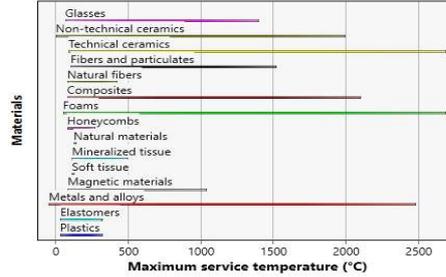


Gráfico 1: Máximas temperaturas en servicio de los materiales

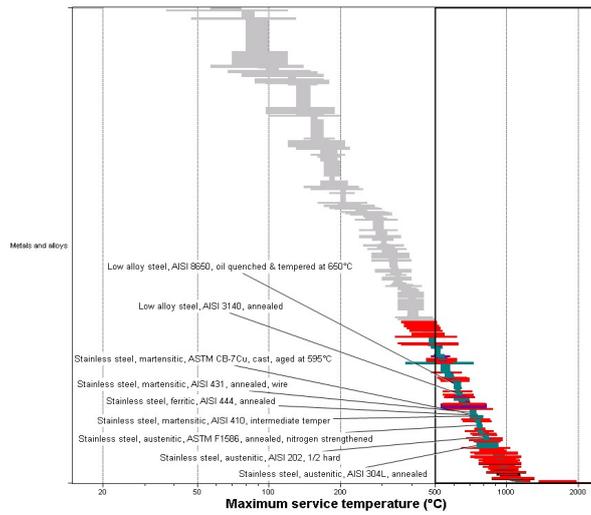


Gráfico 2: Máxima temperatura en servicio de los metales y aleaciones

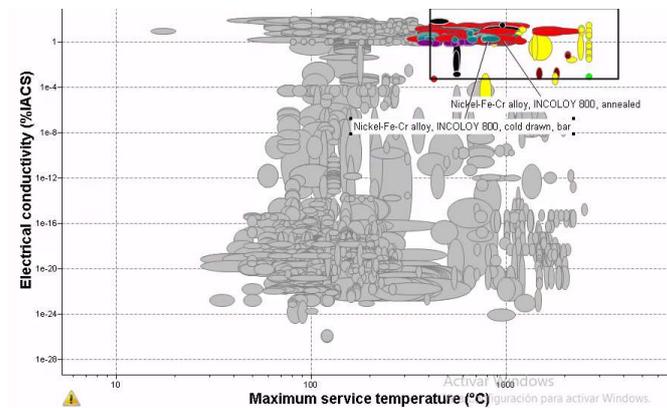


Gráfico 3: Conductividad eléctrica en función de la máxima temperatura en servicio

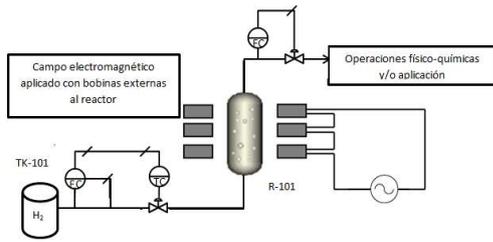


Ilustración 2: Boceto de la configuración de bobinado externo

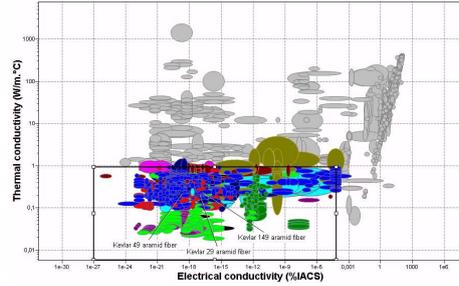


Gráfico 4: Representación de la conductividad térmica en función de la eléctrica

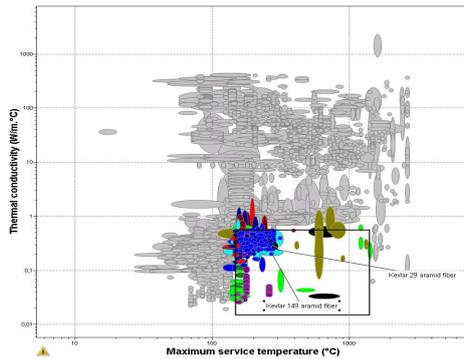


Gráfico 5: Conductividad térmica en función de la máxima temperatura en servicio

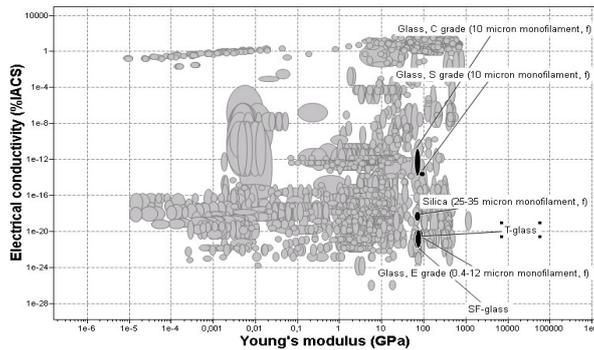


Gráfico 6: Conductividad eléctrica en función de la rigidez

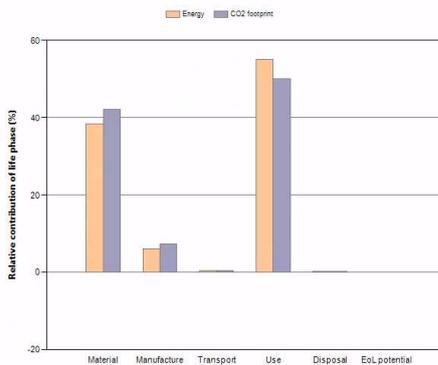


Gráfico 7: Energía y huella de carbono para bobinado interno

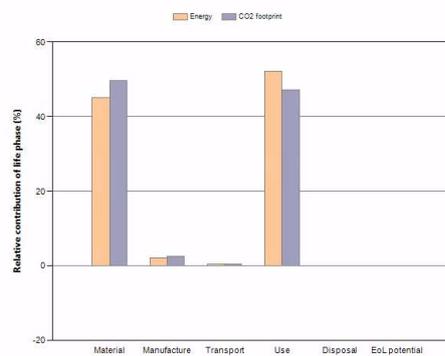


Gráfico 8: Energía y huella de carbono para bobinado externo

MEJORAMIENTO DE LA TIERRA COMO MATERIA PRIMA DE SISTEMAS DE CONSTRUCCIÓN AUTOSOSTENIBLES

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE
COLOMBIA,
Tunja, Colombia

Tutor/a:

Osmar Albert Gamba

Alumnos/as:

Alexandra Daniela Álvarez Quintero

Oscar David Rincón Morales

Resumen

El estudio de la tierra como material de construcción se ha enfocado en casos particulares, principalmente en el estudio del comportamiento de sistemas constructivos como el adobe o bahareque, sin embargo, existe poca información acerca de la adición de otros compuestos a este material. En esta investigación nos centramos en el mejoramiento de la resistencia a la compresión, realizando un total de 18 ensayos de resistencia a compresión simple a una mezcla base, optimizada con ayuda del software especializado en selección de materiales CES EduPack, para así definir un material que cumpla los requisitos de compatibilidad, economía y fácil adquisición frente al mejoramiento de la mezcla, la cual está compuesta por tierra y concreto reciclado como materias primas (residuos de construcción y demolición de la ciudad de Tunja, Colombia).

GRANTA
TEACHING RESOURCES



© Granta Design, 2019
For reproduction guidance, see back page

The Teaching Resources website aims to support teaching of materials-related courses in Design, Engineering and Science.
Resources come in various formats and are aimed primarily at undergraduate education.

Contenido

1. Objetivos.....	35
2. Planteamiento del problema.....	35
3. Solución propuesta.....	36
4. Resultados y Conclusiones.....	37
5. Bibliografía.....	38
6. Anexos.....	39

1. Objetivos

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el comportamiento de la resistencia mecánica a compresión simple de probetas en tierra adicionadas con concreto reciclado.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar muestreo y preparación de la materia prima (tierra y concreto reciclado).
- Seleccionar material a ser implementado para mejorar las propiedades de la mezcla base. Con ayuda del software especializado en selección de materiales CES EduPack
- Definir las composiciones porcentuales y realizar ensayos de compresión simple a la mezcla base y mezcla óptima.

2. Planteamiento del problema

En los últimos años el crecimiento de la construcción en la ciudad de Tunja, Boyacá ha sido notorio, al igual que su incremento en la generación de residuos sólidos. Según la actualización del PIGRS “Plan integral de gestión de residuos sólidos” del año 2015, se estima que en Tunja se producen en promedio 26.000 m³ de residuos /año, agregando a esto la escasa reglamentación y cumplimiento del tema ha fundamentado que en la mayoría de situaciones el manejo que se les da a los residuos de construcción y demolición sea inadecuado, de tal manera, que los procedimientos principales para estos sean, el entierro o incineración a cielo abierto, sin ninguna prevención o control. A razón de lo anterior, se han generado impactos negativos en diferentes aspectos, como son los riesgos directos e indirectos sobre la salud humana, principalmente a causa de enfermedades respiratorias; En términos ambientales la obstrucción de ríos, terrenos y vías públicas, provocando elevados costos de mantenimiento y restauración ambiental. Por lo tanto, se hace necesaria la correcta gestión de estos residuos, de forma que se consiga reducir las cantidades generadas y aprovechar el potencial que tienen como materia prima.

3. Solución propuesta

El estudio de la tierra como material de construcción se ha enfocado en casos particulares, principalmente en el estudio del comportamiento de sistemas constructivos como el adobe o bahareque, sin embargo, existe poca información acerca de la adición de otros compuestos a este material. Por lo anterior, el objeto principal de esta investigación es evaluar el comportamiento a la compresión simple en probetas de tierras adicionadas con concreto reciclado.

La metodología aplicada se divide en tres fases: la primera fase comprende el muestreo de las materias primas (tierra y concreto reciclado). En la segunda fase se emplea el software especializado en selección de materiales CES EduPack; Se realizó un análisis general de las características que deben tener los materiales faltantes, a fin de obtener mayor viabilidad en la realización de la mezclas, rigiéndose en el principio de implementar recursos naturales con poco procesamiento, económicos y de fácil acceso en la zona, por tal motivo se realizan las gráficas de: Price (COP/kg) vs. Shear modulus (GPa), Density (kg/m³) vs. Compressive strength (MPa) y Wear resistance vs. Shear modulus (GPa), para posteriormente comparar estos índices, seleccionando el material que aporta mejores propiedades, ante las necesidades del proyecto, considerando de igual manera relación costo-beneficio. (Ver anexo 1).

La tercera fase se subdivide en la determinación de la mezcla base y la mezcla óptima a partir de 18 ensayos de resistencia a compresión simple. En esta investigación se le denomina mezcla base a la combinación porcentual de tierra mejorada (M1, M2 o M3) que proporcione mayor resistencia a la compresión simple. Este criterio es el mismo para determinar la mezcla óptima, compuesta por la mezcla base más los porcentajes añadidos de concreto reciclado (M4, M5 o M6). (Ver anexo 2).

$$\text{Resistencia a la compresion (MPa)} = \frac{\text{Carga maxima aplicada (N)}}{\text{Area (mm}^2\text{)}}$$

Se definieron los porcentajes de grava, arena y arcilla para cada una de las siguientes mezclas:

- Mezcla #1: Arena gruesa 5%, Arena media-fina 65%, Arcilla 30%
- Mezcla #2: Arena gruesa 0%, Arena media-fina 75%, Arcilla 25%
- Mezcla #3: Arena gruesa 0%, Arena media-fina 65%, Arcilla 35%

Y seguido a los ensayos primarios se identificará la mezcla base, tomando como referencia el dato resultante del ensayo de resistencia a compresión, y se procede a definir los porcentajes de las siguientes mezclas.

- Mezcla #4: Mezcla Base 50%, Concreto 50%
- Mezcla #5: Mezcla Base 70%, Concreto 30%
- Mezcla #6: Mezcla Base 90%, Concreto 10%

4. Resultados y Conclusiones

Con ayuda del software especializado en selección de materiales CES EduPack se logró identificar la alúmina como material ideal para el mejoramiento de la tierra empleada en las mezclas, ya que uno de nuestros principios es la economía, se toma la decisión de identificar un material económico y presente en la región, que tenga Alúmina en su composición. Emparejando materiales se identificó un tipo de arcilla diatomea, que en su composición presentaba de 19% a 20% de Alúmina, definiendo esta arcilla como “Arcilla diatomea de alta Alúmina”, al ser una arcilla es un material que presenta un bajo tamaño de grano y es compatible con la tierra ayudando a mejorar la resistencia mecánica, resistencia a la abrasión y presentando un bajo precio. Conjuntamente estas arcillas están presentes en la región siendo aún más viable su uso como material ideal para el mejoramiento de la tierra.

Después de realizar los ensayos correspondientes a cada mezcla se identificó que la mezcla #2, presento uno de los mayores datos de resistencia a la compresión, superando los valores teóricos y experimentales que presenta el adobe ya que cuenta con una resistencia que va desde 0,5 MPa a 1 MPa, para las otras 5 mezclas sus valores entran en el rango, pero a diferencia de los métodos tradicionales las mezclas necesitan de espacios más pequeños para ser usadas y evitando problemas de sobredimensionamiento presentes en el uso de adobe o bahareque.

Tabla 1: resistencia a la compresión simple.

Mezcla #	Área (mm ²)	Carga máxima (kN)	Resistencia A La Compresión (MPa)
1	13687.31	10.516	0.784
2	13268.79	15.75	1.2
3	13339.61	6.375	0.51
4	13144.44	7.219	0.532
5	13727.70	8.703	0.647
6	12974.72	11.6875	0.87

Fuente: autores

5. Bibliografía

ABAD VEGA, Mateo; AGUIRRE DELEG, José y PAÑEGA PAREDES, Fredy. Diseño de paneles prefabricados en tierra. Cuenca, Ecuador. Universidad de Cuenca, 2012.

APONTE PÉREZ, Ana y NAVARRETE VELÁSQUEZ, Fredy. Caracterización de muros con ladrillo tolete como sistema de construcción de mampostería confinada para vivienda de interés social de uno y dos pisos en la ciudad de Tunja. Tunja, Colombia. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2004

BARÓN FLÓREZ, Darío y CÓRDOBA ORJUELA, Andrés. Mejoramiento de estructuras mediante el sistema de refuerzo de adhesión externa de cintas de FRP (Polímeros reforzados con fibras). Tunja, Colombia. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2004

CHÁVEZ PORRAS, Álvaro; GUARÍN CORTES, Nataly y CORTES DUARTE, María. Determinación de propiedades fisicoquímicas de los materiales agregados de una muestra de escombros en la ciudad de Bogotá D.C. Medellín, Colombia. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, vol. 12, No. 22 pp. 45-58 - ISSN 1692-3324. 2013.

COBREROS RODRÍGUEZ, Carlos. Paneles prefabricados termoacústicos para vivienda industrializada a partir de paja de cereal y tierra estabilizada. Querétaro, México. Universidad Autónoma de Querétaro, 2015.

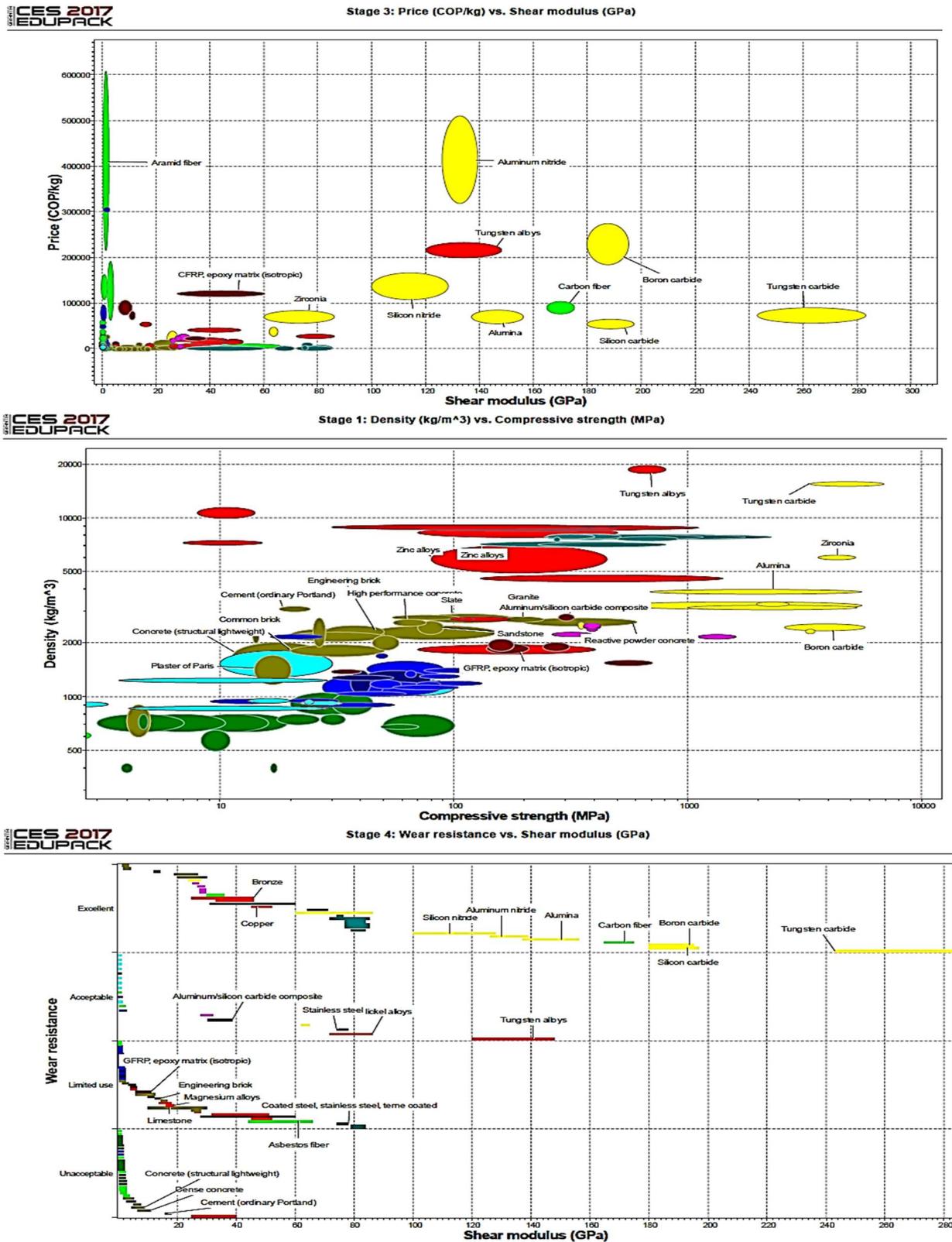
DÍAZ CAMARGO, Julián y MORENO MARTINEZ, Maycoll. Comportamiento de la mampostería bajo esfuerzos cortantes debido a efectos sísmicos. Tunja, Colombia. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2004

ROBLES ROMERO, Andrés y CASTILLO, German. Modelación de un sistema estructural prefabricado de bajo peso sometido a cargas sísmicas para la construcción de viviendas. Bogotá D.C. Pontificia Universidad Javeriana, 2005.

PICHAZOCA SOLANO, Manuel y SALDAÑA PERALTA, Paúl. Elaboración de panel prefabricado con residuo cerámico. Cuenca, Ecuador. Universidad de Cuenca, 2015

6. Anexos

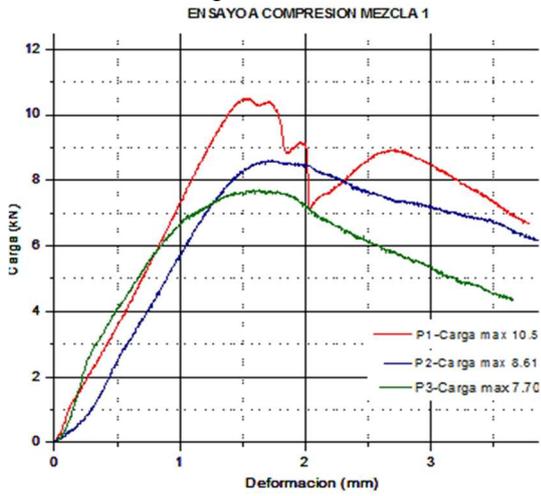
Anexo 1: Aplicación herramientas Ces EduPack para selección de material.



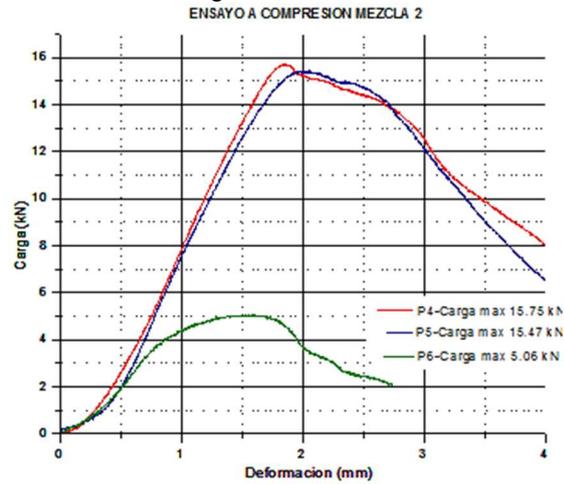
Fuente: autores - Ces EduPack 2017

Anexo 2: ensayos de compresión en mezclas.

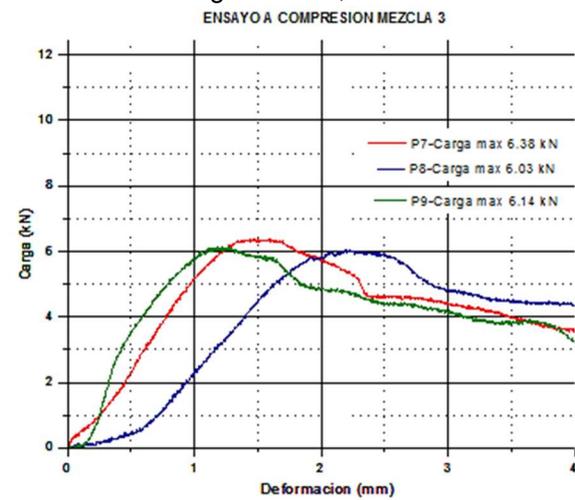
Mezcla 1: Arena gruesa 5%, Arena media-fina 65%, Arcilla 30%



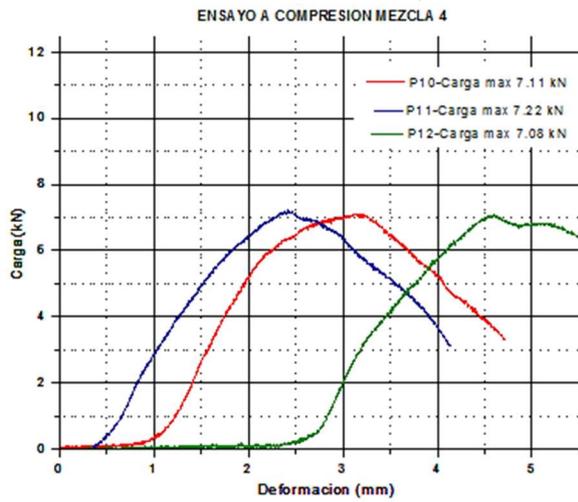
Mezcla 2: Arena gruesa 0%, Arena media-fina 75%, Arcilla 25%.



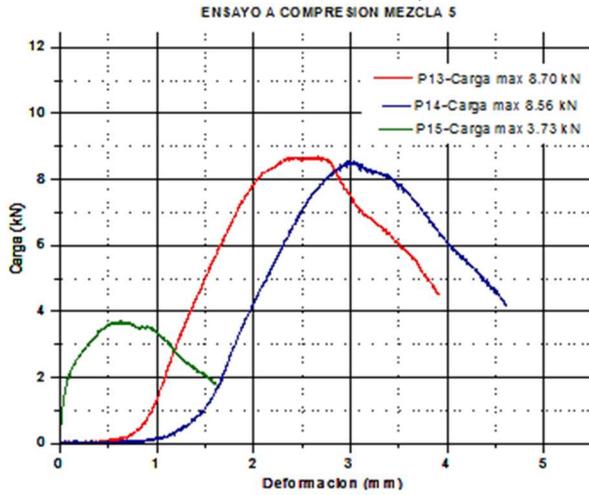
Mezcla 3: Arena gruesa 0%, Arena media-fina 65%, Arcilla 35%.



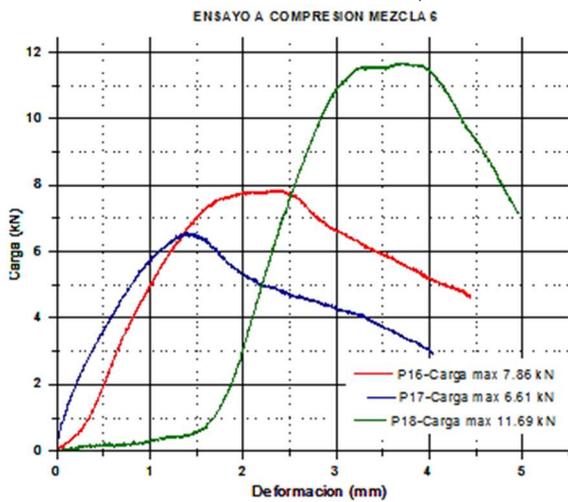
Mezcla 4: Arena media-fina 37.5%, Arcilla 12.5%, Concreto 50%.



Mezcla 5: Arena media-fina 52.5%, Arcilla 17.5%, Concreto 30%.



Mezcla 6: Arena media-fina 67.5%, Arcilla 22.5%, Concreto 10%.



Fuente: Autores.

Potencial para el desarrollo de productos con resinas foto curables para manufactura aditiva por SLA

Universidad Autónoma de Occidente,
Facultad de Ingeniería
Cali, Colombia

Tutor/a:

Miguel Ángel Hidalgo Salazar, PhD.

Alumnos/as:

Paula Andrea Capera Tobar

Camilo Andrés Arias Niño

Estudiantes Ingeniería Mecatrónica

Curso: Elementos de Máquinas

Resumen

La selección de garras, pinzas o grippers para robots manipuladores colaborativos, requiere cumplir diversos requerimientos del sistema en los que se desea implementar. Debido a la estandarización de pinzas comerciales para el caso de tareas colaborativas, donde los requerimientos de peso, fuerza, formas de productos o piezas a manipular, pueden orientar a los ingenieros a seleccionar un gripper estándar sobredimensionado para dicha tarea, los cuales podrían incurrir en sobrecostos. Debido a la complejidad del diseño de pinzas para robots, y la cantidad de procesos convencionales que se utilizan para su fabricación, se propone como alternativa el uso de manufactura aditiva que utiliza materiales de alto desempeño, donde la complejidad del diseño se convierte en un factor favorable en costos de manufactura cuando se compara con la manufactura convencional.



Contenido

1. Objetivos	43
2. Planteamiento del problema	43
3. Solución propuesta	44
4. Resultados y Conclusiones	45
5. Bibliografía	46
6. Anexos.....	47

1. Objetivos

El objetivo de este proyecto es realizar un proceso sistemático de selección de materiales para desarrollar un efector final tipo gripper o garra de dos dedos para ser implantado en un robot UR5 de la compañía UNIVERSAL ROBOTS, mediante el uso de las herramientas disponibles en el CES EduPack. Se propuso la utilización de índices de desempeño, integrando un factor de complejidad del diseño, desde el punto de vista de comparación con procesos convencionales de manufactura (MC) y manufactura aditiva (MA).

2. Planteamiento del problema

Se requiere validar el uso de la utilización del proceso de Estereolitografía (SLA) con una impresora Form 2 de Formlabs, cuyo principio de funcionamiento es la solidificación de resinas foto poliméricas por la incidencia de un láser UV [1], aplicada a la fabricación de un efector final (grripper) adecuado a cubrir los requerimientos específicos para un robot manipulador colaborativo, de uso en laboratorio para prácticas de los estudiantes de las asignatura Elementos de Máquinas y Robótica, en la Universidad Autónoma de Occidente. Las empresas colombianas i3 Automatización S.A.S y Colrobotica, facilitaron a la institución en forma de préstamo para el laboratorio, un robot manipulador de Universal Robots para la validación. Los gripper que ofrece la compañía, son elementos complejos, fabricados por procesos convencionales, CNC, incluyen piezas plásticas inyectadas, uso de elastómeros, aleaciones de aluminio, acero, entre otras, lo que las vuelve costosas, y cuando se requiere seleccionar, se puede incurrir en sobredimensionamiento y por ende sobrecostos.

3. Solución propuesta

En la Figura 1, se presenta una relación general de costos de manufactura versus complejidad de la pieza o diseño, donde se resalta en amarillo la zona donde la manufactura aditiva (MA), resulta más costosa que utilizar procesos de manufactura convencional (MC), es decir hay complejidad baja en el diseño, la cual requiere menos procesos de manufactura para su fabricación, lo que hace costoso producir esa misma pieza pro MA. A medida que se incrementa la complejidad del diseño, se llega a un punto de intersección, donde los costos de la MA y la MC, para dicha pieza, son iguales, y posterior, o a mayor complejidad, la manufactura aditiva resulta más económica e incluso puede sugerir formas que no son posibles de realizar por MC.

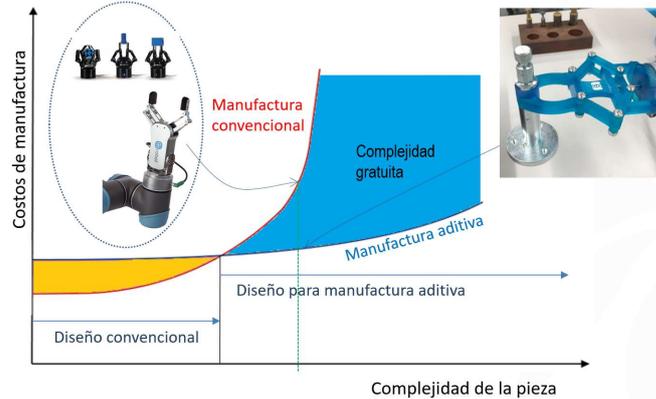


Figura 1. costos de manufactura versus complejidad en el diseño.

Tomado de: <https://library.esss.co/3wr32c2a> - Módulo 1 - Minuto 33:27

Utilizando el CES EduPack se validará por medio de índices de desempeño, el uso de materiales de SLA, para el desarrollo de un efector final (gripper) tipo pinzas, que permita mover diferentes tipos de piezas de diferentes materiales y formas, entre las que están: piezas cilíndricas, herramientas, y piezas mecanizadas terminadas, de un lugar a otro. En la Figura 2, se puede observar el diseño didáctico propuesto, para el robot UR5, Figura 3.

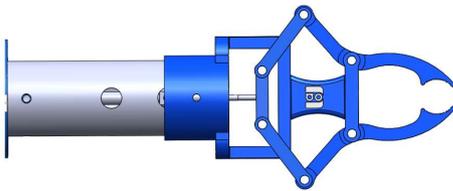


Figura 2. Gripper propuesto didáctico para el robot manipulador colaborativo



Figura 3. Robot manipulador colaborativo de Universal robot

Se requiere determinar la complejidad de diseño y manufactura del gripper, donde se establecen las restricciones que debe cumplir el material según la aplicación. Utilizando la simulación computacional CAD/CAE, se identifica la pieza que presenta los esfuerzos más críticos, entre otras se requiere validar el estado de esfuerzos con los materiales de SLA. Finalmente se imprime un prototipo para realizar las pruebas finales de validación con el gripper acoplado en el robot UR5.

4. Resultados y Conclusiones

A continuación, se presenta la función, las restricciones y el objetivo. El cual se definió para identificar e integrar un factor adicional propuesto por el profesor Hidalgo, al índice de desempeño, que incluye complejidad del diseño y manufactura. Por medio de un análisis de elementos finitos, que incluyo las restricciones identificadas, se determinó que la pieza más crítica del gripper propuesto es el dedo, la cual tuvo los mayores esfuerzos y se presenta en un gráfico en el (Anexo 6.1). Teniendo identificado el elemento crítico, se realizó un diagrama de cuerpo libre de una situación crítica de trabajo, para agarrar un balón, dando como resultado que el dedo está sometido a flexión, la cual se puede observar en el (Anexo 6.2). Por lo tanto, se identificó la función, trabaja a flexión, y cuya restricción es: $\sigma \leq \sigma_Y$, y el objetivo es minimizar masa y costos que integran el factor de complejidad del diseño y manufactura F_{CMD} . Resultando el índice de desempeño M_1 , que se requiere maximizar es:

$$M_1 = \frac{\sigma_y^{\frac{2}{3}}}{\rho F_{CMD}} \quad \text{Ec. 1}$$

Para encontrar el factor de complejidad de manufactura del gripper, se propuso calcularlo, contando la cantidad de piezas, el número de procesos para la realización de cada pieza basados en los procesos disponibles y la cantidad de uniones o ensambles a realizar para obtener el producto final. Se planteó la siguiente ecuación:

$$F_{CMD} = \left[\sum_{n=1}^n (CP_n * CPM_n) \right] + \left[\sum_{n=1}^n (CE_n) \right] \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:

- F_{CMD} = Factor de complejidad del diseño y manufactura.
- CP_n = Cantidad de piezas tipo 1,2 3... (Se identifican en la (Tabla 1.1 y 2.1. del Anexo 6.3). Se sugiere realizar ese tipo de tabla para cualquier producto, y cuantificar los procesos para su fabricación).
- CPM_n = Cantidad de procesos para manufacturar la pieza tipo 1,2,3...
- CE_n = Cantidad de ensambles requeridos (Tabla 2.1 y 2.2 del Anexo 6.3).

Para el caso del gripper, se obtuvo que para fabricar el producto por manufactura convencional (MC) el factor de complejidad es 59, mientras que con manufactura aditiva (MA) se obtuvo un factor de 26, como se puede ver en la (Tabla 3. Del Anexo 6.3), Las restricciones, requerimientos mecánicos y geométricos de diseño, son las siguientes: Para garantizar la integridad del gripper, se seleccionó un valor de factor de seguridad $\geq 2,5$, para los análisis de elementos finitos; rigidez ($E \geq 1,5$ GPa); Limite elástico ≥ 30 MPa; Resistencia a la flexión ≥ 19 MPa; Deformación $\leq 1,5$ mm; Apertura mínima de garra = 7,5 mm; Apertura máxima de garra = 38,6 mm; Peso del gripper ≤ 3 kg. Teniendo en cuenta las restricciones planteadas y el índice seleccionado, también, se realizaron pruebas mecánicas, y datos suministrados por el fabricante FormLabs, los cuales se grabaron en el CES EduPack, y posteriormente fueron exportados al software SolidWorks para el análisis de elementos finitos, para la validación del desempeño mecánico del prototipo usando el material seleccionado (Anexo 6.4). En las gráficas del (Anexo 6.5), se puede observar la selección del material de acuerdo al índice propuesto. Finalmente se validó un prototipo físico montado en el robot UR5, manipulando diferentes tipos de materiales y formas propuestas en el problema, en el (Anexo 6.6), se puede observar fotos de la validación.

5. Bibliografía

[1] I. Gibson, D. Rosen, and B. Stucker, Additive Manufacturing Technologies, Second. Springer, 2015, pp 63 - 65.

[2] ASTM International. (2013). F2792-12a - Standard Terminology for Additive Manufacturing Technologies. Rapid Manufacturing Association, 2.

[3] Formlabs, «Formlabs, Inc [US]» 2019. [En línea]. Available: <https://formlabs.com/materials/engineering/>. [Último acceso: 25 Abril 2019].

[4] Ashby Michael F., Materials Selection In Mechanical Design, 5th ed. Cambridge: Book Aid International, 2017.

6. Anexos

6.1 Análisis de elementos finitos para determinar el eslabón crítico

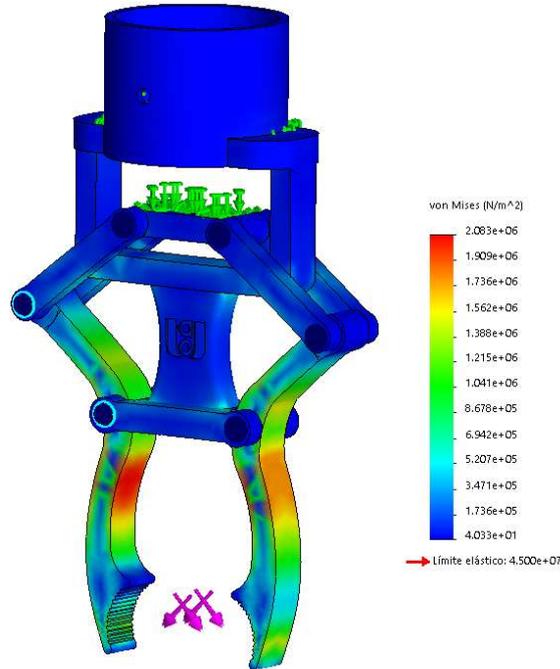


Figura 4. Comportamiento mecánico del ensamble

Fuente: Autores

6.2 Análisis de cuerpo libre

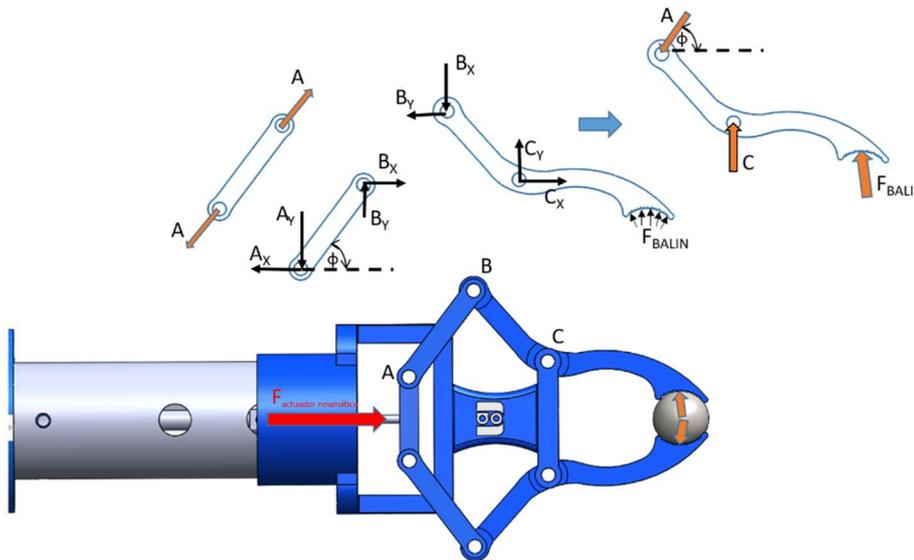


Figura 5. Diagrama de cuerpo libre

Fuente: Autores

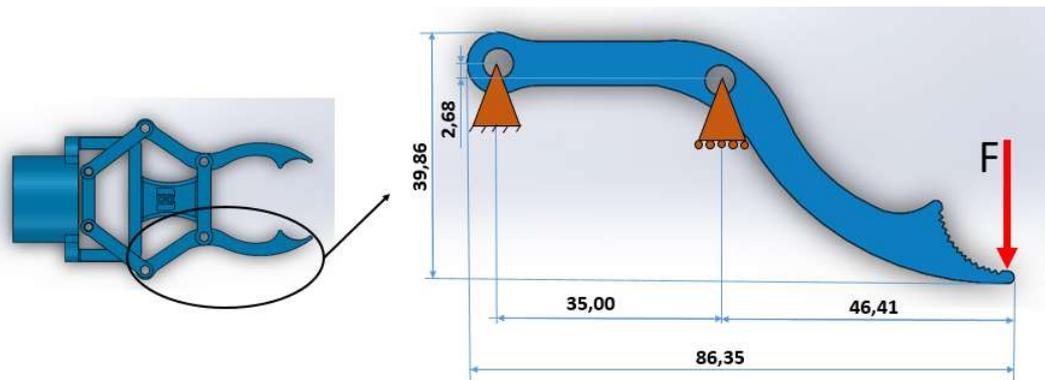


Figura 6. Dimensiones (mm), fuerza y apoyos

Fuente: Autores

6.3 Datos utilizados para determinar el factor de complejidad

Los procesos de manufactura mencionados en las siguientes tablas son procesos disponibles en la Universidad Autónoma de Occidente.

Tipo de pieza (n)	NOMBRE DE LA PIEZA	CANTIDAD DE PIEZAS TIPO (CP)	PROCESOS DE MANUFACTURA CONVENCIONAL (Pueden incluir CNC)	Cantidad de procesos para manufacturar la pieza tipo (CPM)
1	Dedo	2	Planeado cara superior, Contorno cara superior, Taladrado, Planeado cara inferior, Contorno cara inferior	5
2	Eslabones	4	Planeado cara superior, Contorno cara superior, Taladrado, Planeado cara inferior, Contorno cara inferior	5
3	Conector cilíndrico	1	Planeado cara superior, Contorno cara superior, Taladrado, Planeado cara inferior, Contorno cara inferior, Electroerosionado	6
4	Soporte	1 unidad de 2 partes	Parte 1: Torneado, Planeado cara superior, Contorno cara superior, Taladrado, Planeado cara inferior, Contorno cara inferior Parte 2: Planeado cara superior, Contorno cara superior, Taladrado, Planeado cara inferior, Contorno cara inferior, Electroerosionado	12
TOTAL				48

Tabla 1.1. Número de piezas del gripper y procesos de manufactura convencional que se requieren

Fuente: Autores

n	Piezas Ensambladas	Cantidad Ensamblados
1	Eslabón - Soporte Cilindro	4
2	Dedos - Eslabones	4
3	Soporte - Dedo	2
4	Soporte 1 - Soporte 2	1
TOTAL		11

Tabla 1.2. Numero de ensamblados de piezas fabricadas por manufactura convencional

Fuente: Autores

Tipo de pieza (n)	NOMBRE DE LA PIEZA	CANTIDAD DE PIEZAS TIPO (CP)	PROCESOS DE MANUFACTURA ADITIVA (Pueden incluir post procesos)	Cantidad de procesos para manufacturar la pieza tipo (CPM)
1	Dedo	2	Estereolitografía y Postcurado	2
2	Eslabones	4		
3	Conector cilíndrico	1		
4	Soporte	1		
TOTAL				16

Tabla 2.1. Número de piezas del gripper y procesos de manufactura aditiva que se requieren

Fuente: Autores

n	Piezas Ensambladas	Cantidad Ensamblados
1	Eslabón - Soporte Cilindro	4
2	Dedos - Eslabones	4
3	Soporte - Dedo	2
TOTAL		10

Tabla 2.2. Numero de ensamblados de piezas fabricadas por manufactura aditiva

Fuente: Autores

Tipo de Manufactura	Complejidad del desarrollo del gripper
Manufactura Convencional (MC)	59
Manufactura aditiva (MA)	26

Tabla 3. Factor de complejidad

Fuente: Autores

6.4 Validación material seleccionado con análisis de elementos finitos

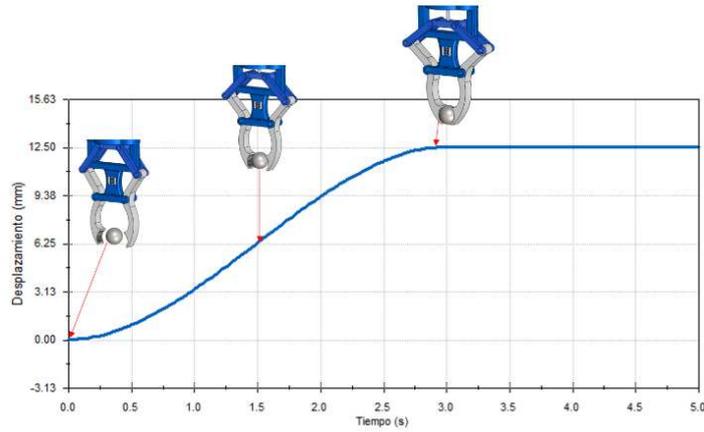


Figura 7.1. Diagrama de tiempo, simulación dinámica

Fuente: Autores

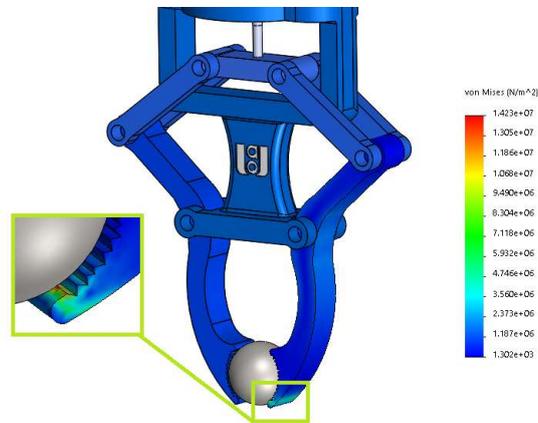


Figura 7.2 Estados de esfuerzos de la simulación dinámica

Fuente: Autores

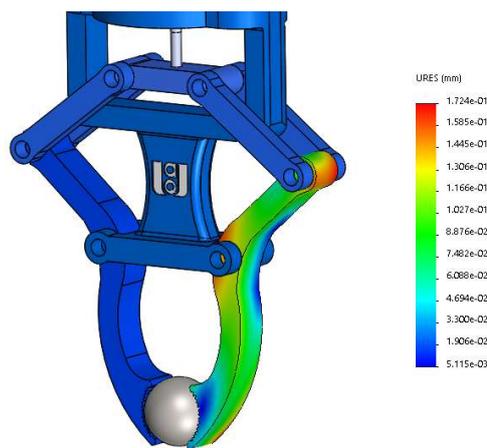


Figura 7.3. Estados de deformación

Fuente: Autores

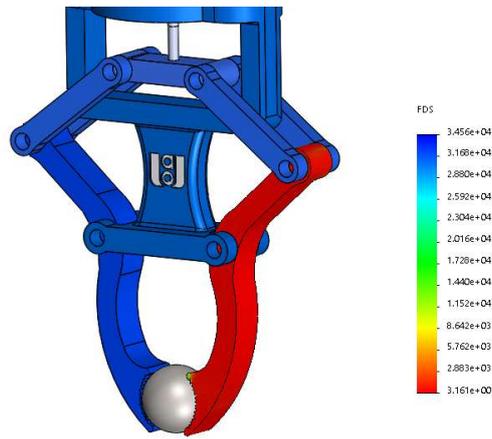


Figura 7.4. Factor de seguridad

Fuente: Autores

6.5 Selección del material en CES EduPack de acuerdo al índice propuesto

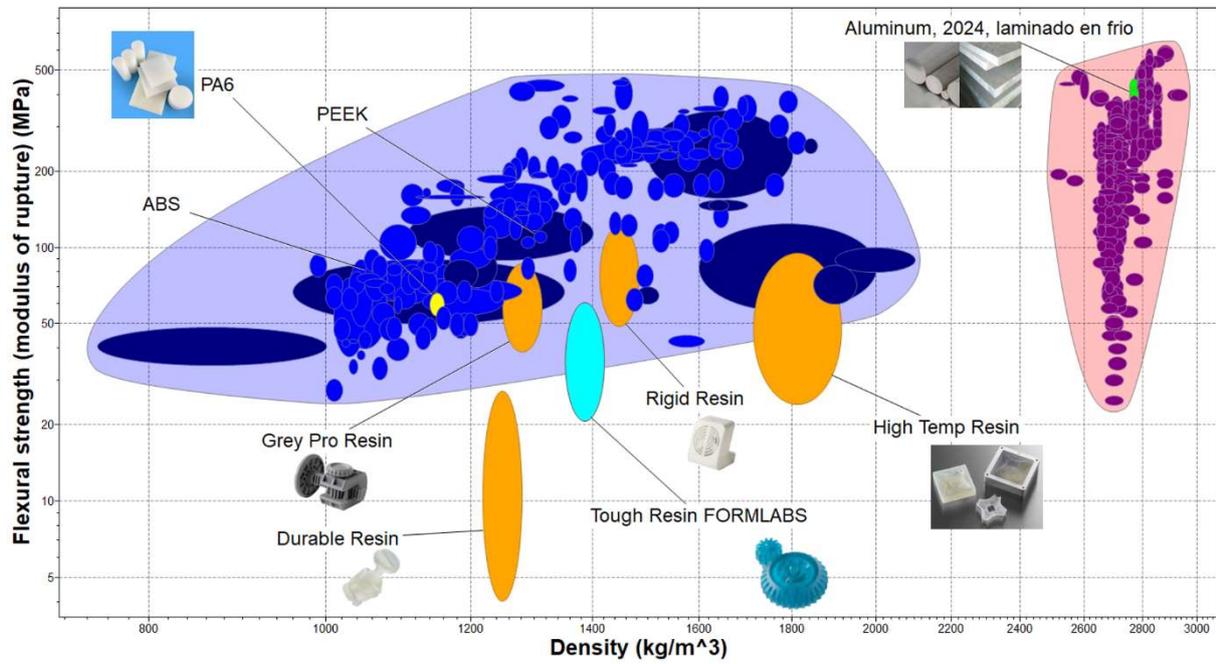


Figura 7.5. Resistencia a la flexión versus densidad de: aleaciones de aluminio, poliamidas para fabricación convencional de partes de grippers, y resinas disponibles para SLA de FORMLABS.

Fuente: Autores

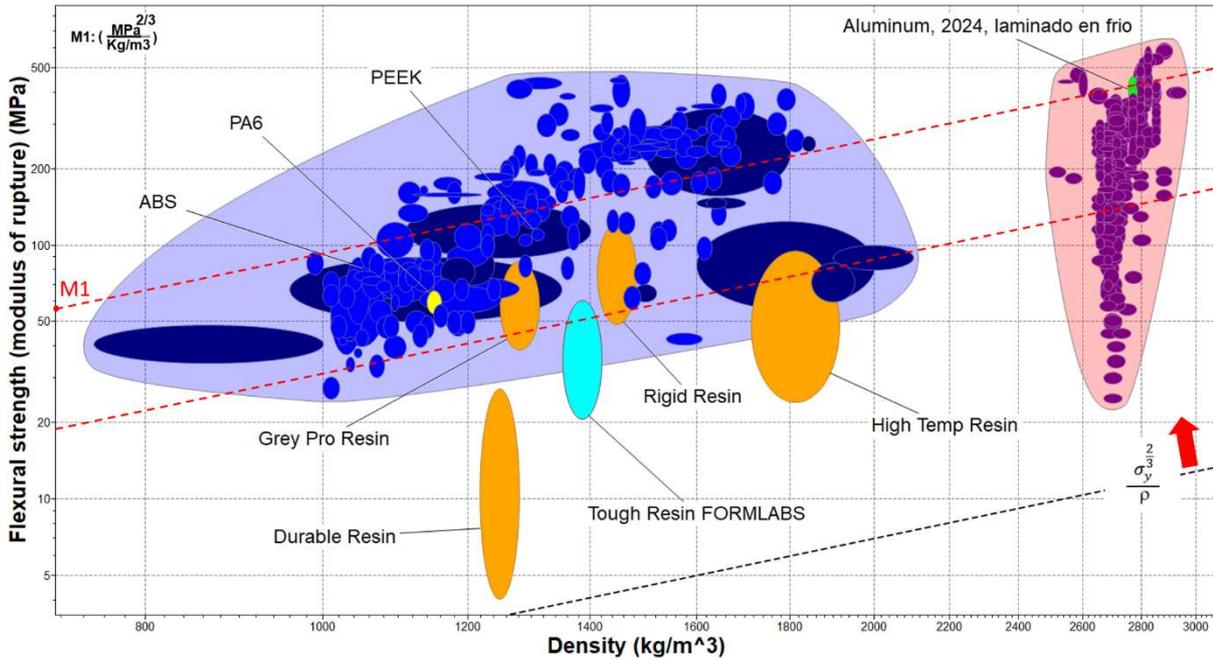


Figura 7.6. Resistencia a la flexión versus densidad de: aleaciones de aluminio, poliamidas para fabricación convencional de partes de grippers, y resinas disponibles para SLA de FORMLABS, se resalta las líneas de criterio de selección, en rojo las que incluyen los materiales convencionales y los de SLA.

Fuente: Autores

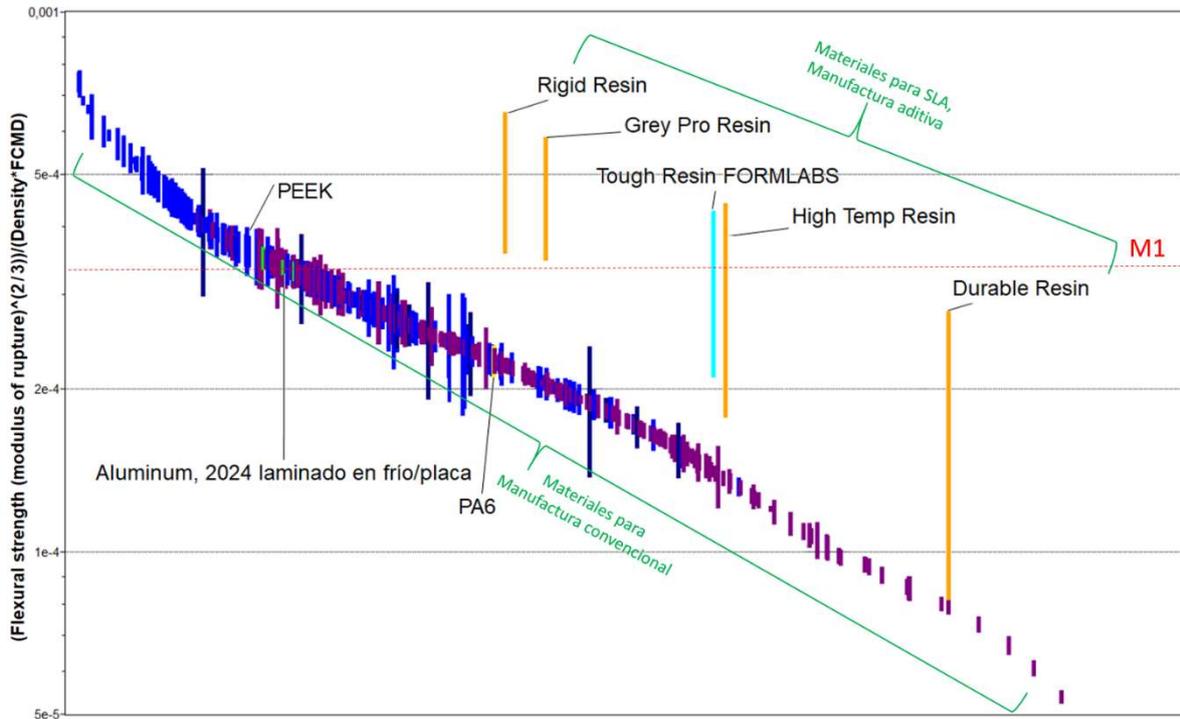


Figura 7.7. Grafica de índice de desempeño, que incluye el efecto del factor de complejidad, manufactura y diseño, (FCMDSL A =26; FCMDManu.Convencional =59, calculado con la ecuación 2, y los valores de las variables, están cuantificados de acuerdo a las tablas del anexo 6.3.)

Fuente: Autores

6.6 Validación del dispositivo físico e implementación del gripper en el robot para realizar la aplicación “pick and place”



Figura 8. Grafica Imágenes del día de la validación, cursos Elementos de Máquinas 1-3-2019.

Fuente: Autores



Figura 9. Gripper tipo pinza comercial.

Fuente: <https://automationdistribution.com/on-robot-rg2-collaborative-gripper-for-universal-robots/>

Selección de materiales alternativos en la estructura externa de

Universitat Politècnica de València,
Valencia, España

Tutor/a:

Javier Orozco Messana

Alumnos/as:

María Fernández de Palencia Navarro

Paula Inés Gascó Claramunt

Mabel Talavera Molinero

Resumen

Actualmente, la selección de materiales es uno de los grandes retos en la ingeniería, especialmente en el sector aeroespacial ya que ligeras variaciones en las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los materiales pueden conllevar consigo grandes cambios en los resultados. Además, en la industria de los cohetes es de vital importancia considerar la cantidad de materiales desechados debido a su elevado precio y su dificultad de manufacturación. Es por ello que haciendo un estudio, uso y combinación adecuada de los materiales sería posible desarrollar cohetes optimizados y reutilizables, reduciendo así el coste y el impacto medioambiental de estas misiones. Como consecuencia directa, se propiciaría el ágil desarrollo del sector aeroespacial



Contenido

1. Objetivos	55
2. Planteamiento del problema	55
3. Solución propuesta	56
4. Resultados y Conclusiones.....	57
5. Bibliografía	58

1. Objetivos

Uno de los mayores retos actuales de la ingeniería aeroespacial es la selección de materiales para la construcción de cohetes, ya que explorar el espacio es costoso y supone un gran impacto medioambiental. Sin embargo, llevando a cabo un uso adecuado de los materiales, sería posible desarrollar cohetes que pudiesen ser optimizados y reutilizados, lo que haría que estas misiones fuesen más eficientes.

En este proyecto se van a investigar y comparar propiedades tales que la densidad, el límite elástico, la resistencia y la conductividad térmica, así como parámetros esenciales como el coste o la facilidad de manufacturación de tres tipos de materiales: compuestos de carbonos, aleaciones de aluminio-litio y aceros inoxidable, con el objetivo de concluir en cuál sería la mejor opción para el sistema estructural de un cohete, con el fin de que este pueda ser reutilizado tras su reentrada en la atmósfera terrestre.

2. Planteamiento del problema

El sistema estructural de la mayoría de los cohetes se basa principalmente en aleaciones de aluminio-litio debido a su excelente relación densidad-resistencia. Sin embargo, este no el único parámetro que se debe considerar. Otros materiales como compuestos de carbono presentan una gran ligereza y resistencia, aunque, a su vez, conllevan una gran dificultad de manufacturación, una gran cantidad de material desechado durante esta y un elevado coste de aproximadamente unos 150 \$ por kilogramo. Los aceros inoxidable, especialmente aquellos con un mayor contenido en níquel y cobalto, a pesar de su elevada densidad -que es 2,5 veces mayor que la de las aleaciones de aluminio- presentan una excelente resistencia y una baja conductividad térmica además de un coste de tan solo 2 \$ por kilogramo.

Así pues, también se debe estudiar el comportamiento de estos materiales en las condiciones extremas a las que se verán sometidos en una misión espacial. Los sistemas estructurales de cohetes deben soportar tanto temperaturas criogénicas a las que se debe mantener el combustible líquido como, temperaturas muy elevadas durante la reentrada en la atmósfera terrestre. Es por ello, que las decisiones entorno a la selección de materiales en ingeniería son un balance entre las ventajas e inconvenientes de cada opción.

3. Solución propuesta

Para realizar este estudio analizaremos las diferentes propiedades de los materiales usados comúnmente para los tanques de combustible de las naves espaciales en comparación con los aceros inoxidable, teniendo en cuenta los requisitos que deben de cumplir dichos materiales tanto a nivel operativo como económico, así como la posibilidad de un tratamiento posterior que adecue el material a su uso definitivo.

Así pues, tras el análisis de los datos y los gráficos obtenidos mediante el CES EduPack se han podido valorar los beneficios y las desventajas de cada familia de materiales previamente mencionada. Mientras que las aleaciones de aluminio-litio presentan una gran relación densidad-resistencia su conductividad térmica y la variación de sus propiedades mecánicas a temperaturas extremas como son las criogénicas del combustible líquido (-270 °C) y las elevadas temperaturas de reentrada lo convierten en un material poco conveniente para la fabricación de cohetes reutilizables, puesto que a pesar de emplear protección térmica, esta material quedaría inutilizable tras la reentrada en la atmósfera terrestre. Asimismo, los compuestos de carbono, a pesar de su elevada resistencia también presentan variaciones indeseables cuando son expuestos a temperaturas muy fluctuantes, así como un elevado coste y una gran dificultad de manufacturación. Estos dos materiales, cuando son expuestos a temperaturas extremadamente bajas se convierten en extremadamente frágiles.

Como solución se propone el uso de aceros inoxidable con una alta composición de níquel y cobalto. Estos aceros tienen una menor conductividad térmica y un mejor rendimiento frente a temperaturas adversas. Además, debido a su mejor capacidad para resistir altas temperaturas se requeriría menor protección térmica en el exterior de los cohetes que aquella empleada en cohetes de aluminio-litio o compuestos de carbono. Esta reducción en la necesidad de protección térmica significa a su vez una notable reducción en el peso del cohete, lo que compensa la utilización de aceros, los cuales poseen una gran densidad. Como apunte, recientemente la compañía Dawson Shanahan ha conseguido aplicar con éxito el tratamiento de perfilado en frío a distintos de aceros inoxidable. Este tratamiento consiste en manufacturar y dar forma al material en cuestión mientras se enfría a temperaturas criogénicas lo cual proporciona grandes ventajas en la resistencia del material. Finalmente, se debe destacar que el bajo coste de producción y manufacturación del acero junto a las características previamente mencionadas lo convierte en un material sostenible y viable a largo plazo para su uso en cohetes reutilizables.

4. Resultados y Conclusiones

A partir del gráfico 1, adjuntado en el anexo, podemos concluir que los aceros inoxidable se caracteriza por una densidad de alrededor de tres veces el promedio de las densidades de las aleaciones de aluminio y de entre seis y siete veces el promedio de las densidades de las fibras de carbono; por otra parte escasas aleaciones de aluminio alcanzan límite elástico de los aceros inoxidable y solo unas cuantas fibras de carbono lo superan, no siendo este dato el límite elástico de promedio de las fibras de carbono.

Analizando estas dos mismas propiedades centrándonos solo en las aleaciones inoxidable y en concreto en los aceros inoxidable, gráfico 2, los aceros inoxidable con mayor límite elástico son: AISI 440C ($1,77 \times 10^2,17 \times 10^3$ MPa y $7,7 \times 10^3-7,9 \times 10^3$ kg/m³), AISI 440B ($1,67 \times 10^2,05 \times 10^3$ MPa y $7,7 \times 10^3-7,9 \times 10^3$ kg/m³) y AISI 440A ($1,49 \times 10^3-1,82 \times 10^3$ MPa y $7,7 \times 10^3-7,9 \times 10^3$ kg/m³); en el gráfico también están marcados los aceros inoxidable con menor densidad pero su límite elástico no es lo suficientemente elevado.

A partir del tercer gráfico observamos que los tres aceros inoxidable comparten el mismo precio por kilogramo, que es de 0,913€-1,06€, muchísimo menos que su principal competidor en el ratio elasticidad/densidad mostrado en el gráfico uno, la fibra de carbono, el precio de la cual oscila entre los 120,27 € y los 178 € por kilogramo.

En el cuarto gráfico (Strength vs Max service Temperature) observamos como, en general, las aleaciones de níquel, cromo y en ocasiones cobalto, son las que mejor resisten las altas temperaturas de servicio, que llegan incluso a superar los 1000 °C. Destacamos concretamente la AISI 446, un acero inoxidable ferrítico con una resistencia específica de 25.9 MN.m/Kg y un punto de fusión de 1.43×10^3 °C, así como la aleación, también de acero inoxidable, de serie ASTM CB-30 (fuerza específica de 49.2 kN.m/Kg y resistente a temperaturas de hasta 760 °C).

Por último, en el quinto gráfico (*Density vs Yield Strength Ratio*) cabe destacar de entre todos los materiales la serie CB-30, pues es la que mayor temperatura de servicio soporta (de hasta 760 °C) con una resistencia específica de 49.2 kN.m/Kg, siguiéndole la serie, también martensítica, AISI 440C (1.71×10^3 MPa y 7.7×10^3 kg/m³ de densidad)

5. Bibliografía

- Eric Ralph, December 24, 2018 - SpaceX Starship Prototype <https://www.teslarati.com/spacex-elon-musk-starship-prototype-three-raptors-mirror-finish>
- Cathal O'Connell, February 6, 2018 - Cosmos Explanation of reusable rockets' launching and landing mechanisms <https://cosmosmagazine.com/space/launch-land-repeat-reusable-rockets-explained>
- Clapp, M. B., & Zubrin, R. M., 2000, U.S. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office
- [Yoshifumi Inatani](#), [Yoshihiro Naruo](#) and [Koich Yonemoto](#), Institute of Space and Astronautical Science, Japan - Concept and Preliminary Flight Testing of a Fully Reusable Rocket Vehicle <https://arc.aiaa.org/doi/abs/10.2514/2.3652>
- Jane McGrath, September 28, 2017 - Reentering the Earth's Atmosphere <https://science.howstuffworks.com/spacecraft-reentry.htm>
- Lo, K. H., Shek, C. H., & Lai, J. K. L., 2009 - Recent developments in stainless steels. *Materials Science and Engineering* <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0927796X09000461>

6. Anexos

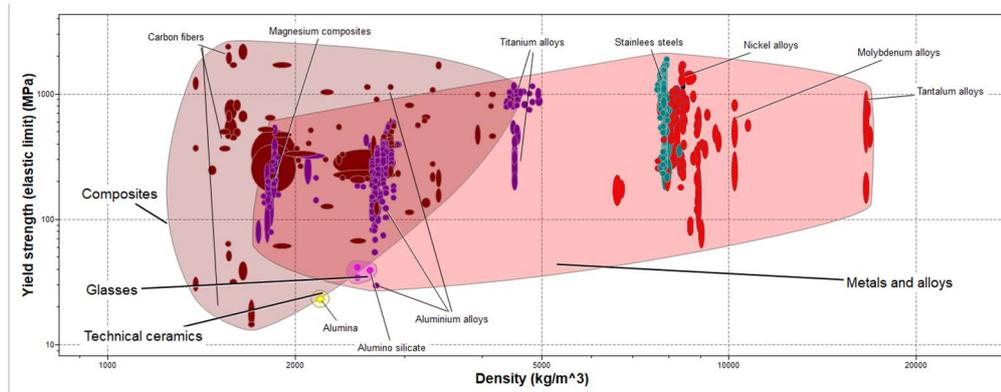


Gráfico 1, Yield strength vs density in aerospace materials

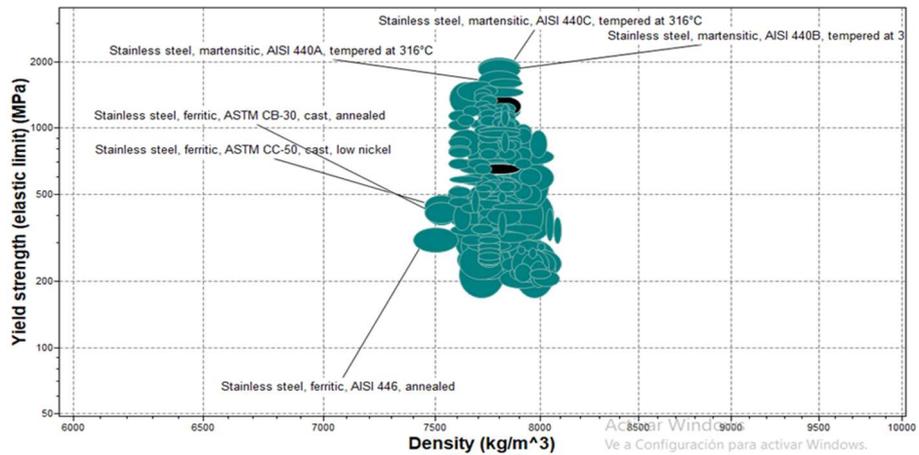


Gráfico 2, Yield strength vs density in stainless alloys

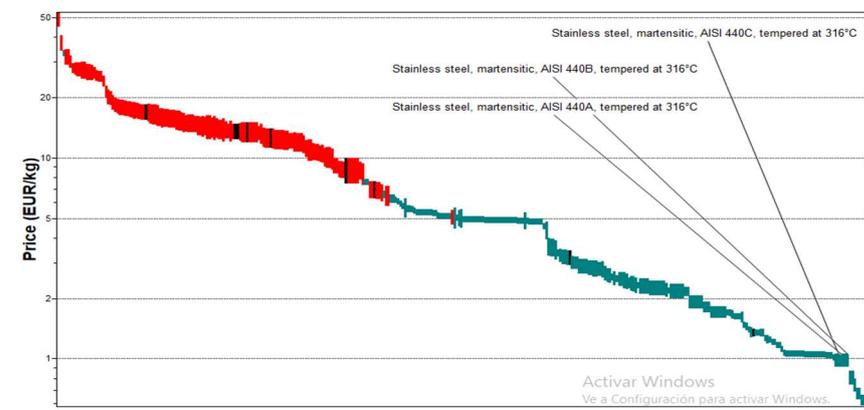


Gráfico 3, Precio EUR/kg

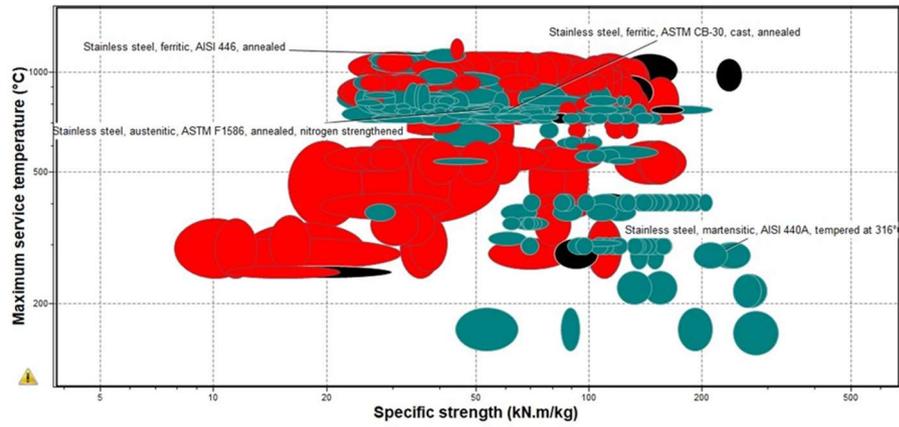


Gráfico 4, Strength vs Max service Temperature

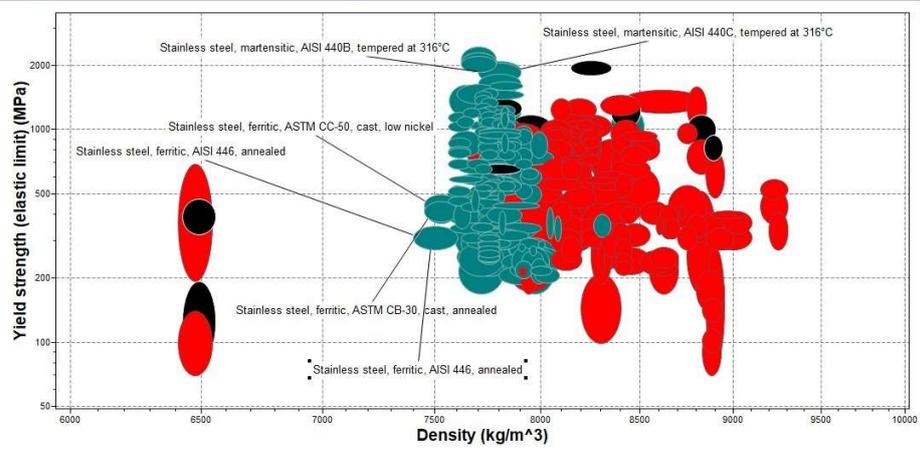


Gráfico 5, Density vs Yield Strength Ratio

Selección de materiales para las hélices de vehículos aéreos no tripulados (drones)

Universidad EAFIT,
Medellín, Colombia

Tutor:

Juan Camilo Múnera Ossa

Alumnos/as:

Santiago Correa Carmona
Sofía Maldonado Restrepo
María Clara Henao Peñaranda



Resumen

En los últimos años se ha aumentado el consumo de vehículos aéreos no tripulados, debido en gran medida a su inherente versatilidad que les ha permitido ser utilizados en un vasto y disímil rango de aplicaciones. Un componente importante de estos vehículos son sus hélices cuya función permite a estos sistemas generar la sustentación necesaria para despegar, volar y suspenderse en el aire. En general, estas hélices se han hecho de materiales poliméricos como el policarbonato (PC) y poliamidas (PA). Ambos polímeros presentan una combinación de propiedades como el peso y la rigidez apta para ser utilizados en esta aplicación. Sin embargo, las propiedades de resistencia al impacto y tenacidad a la fractura que exhiben, los pone en desventaja al momento de recibir impactos accidentales que son frecuentes cuando están siendo utilizados, generando a menudo un daño catastrófico de estos componentes. Por lo anterior, en este trabajo se propone seleccionar un material para ser utilizado en las hélices de los drones, teniendo en cuenta las propiedades de resistencia al impacto y la tenacidad a la fractura de los materiales seleccionados. En el trabajo se identifican los modos de carga a los que están sometidas las hélices cuando están en operación con el objeto de generar estrategias de selección que maximicen las propiedades de resistencia al impacto y tenacidad a la fractura de los materiales en función de los requerimientos del diseño. Luego del proceso de selección de materiales se concluye que, a partir de los resultados, el material óptimo para usar en las hélices de los drones es un compuesto a partir de resina epoxi y Spectra (fibra de polietileno).

Contenido

1. Objetivos	63
2. Planteamiento del problema	63
3. Solución propuesta	64
4. Resultados y Conclusiones.....	69
5. Bibliografía	71
6. Anexos	72

1. Objetivos

1. Realizar un proceso de selección de materiales que van a ser utilizados para fabricar hélices de drones.
2. Generar gráficos de propiedades utilizando CES EduPack que permitan analizar y relacionar las propiedades y los coeficientes de rendimiento del material con requerimientos del diseño establecidos.
3. Maximizar las propiedades mecánicas de los posibles materiales seleccionados para la fabricación de las hélices de los drones tales como resistencia y tenacidad a la fractura.

2. Planteamiento del problema

Con el avance actual de la tecnología se han desarrollado nuevas herramientas que antes eran impensadas para aplicaciones cotidianas. Los vehículos aéreos no tripulados son una muestra de ello. Estos sistemas han demostrado el potencial para ser utilizados en diferentes industrias como el transporte de mercancía de bajo peso, industria audiovisual, deportiva entre otras. Hoy en día, estos vehículos pueden ser controlados por todo tipo de usuarios desde aficionados hasta personal calificado. Independientemente de la aplicación, se ha evidenciado que una de las principales razones por las que fallan estos sistemas radica en el daño que comúnmente les ocurren a las hélices debido a impactos que frecuentemente reciben mientras están siendo utilizados. En general, estas hélices están hechas de materiales como el policarbonato (PC) o poliamidas (PA) cuyas propiedades de resistencia al impacto y tenacidad no son suficientes para que las hélices proporcionen una durabilidad prolongada lo que evitaría los costos de adquirir estos componentes. Por lo anterior, este trabajo tiene como objetivo realizar un proceso de selección de materiales para ser utilizados en la fabricación de las hélices que se utilizan en los drones.

3. Solución propuesta

En este proceso de selección se tuvo en cuenta establecer los requerimientos técnicos del diseño (RT) a los cuales las hélices deben responder cuando está en operación y las propiedades que los materiales deben exhibir con mayor relevancia para satisfacer estos requerimientos.

A continuación, se explican los procedimientos realizados para establecer tanto los RT del diseño como las propiedades mínimas que los materiales deben cumplir para esta aplicación.

Para identificar los esfuerzos a los que están sometidas las hélices cuando están siendo operadas se realizó el análisis y dos etapas que se explican a continuación:

- i) La primera consistió en aproximar la geometría de las hélices a un disco rotatorio como el mostrado en la figura 1. Este procedimiento permitió identificar el esfuerzo que se genera debido a la fuerza centrífuga presente una vez el sistema empieza a rotar. Además, en esta primera etapa se estableció una velocidad angular a las que las hélices giran la cual que fue extraída de fichas técnicas de los fabricantes de estos dispositivos. El espesor de la hélice se escogió de acuerdo con los espesores encontrados en las aspas comerciales, mientras el radio de la hélice se dejó como variable libre, es decir, que puede cambiarse sin afectar el diseño. De acuerdo con la metodología de selección de materiales de Mike Ashby, en la tabla 1 se muestra esta primera etapa en términos de función, objetivo y restricciones.

FUNCIÓN	• Disco rotatorio
LIMITACIONES	• Velocidad angular • Espesor
OBJETIVO	• Minimizar la masa m
VARIABLES LIBRES	• Radio de la hélice R

Tabla 1

- ii) En la segunda etapa, se analizó una sola aspa de la hélice, este procedimiento permitió generar un diagrama de cuerpo libre para identificar las fuerzas posiblemente ejercidas sobre ellas en el momento de un impacto. En la figura 2 se muestra una viga de sección rectangular (porque el espesor es mucho menor que el ancho) empotrada en voladizo. En el análisis se supone una viga que se encuentra sometida a una carga cortante lateral en su extremo simulando la fuerza que se ejercería en caso de un impacto durante el vuelo. Esta solución propuesta en términos de función, objetivo y restricciones es mostrada en la tabla 2.

FUNCIÓN	• Viga en flexión
LIMITACIONES	• Forma de la sección rectangular • Espesor • El panel debe soportar la carga de flexión sin ceder • Resistencia • Rigidez
OBJETIVO	• Minimizar la masa m
VARIABLES LIBRES	• Área

Tabla 2.

En las anteriores dos etapas se evidenció los requerimientos técnicos que el diseño precisa. Posteriormente a la determinación de los requerimientos del diseño se estableció una serie de limitantes, las cuales permitieron clasificar los materiales seleccionados en términos de su durabilidad y precio. Estas limitantes son: rigidez, esfuerzo de fluencia (σ_y), densidad (ρ), tenacidad a la fractura (K_{1c}) y precio por kilogramo del material.

El esfuerzo de fluencia mínimo que permita que las hélices no se deflacten en casos de impacto, es decir que no se deformen plásticamente fue establecido a partir de analizar la combinación de cargas a las que la hélice se encuentra sometida en el instante en que está volando. Para esto se tuvieron en cuenta las siguientes fuerzas que son esquematizadas en la figura3:

- **Fuerza de sustentación (F_s):** hace referencia a la fuerza aplicada sobre la pala por el movimiento en el aire. Depende de variables tales como la velocidad adquirida por el objeto, la cual fue tomada en su máximo valor; el coeficiente de sustentación que toma el valor de 1 al considerar el ángulo de ataque en sus condiciones ideales; la densidad del fluido (aire) y el área superficial del aspa. Es importante resaltar que este vector se decide ubicar en el centroide del cuerpo.
- **Fuerza de arrastre (F_a):** representa la fuerza definida como la dificultad de un objeto al moverse por un fluido. Para esta se hace uso de un coeficiente de arrastre el cual depende de la geometría del cuerpo y toma un valor de 1,1 al ser idealizado como un prisma rectangular. Esta fuerza actúa de manera axial a lo largo de la viga.
- **Fuerza de impacto (F_c):** es la fuerza causada por el impacto de un choque sobre la hélice, para su cálculo se recurre a la teoría de choques elásticos la cual hace uso de la fórmula de momentum. Para trabajar bajo las condiciones máximas, se decide ubicar esta fuerza en el extremo de la viga más alejado del empotramiento.

- **Fuerza de Rotación (F_d):** es una fuerza que surge a partir de la rotación de un disco. Para su cálculo, se parte de la fórmula de esfuerzo de un disco en rotación, la cual hace uso de la densidad del material, supuesto como policarbonato, y se tomó la velocidad máxima de rotación transmitida por el motor.
- F_x : es la fuerza que resulta de restar F_d y F_a debido a que ambas trabajan de manera axial sobre el cuerpo, pero en sentidos opuestos.

Luego de haber determinado las condiciones de carga a las cuales estaría sometida la hélice (ver grupo de ecuaciones 1), se procedió a calcular el valor del esfuerzo máximo (σ_{max}), por medio de dos diagramas de momento, uno analizado desde el plano lateral y otro desde el superior, y un diagrama de fuerza cortante que arrojarán tres esfuerzos que serán finalmente sumados para por último obtener un σ máximo de 285 MPa. Por los efectos de las idealizaciones que se realizaron, se establece que el esfuerzo de fluencia mínimo para el material es de:

$$\rightarrow \sigma_y > 300 \text{ Mpa}$$

Un módulo de elasticidad mínimo que permita que el material soporte las cargas combinadas a las que está sometida la hélice. Obtenido a partir del valor máximo valor que presenta la familia de policarbonatos, es decir que el mínimo módulo de elasticidad a obtener debe superar el del material más usado actualmente.

$$\rightarrow E > 20 \text{ GPa}$$

- Una tenacidad a la fractura mínima que garantice que las grietas del material no se propaguen rápidamente en el momento de vuelo y en casos de impacto. Así como el módulo de elasticidad, la tenacidad mínima es hallada a partir del valor máximo que presentan los policarbonatos.

$$K_{1c} > 2 \text{ Mpa} * \sqrt{m}$$

- Un precio asequible, manteniendo una adecuada relación con la calidad y durabilidad.

Para el proceso de selección de materiales se realizaron gráficas tipo Ashby en el programa de CES EduPack, en las que se ubicaron las condiciones mencionadas anteriormente como límites verticales y horizontales. Adicionalmente se ubicaron índices de material para obtener una zona de materiales más reducida. Los índices usados fueron los siguientes:

$$\frac{\sigma_y}{\rho} \text{ [Grupo de ecuaciones 1]} \quad \frac{E}{\rho} \text{ [3]} \quad \frac{K_{1c}}{\rho} \text{ [3]} \quad \frac{\sigma_y}{\rho * C_m} \text{ [3]}$$

El primero se obtuvo a partir de una deducción analítica, los dos segundos son tomados de la biblioteca del programa tomando como referencia el disco rotatorio (*rotating disk*) y las hélices en movimiento (*rotating Blade*).

Las gráficas construidas para realizar el proceso de selección del material fueron las siguientes:

1. Esfuerzo de fluencia vs densidad (Gráfica 1):

Con esta se busca encontrar un material que mantenga una densidad en un rango cercano a la del material usado actualmente (PC) y que supere el esfuerzo de fluencia establecido en los cálculos en el cual se pretende que el material logre soportar el impacto.

Características usadas para establecer la zona de influencia:

Densidad: minimizar 1500 kg/m^3

Esfuerzo de fluencia: *maximizar* 300 MPa

Índice de material: $\frac{\sigma_y}{\rho}$

2. Módulo de elasticidad vs densidad:

Por medio de la gráfica 2 se busca maximizar el módulo de elasticidad, con un material que supere los 20 GPa y que de igual manera mantenga una densidad en el rango de los 1500 kg/m^3 . Se usa como referencia el índice del material que aparece a continuación, el cual fue encontrado por medio del grupo de ecuaciones 2 de los anexos.

Características usadas para establecer la zona de influencia:

Densidad: minimizar 1500 kg/m^3

Módulo de elasticidad: maximizar 20 GPa

Índice de material: $\frac{E}{\rho}$

3. Tenacidad a la fractura vs densidad:

La gráfica 3, tiene como objetivo encontrar un material con una tenacidad a la fractura mayor de $2 \text{ MPa}\cdot\sqrt{\text{m}}$, que se mantenga cercana a la densidad que se ha establecido anteriormente. El índice del material utilizado como referencia fue obtenido a partir de una lista de índices preestablecidos por CES EduPack.

Características usadas para establecer la zona de influencia:

Densidad: minimizar 1500 kg/m^3

Tenacidad a la fractura: maximizar $2 \text{ MPa}\cdot\sqrt{\text{m}}$

Índice de material: $\frac{K_{1c}}{\rho}$

4. Esfuerzo de fluencia vs densidad*precio:

La última gráfica relaciona la característica principal que se busca cumplir en las hélices (esfuerzo de fluencia de al menos 300 MPa) con una variable de precio*densidad, la cual se pretende mantener dentro de los rangos de precio de los materiales ya utilizados para la fabricación de estas.

Características usadas para establecer la zona de influencia:

Precio*densidad: *minimizar* $5e7 \text{ \$COP} * \text{kg/m}^3$

Esfuerzo de fluencia: *maximizar* 300 MPa

Índice de material: $\frac{\sigma_y}{\rho * C_m}$

- En proceso de similaridad se decide tomar una densidad como parámetro de comparación para los materiales evaluados. Es decidida la densidad promedio de los policarbonatos, pero se debe asegurar que se aumente su resistencia en comparación a estos. Para que el material se mantenga en el mismo rango del policarbonato se toma un desfase de 300 g por encima y debajo del promedio, este representa un 25 % de desfase. Un incremento imperceptible ya que una hélice de dron puede pesar alrededor de 10g

$$\rightarrow \rho_{prom(PC)} = 1200 \frac{kg}{m^3} \rightarrow \rho_{material} = (1200 \pm 300) \frac{kg}{m^3}$$

4. Resultados y Conclusiones

Los resultados obtenidos que surgieron a partir de los análisis realizados en el proceso de selección propuesto en este trabajo permitieron establecer las ventajas y desventajas de cada material para esta aplicación. Inicialmente se pudo observar un patrón en todas las gráficas de propiedades reportadas, ya que se destacan los mismos materiales teniendo pocas variaciones de una gráfica a otra. Estos son:

Fibras y particulados

- Kevlar 149
- Kevlar 49
- Kevlar 29
- Spectra 900 Polyethylene fiber
- Spectra 1000 Polyethylene fiber

Plásticos

- PA66 (40% long carbon fiber)

Compuestos

- Epoxy/aramid fiber (UD prepreg, UD lay-up)
- Epoxy/carbon fiber (resin infused woven fabric, bi-axial lay-up)

Se pudo establecer como se muestra en gráfica 1 esfuerzo de fluencia vs densidad que el material: Spectra 1000 (fibra de polietileno) es el más adecuado ya que posee el mayor esfuerzo de fluencia y menor densidad, dando una buena relación para el índice usado.

En la gráfica 2 que evaluó el módulo de elasticidad vs densidad, desaparece el Kevlar 29. Igualmente, el material destacado es el Spectra 1000 por su buena relación para el índice.

Luego en la gráfica 3 de tenacidad a la fractura vs densidad se evidenció que Epoxy/aramid fiber es el más destacado por su alto valor de tenacidad a la fractura y una densidad que se mantiene dentro del límite esperado.

Finalmente, en la gráfica 4 de esfuerzo de fluencia vs densidad*costo se encontró que las fibras y particulados poseen un costo más elevado, sin embargo, esto se equilibra con su alto esfuerzo de fluencia, por lo que sería más rentable hacer una inversión más alta ya que el material será más duradero y se tendrá que reemplazar en menor medida.

Se evidenció al material plástico compuesto, PA66 (40% long carbon fiber), como el óptimo en cuanto a los resultados obtenidos en las gráficas construidas bajo los parámetros implementados en CES EduPack, con excepción del esquema en el que se evalúa esfuerzo de fluencia vs densidad.

Debido a esto se descarta el PA66 (40% long carbon fiber), ya que el valor en su esfuerzo de cedencia es de 297MPa, muy cercano al esfuerzo admisible en la pala de la hélice a optimizar, establecido en 285MPa. Por los supuestos e idealizaciones que se tomaron para los cálculos se considera arriesgado escoger un material con esfuerzos de fluencia reales tan similares ya que puede incurrir nuevamente en la falla de la pieza al choque, por esto se opta a buscar una optimización del material en un rango, por lo menos, mayor a los 300MPa.

De todo lo anterior se concluye que el material más idóneo es un compuesto y se propone realizarlo a partir de una resina epoxy con fibras de Spectra 1000 (polietileno) ya que destaca en todas las gráficas y permitiría cumplir con los estándares necesarios para solucionar el problema planteado.

Además, el proceso de fabricación para los compuestos no requiere de muchos recursos, ya que se podría llevar a cabo de forma sencilla con un laminado manual hasta un moldeo por compresión. La mejor disposición del refuerzo sería un entrecruzado ya que la hélice soportará fuerzas axiales y cortantes, demandando resistencia en ambas direcciones de laminado.

El material supuesto como refuerzo, Spectra 1000, tiene un esfuerzo de fluencia con un porcentaje 3733.53% mayor al del material comúnmente utilizado en drones en la actualidad, policarbonato; además, la densidad del Spectra 1000 es un 20% menor que la del policarbonato. La matriz de resina epoxy le brinda al compuesto la ductilidad deseada para transmitir y disipar los esfuerzos externos, además de protección térmica y ambiental.

5. Bibliografía

- [1]Hernandez-García, J., Ramos-Trejo, E., Trujillo-Barragán, M., Romero, A., & JiménezArévalo, O. (2017). Determinación de un material compuesto termoplástico con alto contenido de fibras. Cuernavaca: Sociedad mexicana de ingeniería mecánica. Obtenido de http://revistasomim.net/congreso2017/articulos/A2_141.pdf
- [2] Ashby, M. F. (1992). Materials Selection in Mechanical Design. Butterworth-Heinemann.
- [3] Universidad EAFIT (2019). CES EduPack 2017 (17.2.0)[software]. Recuperado de <https://grantadesign.com/education/ces-EduPack/>
- <https://quadstardrones.com/part-1-propellers/>
- <https://www.youtube.com/watch?v=B8erCTqCbjk>
- <https://www.midronedecarreras.com/dron/tutoriales/que-es-la-helice-en-un-dron-de-carreras-tipos-de-helices/>
- <https://docplayer.es/54184175-Treball-de-fi-de-carrera.html>
- <https://www.experto-drones.com/helices-para-drones/>
- https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Valores-para-el-coeficiente-de-arrastre-segun-la-geometria-del-objeto_fig2_236231649
- https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-713605245-4-palas-helices-drones-cuadricopteros-wltoys-197cm-largo-_JM
- <http://inforepuesto.com/como-funcionan-y-vuelan-los-drones/>

6. Anexos

Figuras:

Figura 1: idealización de la hélice como disco rotatorio

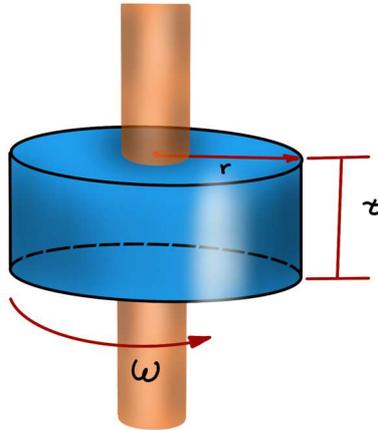


Figura 2: aspa de la hélice idealizada como viga empotrada en voladizo

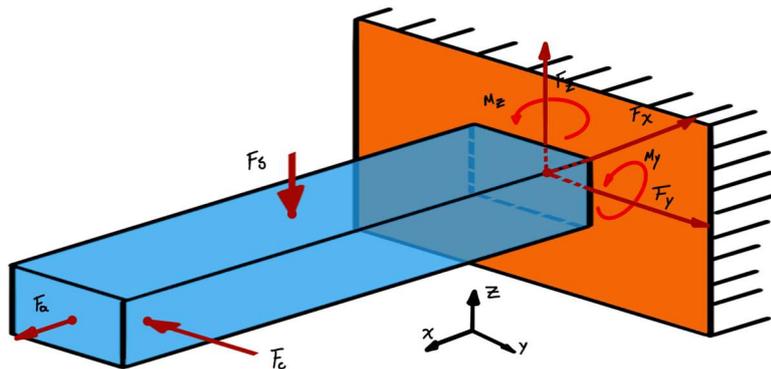
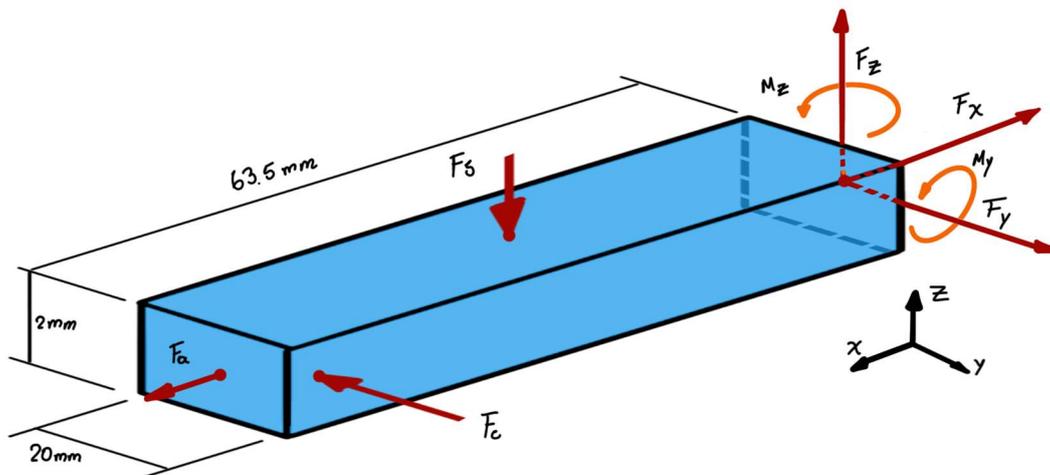


Figura 3: diagrama de cuerpo libre de la hélice



Ecuaciones:

- Grupo de ecuaciones 1: esfuerzo mínimo de fluencia

MATERIAL TOMADO COMO BASE DE PROPIEDADES → Policarbonato

Densidad del aire → $\rho_a = 1.225 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$ Velocidad máxima → $v = 226.36 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

F_s : Fuerza de sustentación

Ángulo de ataque → $C_s = 1$

Área superficial → $0.0635 * 0.02 = 1.27 * 10^{-3} \text{ m}^2$

$$F_s = \frac{1}{2} C_s * \rho * v^2$$

$$F_s = \frac{1}{2} * 1 * 1.225 * 226.36 * 1.27 * 10^{-3} = 39.85 \text{ N}$$

F_a : Fuerza de arrastre

Coefficiente de arrastre → $C_a = 1.1$ Área superficial → $0.002 * 0.02 = 4 * 10^{-5} \text{ m}^2$

$$F_a = \frac{1}{2} C_a \rho v^2 A_a$$

$$F_a = \frac{1}{2} * 1.1 * 1.225 * 226.36 * 4 * 10^{-5} = 1.38 \text{ N}$$

F_d : Fuerza de rotación

$$\sigma_{\text{rotación}} = 0.42 * w^2 \rho R^2$$

$$\sigma_{\text{rotación}} = 0.42 * 3564.66^2 * 1200 * 0.0635^2 = 25.823 * 10^6 \text{ MPa}$$

El esfuerzo en una hélice tomado como $\frac{1}{3}$ del disco (8.60 MPa)

$$\sigma = \frac{F_d}{A} \rightarrow F_d = \sigma_{\text{rotación}} * A = 8.6 * 10^6 * (0.02 * 0.002) = 344.31 \text{ N}$$

F_x : Fuerza axial en X

$$F_x = F_d - F_a = 342.931 \text{ N}$$

F_c : Fuerza de choque

$\frac{\Delta P}{\Delta t}$ → Momentum A_t → Área transversal l → Longitud de hélice

$$F_c = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{m * \Delta v}{\Delta t} = \frac{\rho * A_t * l * \Delta v}{\Delta t} = \frac{1200 * 4 * 10^{-5} * 0.0635 * (0 - 226.56)}{2 * 10^{-3}} = 344.96 \text{ N}$$

Momentos

$$M_z = 344.966 * 0.0635 = 21.90 \text{ N} * \text{m}$$

$$M_y = 39.855 * 0.03175 = 1.765 \text{ N} * \text{m}$$

Cálculo de esfuerzos

$$I_x = \frac{0.02 * 0.002^3}{12} = 1.33 * 10^{-4} \text{ m}^4 \quad I_y = \frac{0.002 * 0.02^3}{12} = 1.33 * 10^{-9} \text{ m}^4$$

$$\text{Esfuerzo por } F_s \rightarrow \sigma_s = \frac{M * C_x}{I_x} = \frac{1.2654 * 0.001}{1.33 * 10^{-4}} = 94.90 \text{ MPa}$$

$$\text{Esfuerzo por } F_c \rightarrow \sigma_c = \frac{M * C_x}{I_x} = \frac{21.90 * 0.001}{1.33 * 10^{-4}} = 164.29 \text{ MPa}$$

$$\text{Esfuerzo por } F_d \rightarrow \sigma_d = 25.823 \text{ MPa}$$

$$\sigma_t = \sigma_c + \sigma_s + \sigma_d = 164.29 + 94.9 + 25.82 = 285.02 \text{ MPa}$$

- Grupo de ecuaciones 2: índices del material

Índice de resistencia

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho V \rightarrow m = \rho bhl \rightarrow b = \frac{m}{\rho hl}$$

$$M = \sigma_y Z_e \rightarrow M = \sigma_y \frac{bh^2}{6}$$

Ec. 1.16 en Ec. 1.17

$$M = \frac{\sigma_y \left(\frac{m}{\rho hl} \right) h^2}{6} \rightarrow M = \frac{\sigma_y mh}{6\rho l} \rightarrow m = \frac{6M\rho l}{\sigma_y h} \rightarrow M_P = \frac{\sigma_y}{\rho}$$

Índice de rigidez

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho V \rightarrow m = \rho Lb^2$$

$$S = \frac{C_1 EI}{l^3} \rightarrow S = \frac{3Eb^4}{12l^3} \rightarrow b^4 = \frac{4Sl^3}{E} \rightarrow b^2 = \left(\frac{4Sl^3}{E} \right)^{\frac{1}{2}}$$

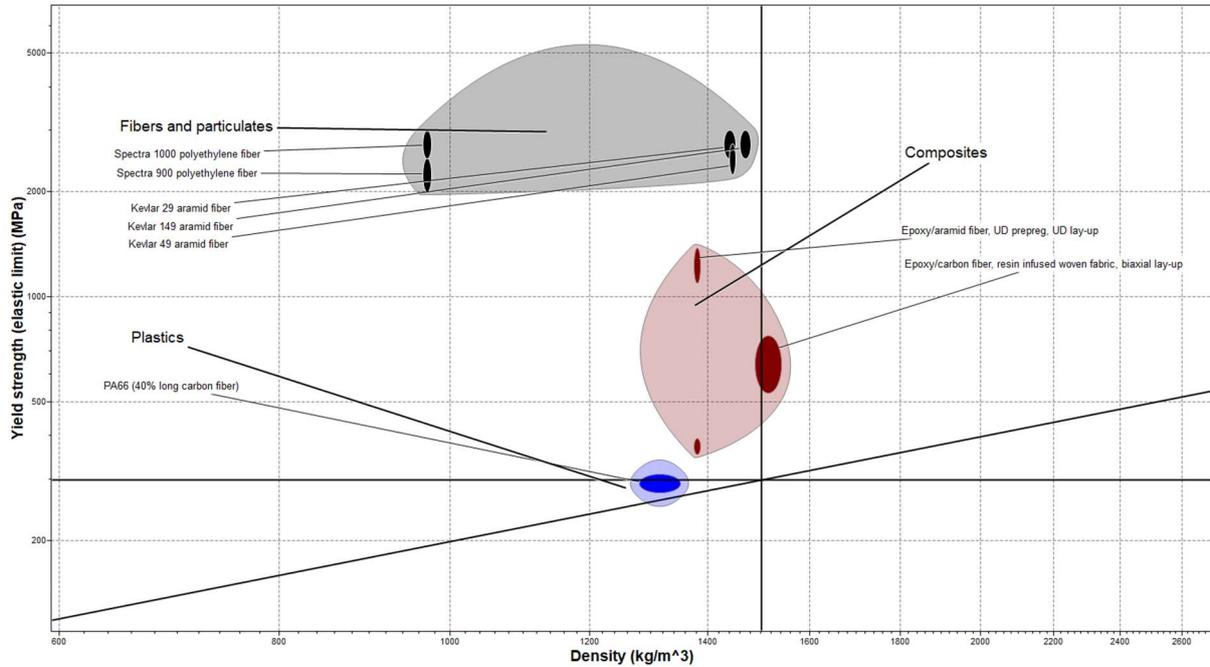
Ec. 1.19 en Ec. 1.20

$$m = \rho l \left(\frac{4Sl^3}{E} \right)^{\frac{1}{2}} \rightarrow m = \frac{\rho * S^{\frac{1}{2}} * l^{\frac{5}{2}} * 2}{E^{\frac{1}{2}}} \rightarrow M_P = \frac{E^{\frac{1}{2}}}{\rho}$$

Gráficas:

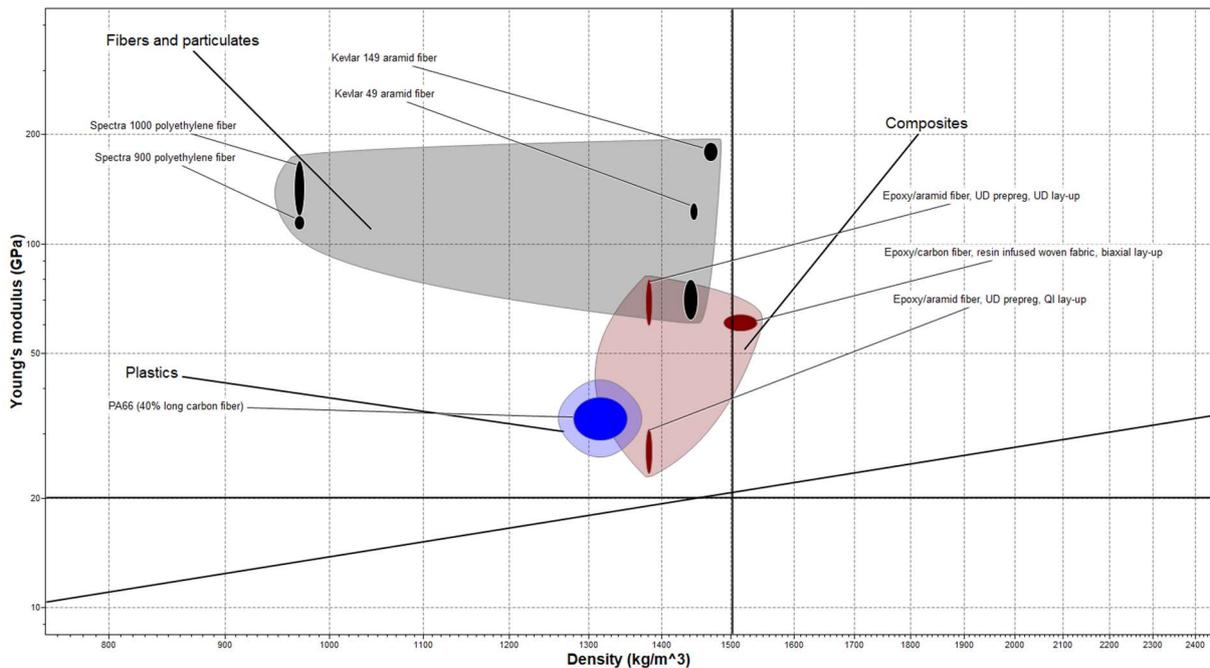
Gráfica 1: Esfuerzo de fluencia vs densidad

- Límite vertical: minimizar 1500 kg/m^3
- Límite horizontal: *maximizar* 300 MPa
- Índice de material: $\frac{\sigma_y}{\rho}$



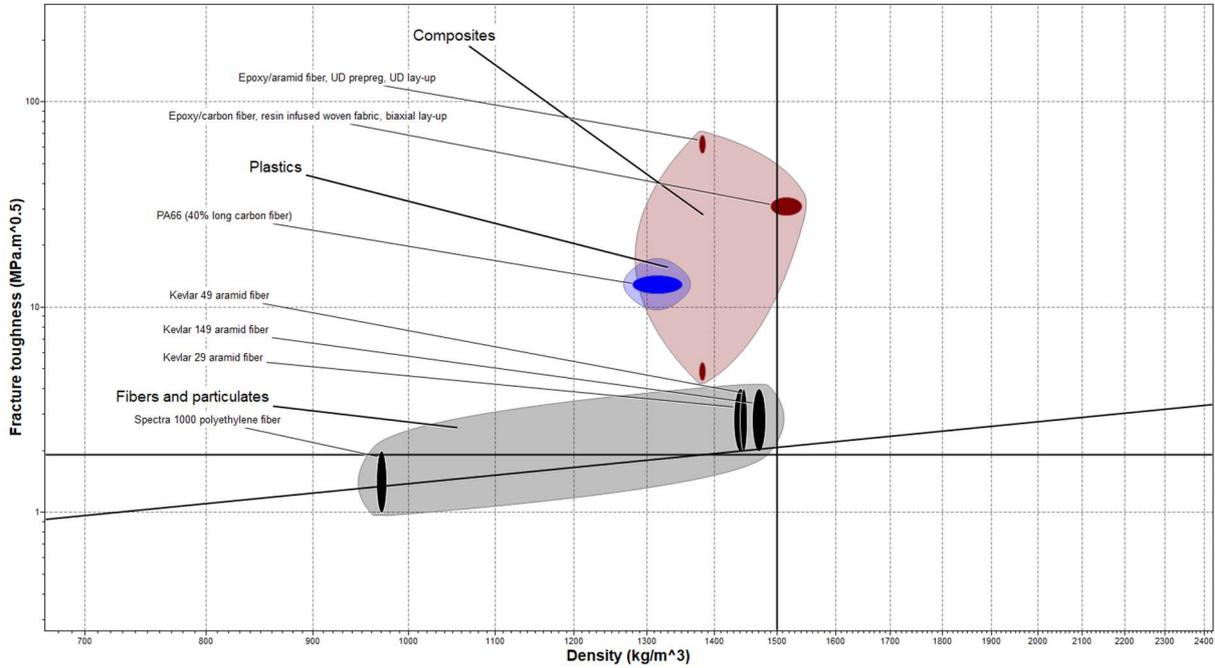
Gráfica 2: módulo de elasticidad vs densidad

- Límite vertical: minimizar 1500 kg/m^3
- Límite horizontal: *maximizar* 20 GPa
- Índice de material: $\frac{E}{\rho}$



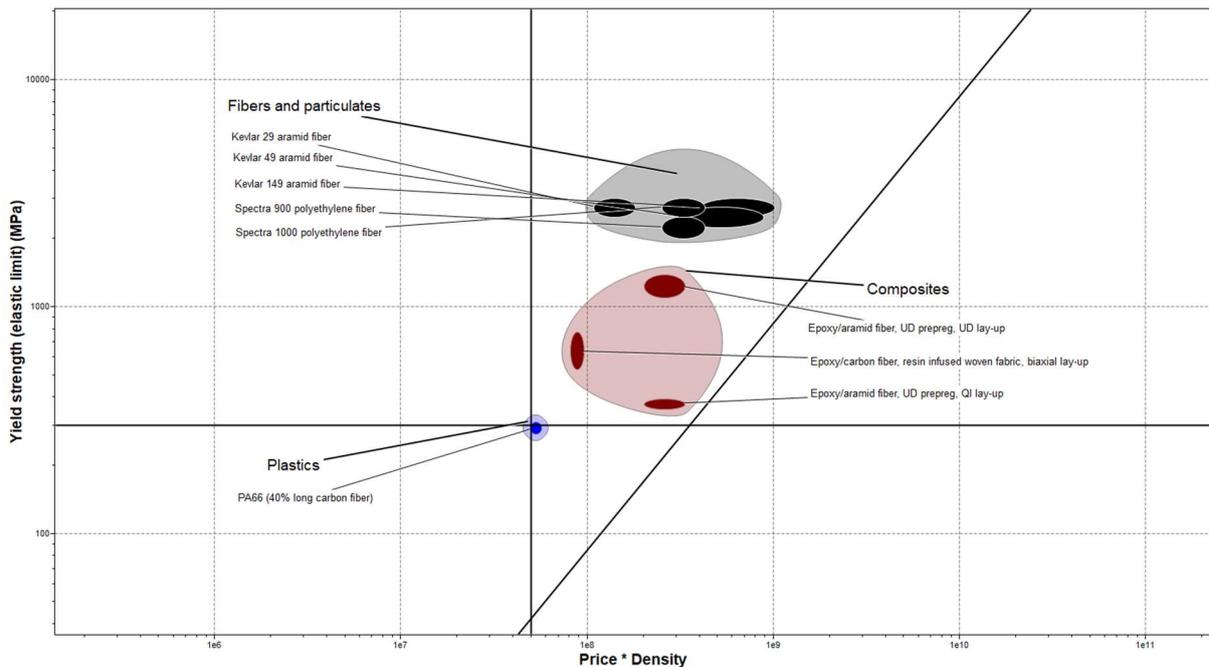
Gráfica 3: tenacidad a la fractura vs densidad

- Limite vertical: minimizar 1500 kg/m^3
- Límite horizontal: *maximizar* $2 \text{ MPa} * \sqrt{m}$
- Índice de material: $\frac{K_{1c}}{\rho}$



Gráfica 4: esfuerzo de fluencia vs densidad*precio

- Limite vertical: *maximizar* $5e7 \text{ \$COP} * \text{kg/m}^3$
- Límite horizontal: *minimizar* 300 MPa
- Índice de material: $\frac{\sigma_y}{\rho * C_m}$



TELA DE APANTALLAMIENTO PARA PROTECCION DE RADIACIÓN NO IONIZANTE

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
Tunja, Colombia



Tutor/a:

Pablo Miguel Cocha Vesga

Alumnos/as:

Biviana Andrea Rincón Diaz

Elkyn David Goyeneche Acosta

Adriana del Pilar González Vargas

Resumen

En la actualidad, una de las causas del origen y desarrollo de enfermedades y de algunos trastornos neurológicos, cardiopulmonares, reproductivos, dermatológicos, además del incremento de algunos tipos de cáncer, se debe a la interacción del cuerpo humano con las ondas electromagnéticas o la radiación no ionizante, propia del uso de aparatos electrónicos transmisores o productores de ondas de infrarrojo, microondas y ondas radio, y agentes productores de radiación no ionizante natural, radiación ultravioleta y luz visible. El origen de dichas afecciones es determinado por la intensidad de radiación emitida, tiempo de exposición y de la sensibilidad de los diferentes órganos y tejidos expuestos.

Por esta razón, es beneficioso para la salud, encontrar materiales que cumplan con un alto módulo de apantallamiento electromagnético para su aplicación en la fabricación de telas que sirvan de protección al ser humano; para ello se propone la búsqueda de un material que cumpla con propiedades tales como diamagnetismo, alta constante dieléctrica, un material que se deje reducir para producir hilos ultra delgados, proporcionando alta eficiencia de apantallamiento a los rangos de frecuencia de emisiones electromagnéticas, que tenga un bajo costo de producción para que sea asequible a la población en general

Por medio del software CES EduPack se describe el diseño y construcción de graficas de ASHBY facilitando la obtención de materiales que cumplan con las propiedades requeridas para el desarrollo y la finalidad del proyecto: precio accesible, procesos de manufactura, propiedades eléctricas, mecánicas y magnéticas, además de ser amigable con el medio ambiente, encontrando finalmente el material termoplástico ABS (40% Aluminum flake).

GRANTA
TEACHING RESOURCES



© Granta Design, 2019

For reproduction guidance, see back page

The Teaching Resources website aims to support teaching of materials-related courses in Design, Engineering and Science. Resources come in various formats and are aimed primarily at undergraduate education.

Contenido

1. Objetivos.....	78
2. Planteamiento del problema.....	78
3. Solución propuesta.....	79
4. Resultados y Conclusiones.....	80
5. Bibliografía.....	81
6. Anexos.....	82

1. Objetivos

OBJETIVO GENERAL

- Seleccionar un material alternativo para telas de apantallamiento de radiación no ionizante, de bajo costo de producción y adquisición.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar que propiedades de los materiales crea un efecto contra la radiación, obteniendo así mayor rendimiento de blindaje contra ondas de radiación no ionizante.
- Indagar sobre materiales que cumplan con las características requeridas para telas de apantallamiento, que logren minimizar la exposición a la radiación no ionizante.
- Evaluar si el material seleccionado cumple con los requisitos de costo (<10000 COP/Kg), procesamiento y efectividad en protección al cuerpo humano.

2. Planteamiento del problema

Existen grupos de la población que sin duda son más vulnerables y no tienen los medios para remediar la interacción radiación no ionizante-cuerpo (humano) como: niños, ancianos, mujeres embarazadas o en periodo de lactancia, personas con enfermedades crónicas; que son más susceptibles de sufrir daño por la exposición a agentes de radiación no ionizante, esto sin dejar de mencionar que toda la población es susceptible de este tipo de afecciones.

Los aspectos demográficos también son importantes, debido a que algunos países implementan dispositivos de transmisión usando mecanismos de radiación no ionizante, en particular Colombia, que ubica antenas radiales o de telecomunicaciones en zonas rurales o sitios donde la población puede desconocer los efectos y riesgos que puedan generarse a partir de las tecnologías de este tipo, por otro lado se reconoce que la tecnología wifi cada vez logra un mayor espacio en el día a día y la mayoría de veces se desconocen los daños a la salud que se pueden producir por la radiación no ionizante. Además, se suma el factor socioeconómico, porque en lo posible, se debe tener un conjunto de técnicas para mitigar los efectos de ondas electromagnéticas, que son de alto costo, en otras palabras, para disminuir los daños producidos por este tipo de radiación, se requiere contar con materiales y equipos, que pueden resultar costosos para las personas afectadas. A raíz de la preocupación por la salud y bienestar de las personas, se piensa en la fabricación de textiles para atenuar los efectos de la radiación electromagnética. Fibras tejidas con una combinación de hilos de algodón, para darle un sitio a la comodidad, y de materiales capaces de crear un apantallamiento de la radiación, que sean de fácil acceso para población vulnerable, de escasos recursos y asimismo que su costo de procesamiento sea bajo para la fabricación de textiles. [4] Resumido en una pregunta: ¿Qué material, de bajo costo, logrará crear un apantallamiento de radiación no ionizante para la fabricación de textiles?

3. Solución propuesta

A raíz de los efectos adversos causados por la radiación no ionizante (ondas electromagnéticas), se plantea el análisis para la búsqueda de materiales que se ajusten a propiedades que permitan contrarrestar dichos efectos, mediante el uso del software CES EduPack que nos permitió seleccionar un material en específico que brinde las propiedades requeridas para atenuar este problema. Para la solución del problema, se busca la conformación de un textil de apantallamiento teniendo en cuenta las variables principales de la selección del material: se requieren materiales diamagnéticos, de alta constante dieléctrica capaces de reflejar parte de la energía magnética y convertir una pequeña parte en energía térmica [5] y además que sean de costo accesible, en Colombia el valor puede estar alrededor de 10 mil pesos/kg, además de esto, el tejido debe ser cómodo, y que tenga óptima capacidad de conformado para poder transformar al material en hilos de pequeños diámetros mediante técnicas de trefilado (para metales) o extrusión (para polímeros), es decir debe tener alta ductilidad. Los materiales cerámicos son rechazados debido a su poca capacidad de conformación en hilos o baja ductilidad.

La mayoría de textiles fabricados para la atenuación de radiación no ionizante (Ondas de radiofrecuencia, microondas, radiación Infrarroja, luz Visible, luz Ultravioleta), son fabricados con metales de alta conductividad como el oro, la plata, cobre, aceros inoxidables micro finos, entre otros,[6] de alta densidad y alto costo (desde 20 mil pesos/kg hasta 124 millones de pesos colombianos/kg de acuerdo con el software CES EduPack) ya que son materiales con alta constante dieléctrica (relacionada con la permitividad eléctrica que está determinada por la tendencia de un material a polarizarse ante la aplicación de un campo eléctrico y de esa forma anular parcialmente el campo interno del material) que absorben la energía eléctrica y la convierten en energía térmica.[5] Así, mediante el análisis de estas variables se realizaron gráficos, también se utilizó la herramienta *tree* (árbol de selección) para limitar la selección de acuerdo con el tipo de material buscado y el proceso de fabricación y así lograr la selección de un material con óptimas cualidades que pudiera solucionar el problema. Se descartaron los materiales metálicos debido a su elevado costo y alta densidad, además como el objetivo principal es seleccionar un material alternativo a los existentes, dando como resultado un material compuesto de polímero-metal: ABS (40% Aluminum flake), acrilonitrilo butadieno estireno con 40% de aluminio en hojuelas.

Un material (ABS), termoplástico, diamagnético, capaz de aportar características distintas, como se explica a continuación: El acrilonitrilo, aporta rigidez, es de alta resistencia a ataques químicos, dureza y estabilidad a las altas temperaturas. El butadieno, tenacidad a la temperatura cuando ésta es especialmente baja y resistencia a impacto; y el estireno, resistencia mecánica, rigidez, brillo, dureza. [7], esto combinado con facilidad para el procesado.[8] Una de las herramientas utilizadas para analizar el impacto ambiental ocasionado por el ABS (40% aluminium flake) fue *Eco Audit*, evidenciándose que para 1 kg de textil en el ciclo de reciclabilidad se presenta una recuperación energética superior al 50% respecto a la obtención del material y una huella de CO₂, cerca de 8kg del gas, no obstante, se evita 5 Kg de CO₂ al reciclarlo obteniendo un material amigable para el medio ambiente.

La incorporación de materiales conductores en forma de hojuelas como en este caso el Aluminio, hace que se establezcan caminos conductivos continuos fácilmente, con una baja resistividad eléctrica de $1.72 \cdot 10^{-4}$ a $1.72 \cdot 10^{-5} \text{ Ohm/m}$.

Además, se seleccionó este material, debido a que trabaja usando el principio de que los campos magnéticos que inducen corrientes eléctricas en el material del apantallamiento, las cuales disipan energía de dos modos: la primera es por pérdidas de calor (absorción) en el material y la segunda es por pérdidas de radiación (reflexión) al irradiar los campos. La energía necesaria para ambos mecanismos es absorbida de los campos incidentes y, por ello, se quedan sin energía para penetrarlo, es decir, los materiales con alta constante dieléctrica (que no forman campos magnéticos internos) absorben la energía eléctrica y la convierten en energía térmica [5].

El ABS (40% Aluminum flake) se usa comúnmente en cascos de seguridad, cubiertas para autocaravanas, paneles de instrumentos automotrices y otros componentes interiores, accesorios de tuberías, dispositivos de seguridad para el hogar y carcasas para pequeños electrodomésticos, equipos de comunicaciones, máquinas comerciales, ferretería, rejillas de automóviles, cubiertas de ruedas, carcasas de espejos, revestimientos de refrigeradores, carcasas de equipaje, bandejas de asas, cubiertas de cortacéspedes, cascos de embarcaciones, componentes grandes para vehículos recreativos, sellos de protección contra la intemperie, molduras de vidrio, tiras rompedoras para refrigeradores, conductos, tuberías para sistemas de drenaje de residuos, carcasas electrónicas, autopartes, productos de consumo, carcasas para computadoras (galvanizadas en el interior) y molduras interiores y exteriores de automóviles, aplicaciones donde se necesitan materiales semiconductores y diamagnéticos en tecnología y electrónica,[9] también han sido considerados para el apantallamiento EM y aplicaciones de disipación en la defensa e industrias eléctricas y electrónicas; lo que lo hace un material reciclable y se logra obtener de depósitos de residuos electrónicos después de su vida útil, para ser llevado a un proceso de extrusión [10] para su posterior conformado de unión de hilos para la configuración de telas, sin dejar a un lado la comodidad, mediante la adición de fibras de algodón o material sintético que cumpla con gran ergonomía para el movimiento.

4. Resultados y Conclusiones

El material más eficiente para la aplicación de apantallamiento gracias a sus propiedades eléctricas y magnéticas es el ABS (40% Aluminum flake).

El ABS (40% Aluminum flake) se adapta al objetivo, de acuerdo con las propiedades requeridas teniendo bajo costo de producción y facilidad de adquisición.

Se logra seleccionar un material que minimiza los efectos en la salud del ser humano aumentando la probabilidad de vida de las personas que usen el tejido como prendas de vestir, o de protección en viviendas como cortinas, cobijas, textiles, etc.

A medida que se fue desarrollando y analizando cada una de las gráficas de ASHBY, se encontró nuevamente materiales como cobre, plata y aluminio como posibles alternativas por sus propiedades de apantallamiento, pero debido a su alta densidad y alto costo de producción son descartados.

En cuanto a la huella de CO₂ y energía consumida en la obtención de la materia prima, se evidencia que se ven reducidas en el reciclaje del material, logrando obtener textiles amigables con el medio ambiente y eficientes respecto al efecto de apantallamiento.

5. Bibliografía

- [1] C. Nacional and D. E. C. D. E. Trabajo, "NTP 234: Exposición a radiofrecuencias y microondas (I). Evaluación," no. 1, 2004.
- [2] C. CORONA LUNA and J. OVIEDO JIMÉNEZ, "Avances De Normatividad Internacional En Electromagnetismo. Una Propuesta Para La Normatividad En México," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2012.
- [3] P. Ram, S. Carrera, S. Pablo, and L. Paz, "Determinación de la capacidad de la fibra de alpaca como medida precautoria para reducir los efectos nocivos de la radiación electromagnética Wi-Fi," *Acta Nov.*, vol. 8, no. 1, pp. 31–49, 2017.
- [4] M. S. Ozen *et al.*, "Investigation of the Electromagnetic Shielding Effectiveness of Needle Punched Nonwoven Fabrics Produced from Stainless Steel and Carbon Fibres," *Fibres Text. East. Eur.*, vol. 26, no. 1(127), pp. 94–100, 2018.
- [5] IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE PRUEBA PARA MEDICIONES DE APANTALLAMIENTO ELECTROMAGNÉTICO A 3.5 GHZ, Alex Henry Póvez Mucha ASESOR: Manuel Yarlequé Medina Lima, noviembre del 2009.
- [6] Trabajo de Grado, PRENDAS QUE PRESERVAN LA RADIACION, Camila Ailin Martinez, Diseño textil e indumentaria, 16 de Julio 2018.
- [7] El material de impresión ABS y sus características, via web: www.impresoras3d.com/el-material-de-impresion-abs-y-sus-caracteristicas/
- [8] ABS, via web: www.textoscientificos.com/polimeros/abs
- [9] Acrylonitrile-Butadiene-Styrene. Efund, via web: www.efunda.com/materials/polymers/properties/polymer_datasheet.cfm?MajorID=ABS&MinorID=21
- [10] Tecnología de los Plásticos Blog dedicado a los materiales plásticos, características, usos, fabricación, procesos de transformación y reciclado, via web: tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/03/extrusion-de-materiales-plasticos.html
- J. A. Torres Velásquez, R. R. Viáfara Avila, and C. A. Chacón Cardona, "Estudio de blindaje magnético en materiales conductores en función de la frecuencia," *Cienc. en Desarro.*, vol. 7, no. 1, pp. 55–61, 2016.
- Nociones teóricas de Compatibilidad Electromagnética FRANCISCO LUIS MESA LEDESMA
- RADIACIONES NO IONIZANTES RIESGOS GENERALES Director del capítulo Bengt Knave
- Acrylonitrile-butadiene-styrene Polymers M. E. Adams, D.J. Buckley, R.E. Colborn, 1993.
- Industrial Polymers, Specialty Polymers, and Their Applications, Manas Chanda, Salil K. Ro, 2008
- PROTECCIÓN CONTRA LOS RAYOS NO IONIZANTES Légaré, J.-M. Radioprotection J.-M. Légaré, 2003
- MONOGRAFÍA POLÍMEROS CONDUCTORES, Unidad de Aprendizaje: Física de Semiconductores Dra. Laura Luz Valero Conzuelo 2016
- Cuaderno preventivo: Radiaciones no ionizantes amb tu prevenció + Secretaria de Medi Ambient i Salut Laboral de la Unió General de Treballadors de Catalunya, via web www.ugt.cat
- Apantallamiento magnético María Soledad Nakwacki y Mónica Agüero sole@agro.uba.ar monagu07@yahoo.com.ar Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Universidad de Buenos Aires marzo de 2002

6. Anexos

A continuación, se muestran las gráficas obtenidas con el software CES EduPack, de acuerdo con las propiedades requeridas para la solución del problema:

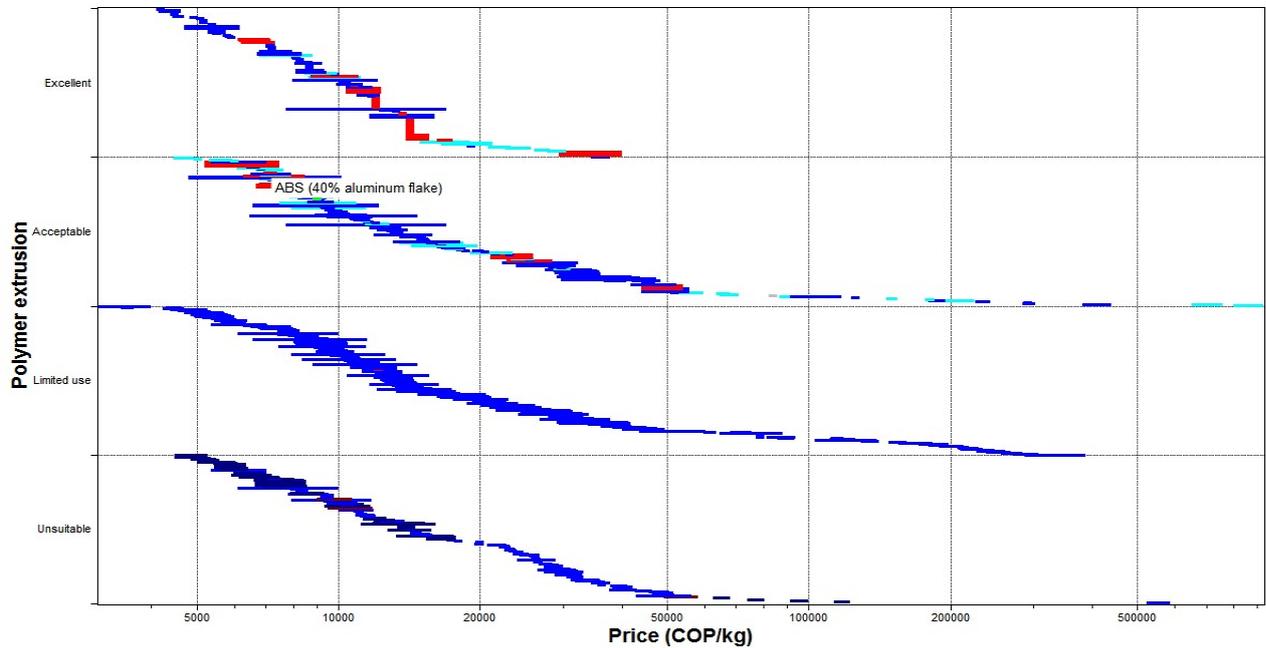


Fig. 1. Gráfica que relaciona el proceso de manufactura de extrusión polimérica con el precio, se puede apreciar que el ABS se puede procesar mediante este método, con una calidad aceptable a un precio menor a 10 mil COP/Kg, que es realmente accesible.

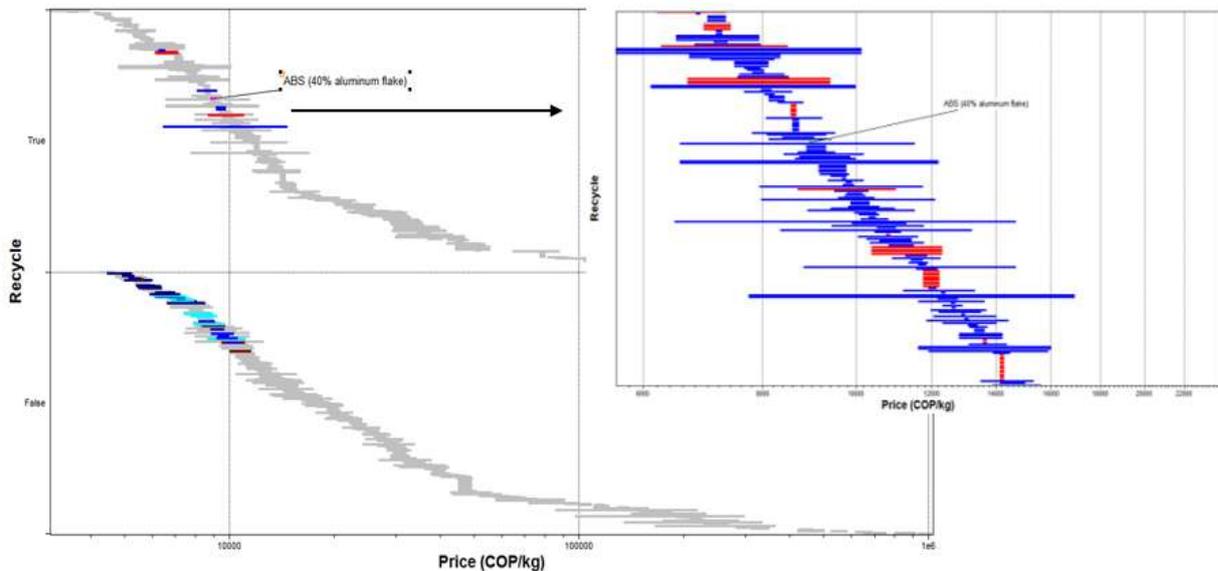


Fig. 2. Gráfica que permite evidenciar la óptima reciclabilidad del ABS a un precio menor a 10 mil COP/Kg, lograndose fabricar productos a partir del reciclaje a un costo muy considerable, por lo que se trata de un proceso económico.

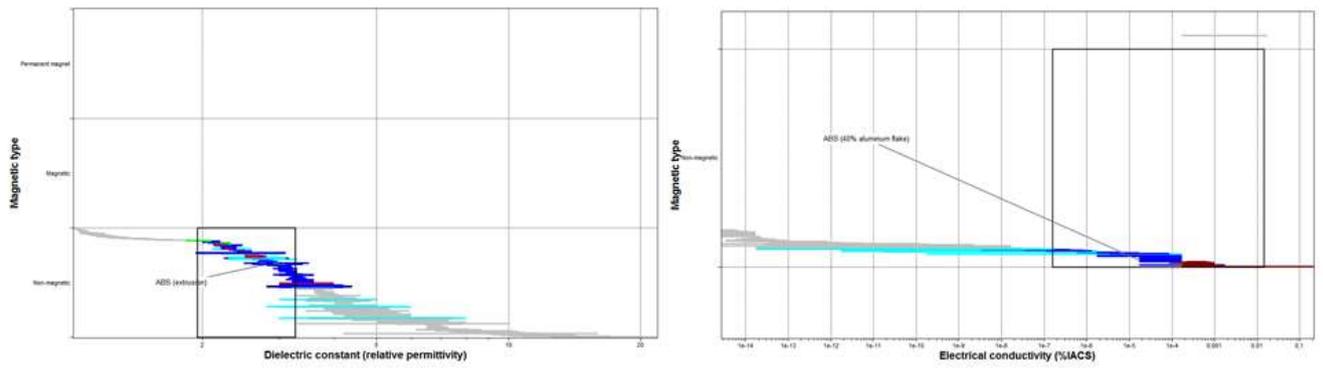


Fig. 3. Fig. 3. Materiales diamagnéticos relacionados con sus propiedades eléctricas. El ABS 40% Aluminum es un material compuesto de una parte polimérica y una metálica, se realizó un análisis separado del material debido a que una de las propiedades requeridas es que contenga constante dieléctrica, propiedad atribuida al polímero ABS, por otro lado, una de las formas de apantallar las ondas producidas por campos eléctricos es usando un material conductor por lo que esta propiedad se le atribuye al Aluminio.

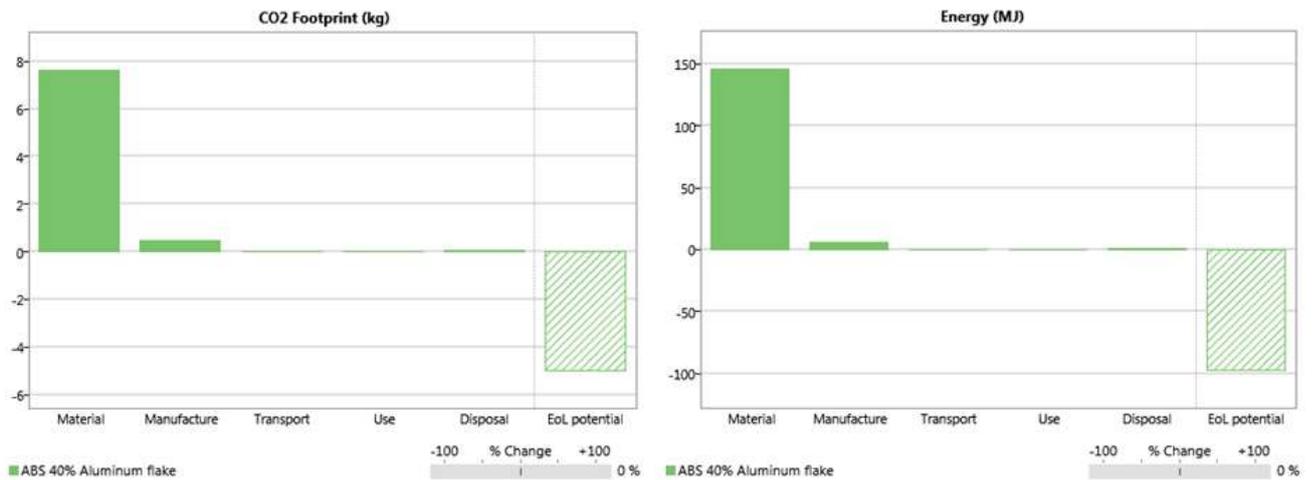


Fig. 4. Grafica de consumo energético. El mayor consumo energético se produce en la obtención del material, sin embargo, en el proceso de manufactura y el transporte, el consumo es muy reducido, por otro lado, la energía ahorrada por reciclabilidad es de más del 50% de la energía requerida para la obtención del material. En la gráfica de huella de CO2, se evidencia que el impacto al medio ambiente por CO2 producido en la obtención del ABS, se ve disminuido después del proceso de reciclaje, evitando una huella de CO2 alta y mejorando el proceso en términos de cuidado ambiental.

WHEELS IMPACT BARRIER; El escudo para conservar tu vida y la de tus llantas.

Universidad Pedagógica y Tecnológica de
Colombia,
Tunja, Colombia

Tutor/a:

Pablo Miguel Cocha Vesga

Alumnos/as:

Daniela Falla Escamilla

Deyanira Pérez Cepeda

Resumen

El presente proyecto está sustentado en una investigación innovadora necesaria para la industria automotriz en la manufactura de rines para las ruedas de los automóviles, pensando en la alta deformación que se genera al ser usados en carreteras rugosas y hundimientos. A través del estudio de varios materiales se pretende crear una capa de amortiguamiento interno entre el rin y la llanta. El primer objetivo de la investigación es desaparecer el defecto de deformación de los rines con ayuda del programa CES EduPack, para lograrlo se realizó la selección de los materiales que cumplieran con criterios de tenacidad, módulo de flexión, densidad, módulo de Young y compresión generados en el interior de las ruedas de un automóvil, en especial al chocar con ciertas superficies. Por medio de un diseño computacional hecho en AutoCAD se presenta la simulación de la pieza que se obtendría al realizar la adición de esta capa. Al final se encontraron cuatro materiales aptos para esta funcionalidad, los cuales fueron preclasificados según su costo y sostenibilidad, donde el material más apto es un compuesto llamado Epoxy/ carbón fiber.



Contenido

1. Objetivos.....	85
2. Planteamiento del problema.....	85
3. Solución propuesta.....	86
4. Resultados y Conclusiones	87
5. Bibliografía.....	88
6. Anexos	89

1. Objetivos

Objetivo General

Desarrollar una nueva forma de amortiguamiento para los rines de automóviles y así evitar su deformación sin que esto cause un aumento representativo en el peso de la llanta utilizando el software CES EduPack.

Objetivos Específicos

- Encontrar un material que posea una tenacidad mayor, un módulo de flexión mayor y una densidad menor en comparación con las aleaciones de aluminio utilizadas en los rines y comparar los costos de los materiales preseleccionados
- Utilizar la herramienta Eco Audit con el fin de analizar la huella de carbono en el ambiente del material seleccionado.
- Diseñar el modelo del rin con el recubrimiento en AutoCAD y realizar la simulación del Impacto.

2. Planteamiento del problema

Los rines son una pieza esencial para conseguir un desplazamiento óptimo de los autos ya que es un factor importante en la resistencia aerodinámica del vehículo, reducen la fricción y proporcionan apalancamiento. Si un rin no se ajusta bien a la llanta afectara el rendimiento y la estabilidad, en ellos recaen grandes cargas por lo que al recibir impactos muy fuertes tienden a deformarse. Por esta razón se busca con esta propuesta añadir un refuerzo al rin y por medio del software CES EduPack encontrar un material que pueda complementar las propiedades de los rines actualmente hechos en aluminio o aleaciones de este.

¿Qué material podrá amortiguar los impactos debido a imperfecciones en la vía y proteger el rin?

3. Solución propuesta

Por medio de esta iniciativa se pretende obtener el diseño de una llanta integral, cuyo rin conserve las propiedades que ya presenta y adicionalmente tenga una vida útil más larga. Se sabe que la vida útil de un rin debe extenderse hasta el final de la vida del automóvil, sin embargo, esto no llega a suceder cuando se presentan deformaciones en el mismo, por tal razón se propone crear una pieza adicional que será implantada en medio de la llanta y el rin, haciendo las veces de escudo para la protección de este último, de esta forma ya no tendrían que cambiarse los rines de forma precipitada por daños accidentales. Partiendo de esta necesidad se comenzó a buscar un material haciendo uso del programa CES EduPack, para esto se tuvo en cuenta factores como la carga que debe soportar la pieza al momento de un choque con una superficie, por lo que debe ser resistente a la compresión, siendo capaz de sufrir una deformación que sea reversible y al mismo tiempo debe ser un material liviano para que no aumente considerablemente el peso de la llanta, relacionando estos factores se obtuvo un índice de minimización de la masa. Partiendo de estos cálculos, se hizo uso del programa y se realizó una gráfica de módulo de Young (GPa) vs densidad, donde se aplicó el índice cuya pendiente correspondía a $\frac{1}{2}$, teniendo en cuenta este criterio se hizo un filtro donde se descartaron algunas familias de materiales sin embargo los materiales aptos resultaron ser un gran número, por esta razón se tuvo en cuenta las características y propiedades del material del cual son fabricados los rines actualmente, ya que se busca que este escudo sea más eficiente ante el impacto que los rines, haciendo uso de la herramienta parámetros se tomaron los valores de algunas propiedades estándar de una aleación promedio de aluminio utilizada para la fabricación de rines y se establecieron las siguientes restricciones con las que debía cumplir el material a determinar: máximo 2870 kg/m^3 de densidad, mínimo $75,7 \text{ GPa}$ de módulo de flexión y $45 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{0,5}$ de tenacidad a la fractura.

Finalmente se utilizó el árbol de procesos del software para determinar cuál de los procesos por los que se tratan estos materiales era el más apto para obtener la pieza, teniendo en cuenta el diseño de la misma. Para la selección final del material se han tenido en cuenta la relación costo-beneficio y sustentabilidad del mismo, de tal manera que la integración de esta pieza a los automóviles no se convierta en una solución costosa económica y medioambientalmente.

4. Resultados y Conclusiones

Tabla 1 materiales óptimos para el refuerzo del rin y sus propiedades.

MATERIAL	$M = \frac{E^{1/2}}{\rho}$	Tenacidad A la fractura (MPa.m ^{0,5})	Módulo de flexión (GPa)
NEXTEL 720	0,00467	69,2	146
Cyanate ester/ carbon fiber	0,00453	59	376
Epoxy/ carbón fiber	0,00785	73,5	156
NEXTEL 720 Quasi-isotropic	0,00453	47,6	139

Para la selección del material indicado con ayuda del software CES EduPack y sus distintas herramientas, se llevó a cabo una metodología donde se tuvo en cuenta tres consideraciones: en primer lugar, que cumpliera y superara todos los parámetros de tenacidad, módulo de flexión, densidad y su compresión (Anexos 3 a 5). La segunda consideración fue el precio, y la tercera la cantidad de energía utilizada para la producción de estos materiales y la huella de CO₂ (Anexo 6 y 7) que le proporcionaría al medio ambiente. Siendo el Epoxy/ carbón fiber en comparación a los tres materiales anteriormente estudiados en la tabla 1 el más apto, ya que este material presenta un consumo de energía de 1,07x10³ MJ y una huella de CO₂ de 74,5 Kg, que es bajo en comparación con los otros tres materiales.

Utilizando el software AutoCAD se realiza el modelo que muestra la solución propuesta, la cual está dada por el rin y un refuerzo el cual será el que amortigua el impacto del mismo en aquellas carreteras y vías con imperfecciones además de dar una idea del conjunto “wheels impact barrier”. Véase anexo 1.

5. Bibliografía

Ashby M. Profesor, "Materials Selection in Mechanical Design", 5th edition, Elsevier Butterworth-Heinemann, Oxford, UK, 2016.

Cebon, D and Ashby, MF (1994), 'Cambridge Materials Selector User's Manual', Granta Design Ltd., Trumpington Mews, 40B High Street, Trumpington, Cambridge CB2 2LS, UK.

VENTO, J. Optimización en Automatización. En: Técnicas emergentes para la automatización integrada de procesos industriales. Reporte técnico # 3, Venezuela, 2006.

Software Granta CES EduPack 2017 para selección de materiales para ingeniería.

Software AutoCAD 2016, paramétrico modelado en 3D

6. Anexos

Anexo 1. Modelo de rin con recubrimiento, Fuente autores, AutoCAD 2016



Anexo 2. Índice de minimización de masa.

$$m = \pi r^2 L \rho \quad (\text{Densidad}) \quad (1)$$

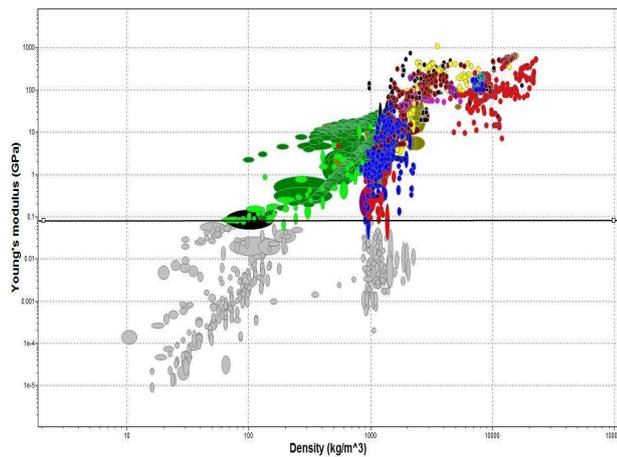
$$\sigma_{crit} = \frac{\pi^3 r^4 E}{4L^2} \quad (\text{Esfuerzo critico}) \quad (2)$$

$$m = \frac{2L^2 \sigma_{crit}^{1/2} \rho}{\pi^{1/2} E^{1/2}} \quad (3)$$

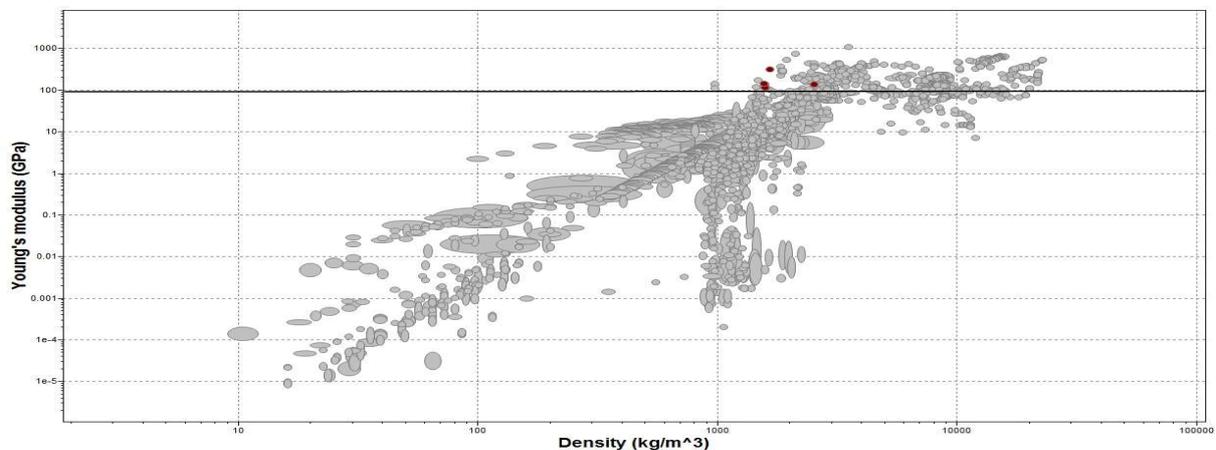
$$m \geq (2\sqrt{\frac{\sigma_{crit}}{\pi}})(L^2)\left(\frac{\rho}{E}\right) \quad (4)$$

$$M = \frac{E^{1/2}}{\rho} \quad (5)$$

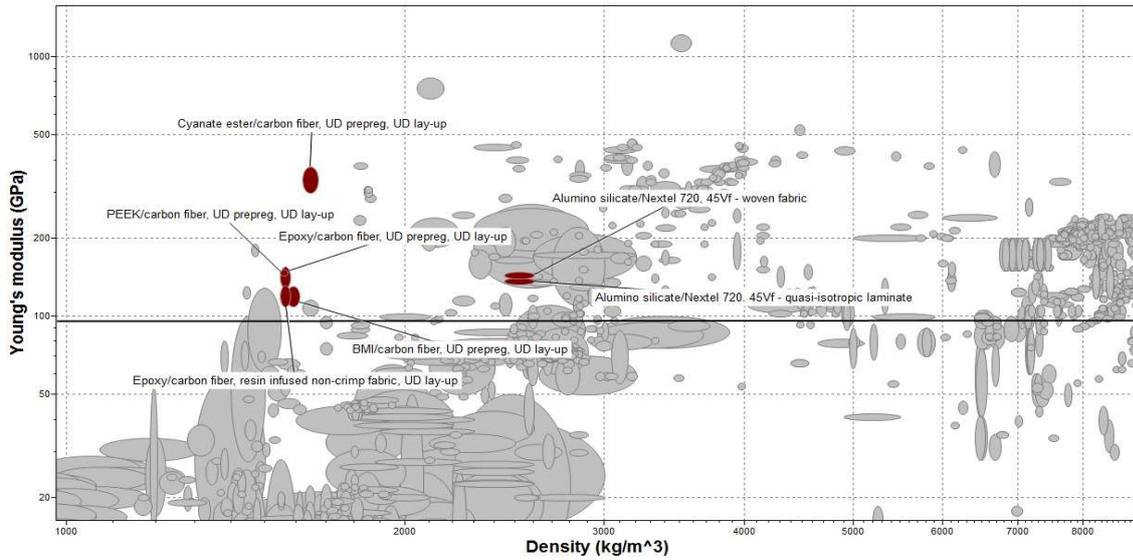
Anexo 3. Gráfica densidad contra módulo de Young aplicación del índice. Fuente: autores



Anexo 4. Gráfica densidad contra módulo de Young aplicación del índice con los parámetros, Fuente autores

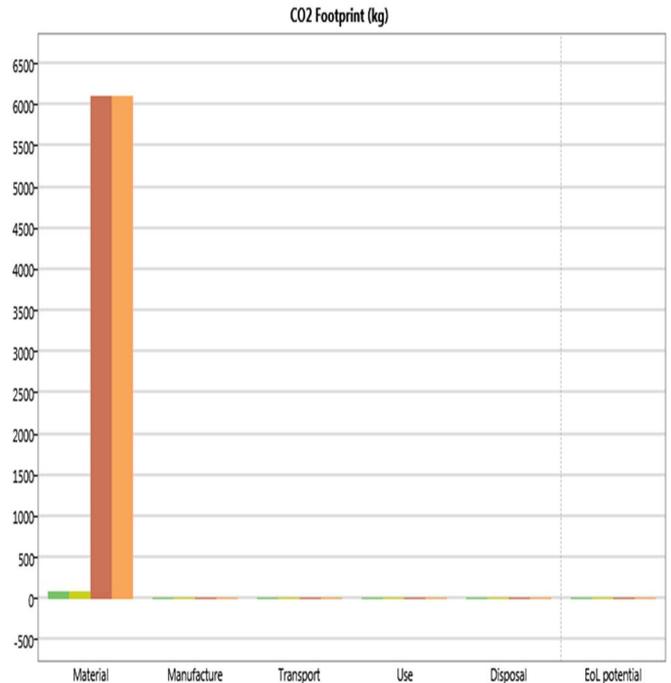
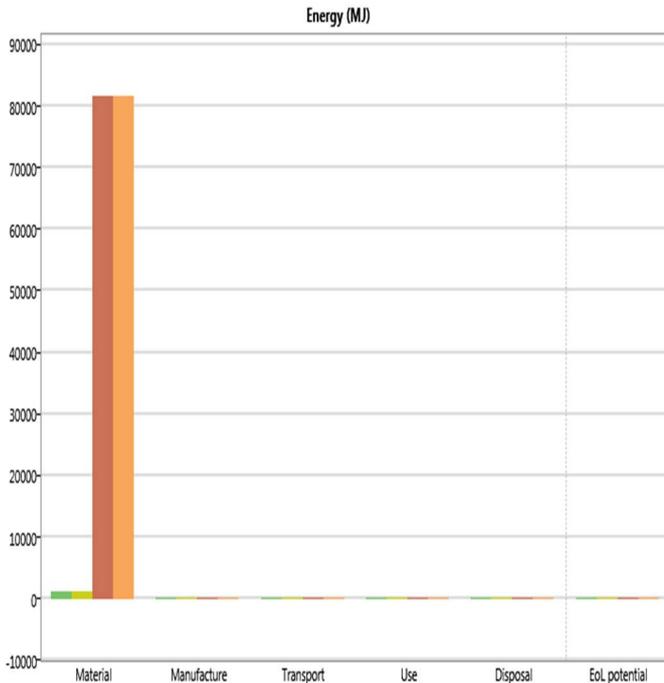


Anexo 5. Gráfica densidad contra módulo de Young aplicación de los parámetros y las restricciones establecidas. Fuente autores



Anexo 6. Gráfica de energía necesaria para producir los diferentes materiales. Fuente autores

Anexo 7. Gráfica de CO2 que se produce en el procesamiento de los diferentes materiales. Fuente autores



Anti-shock Covers

Universidad Pedagógica y Tecnológica de
Colombia,
Tunja, Colombia

Tutor:

Martin Emilio Mendoza Oliveros

Alumnos:

Santiago Nicolás Guerrero Rojas

José Daniel Muñoz Rivera

Resumen

Las carcasas de los smartphones fabricados en la actualidad son realizadas con materiales como aluminio y vidrios, los cuales no son adecuados para resistir golpes o caídas, puesto que no absorben el choque ya que se materializan en una deformación plástica en el caso del aluminio o agrietamiento en el caso del vidrio. Para dar solución a este problema con la ayuda de diferentes herramientas tales como el programa CES EduPack de GRANTA Design, se logró la selección de un material que cumplió con los objetivos establecidos en el proyecto, donde se buscó maximizar la resistencia al impacto de las carcasas y minimizar su densidad y precio. El material que cumple con las restricciones es el Sisal, además de ser amigable con el medio ambiente pues es producido a partir de una fibra natural. Realizada la selección del material principal, se puede optar por una silicona la cual brindaría un acabado superficial a la carcasa.



Contenido

1.	Objetivos	92
3.	Solución propuesta.....	93
4.	Resultados y Conclusiones	94
5.	Bibliografía	95
6.	Anexos.....	96

1. Objetivos

General

- Mejorar la resistencia al impacto de los celulares, mediante la selección de materiales para la fabricación de su carcasa.

Específicos

- Realizar los gráficos de Ashby teniendo en cuenta las diferentes propiedades a evaluar.
- Analizar y elegir, el material apropiado para cumplir con el objetivo principal.

2. Planteamiento del problema

En la actualidad uno de los principales problemas que afectan a los teléfonos móviles es que su cubierta no es lo suficientemente resistente al impacto, debido a que son fabricados con materiales de alto costo, cuya estética es la prioridad, pero no son funcionales en el momento de que sufran golpes, siendo este, uno de los factores que se repite con más cotidianidad.

Buscando una solución al problema anterior esto se han creado los forros junto con los vidrios templados que brindan una determinada seguridad al teléfono, pero no la suficiente para mantener la integridad de la cubierta y la pantalla ante daños.

3. Solución propuesta

La solución propuesta para el problema anteriormente mencionado es encontrar un material con ayuda de CES EduPack, el cual sea capaz de resistir los impactos que recibe un Smartphone, teniendo como referencia el aluminio, del cual se buscara elegir un material que tenga mejores propiedades que este, según los objetivos y restricciones que se encuentran en la **Tabla 1**.

FUNCIÓN	Protección de impactos a Smartphone
OBJETIVOS	Maximizar la resistencia al impacto Minimizar el peso de la carcasa
RESTRICCIONES	Resistencia mínima de 10 MPa a la fractura Buena resistencia a rayos UV Densidad $\leq 2500 \text{ Kg/m}^3$ Bajo costo

Tabla 1: Función, objetivos y restricciones de la selección.

Según la **Tabla 1**, se toma en cuenta los objetivos y restricciones para realizar la selección del material, donde con la ayuda del programa CES EduPack se inicia con la obtención de los gráficos de Ashby, tal como se describe en detalle en los resultados y conclusiones, dando como posibles materiales de solución los propuestos en la **Tabla 2**.

Material de solución	Características
Sisal	La mejor elección debido a su baja densidad y bajo costo, además de la mejor tenacidad a la fractura.
Poliéster con fibra de vidrio tejido en acolchado biaxial	Baja densidad, alta tenacidad a la fractura, alto costo.
Ramie	Menor tenacidad a la fractura y más costoso que el sisal.
Manbarklak	La elección con menor densidad, pero menor tenacidad a la fractura y más costoso que el sisal.

Tabla 2: Materiales de solución y características.

4. Resultados y Conclusiones

Como primer resultado se tiene el **Anexo 1**, donde se gráfica la tenacidad a la fractura de los materiales en el eje Y, y la densidad de los materiales en el eje X, la cual, mediante la herramienta de límite del software, se introducen las restricciones descritas en la **Tabla 1**, como se observa en el **Anexo 2**.

Al aplicar las restricciones en el **Anexo 2**, se obtiene la gráfica que se observa en el **Anexo 3**, donde se ven los materiales que cumplen con las restricciones dadas, en la cual se realiza una preselección que da como materiales de solución el sisal, el manbarklak, el ramie y el poliéster con fibra de vidrio tejido en acolchado biaxial, los cuales los tres primeramente mencionados son materiales naturales y los dos siguientes son materiales compuestos de matriz polimérica, a la vez se compara con el aluminio (material actualmente utilizado para la función descrita).

En la comparación en el gráfico del **Anexo 3**, se visualiza que los materiales anteriormente preseleccionados tienen menor densidad que el aluminio, lo cual los hará más ligeros, pero en el momento de comparar el aluminio con estos materiales en cuanto a tenacidad de la fractura, los únicos materiales con mejor tenacidad o muy parecida a la del aluminio son el sisal y el poliéster con fibra de vidrio tejido en acolchado biaxial.

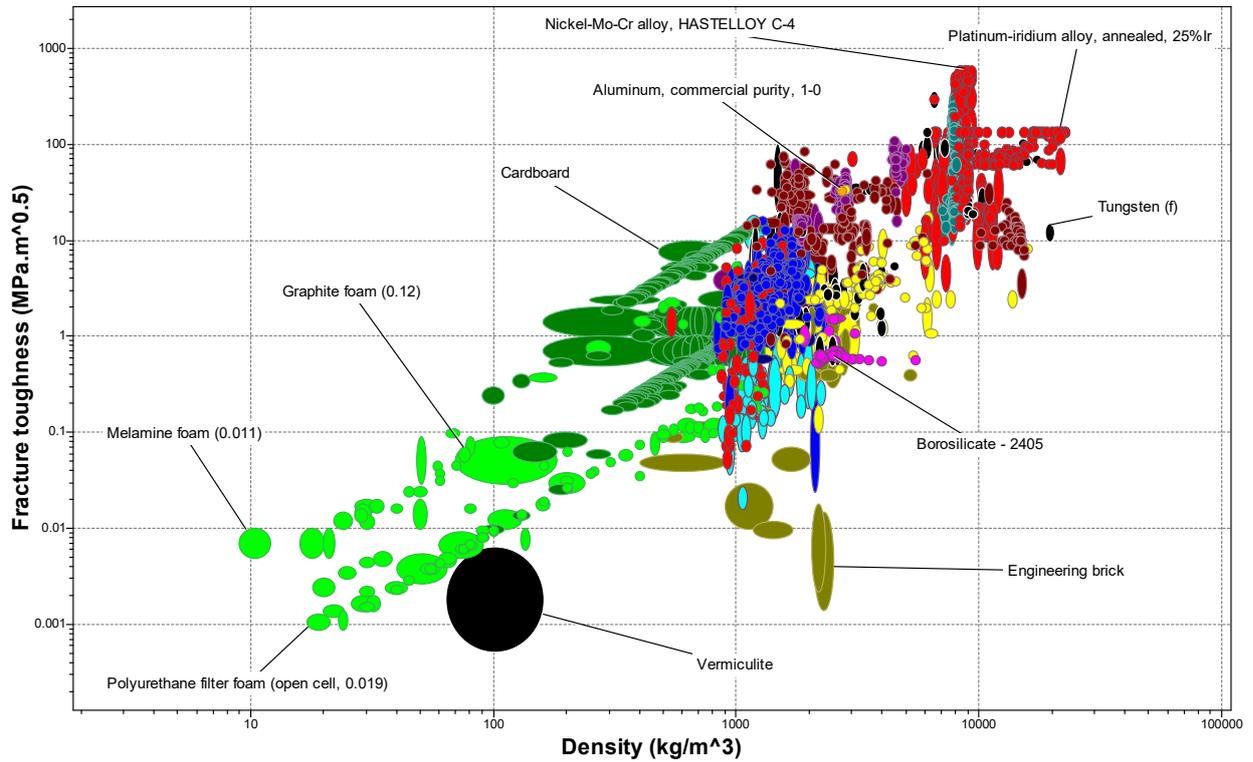
Finalmente se realizó la gráfica mostrada en el **Anexo 4**, donde se compara la tenacidad a la fractura en MPa contra el precio en COP/Kg, con cual se hace la selección final del material teniendo como mejor opción el sisal debido a su muy bajo costo en comparación con el poliéster con fibra de vidrio tejido en acolchado biaxial y el aluminio.

Este material seleccionado es en la actualidad muy investigado debido a que podría llegar a reemplazar a materiales tales como las fibras de vidrio, fibras de carbono entre otras, debido a sus muy buenas propiedades presentadas, además de esto se utiliza como material de refuerzo en materiales compuestos con lo cual mejora algunas de sus propiedades como resistencia al corte. Debido a la creación de estos compuestos se propone la utilización del sisal en asociación con una silicona, que mejoraría la resistencia al corte de este material además de darle un acabado estético a la carcasa, ya que este también puede llegar a ser uno de los principales aspectos en el diseño de estas carcasas.

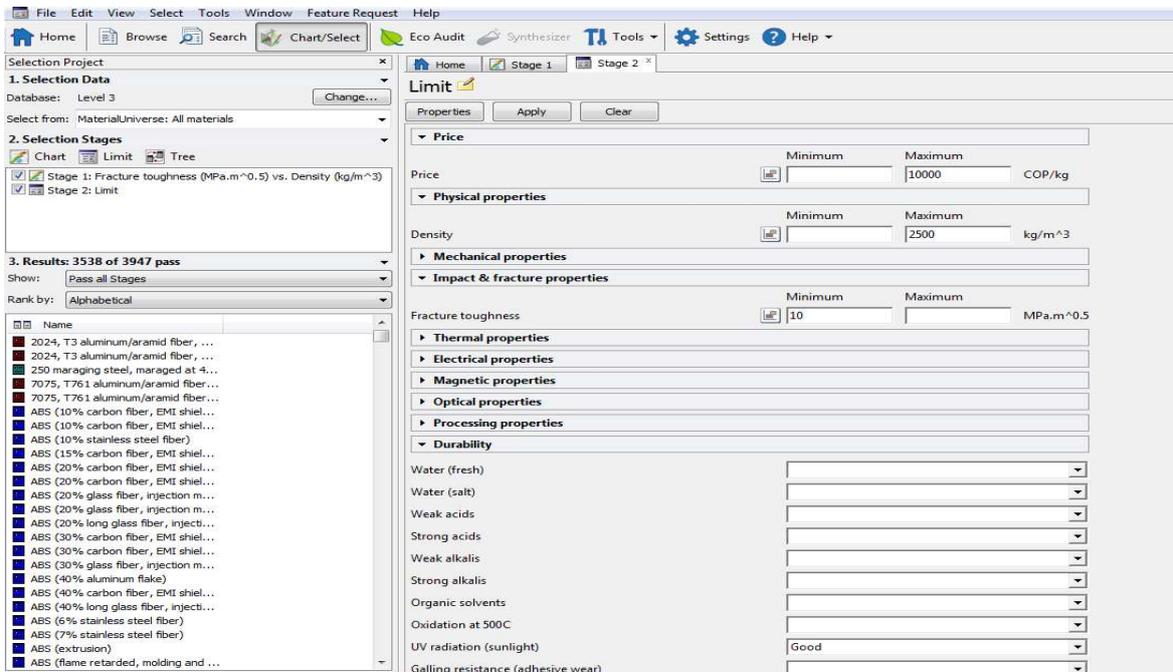
5. Bibliografía

- CES EduPack by Granta Design (2016)
- Devaraju, A., & Harikumar, R. (2019). Life Cycle Assessment of Sisal Fiber. *Reference Module in Materials Science and Materials Engineering*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.10552-1>
- Naveen, J., Jawaid, M., Amuthakkannan, P., & Chandrasekar, M. (2019). Mechanical and physical properties of sisal and hybrid sisal fiber-reinforced polymer composites. *Mechanical and Physical Testing of Biocomposites, Fibre-Reinforced Composites and Hybrid Composites*, 427–440. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102292-4.00021-1>
- Naraganti, S. R., Pannem, R. M. R., & Putta, J. (2019). Impact resistance of hybrid fibre reinforced concrete containing sisal fibres. *Ain Shams Engineering Journal*. <https://doi.org/10.1016/J.ASEJ.2018.12.004>

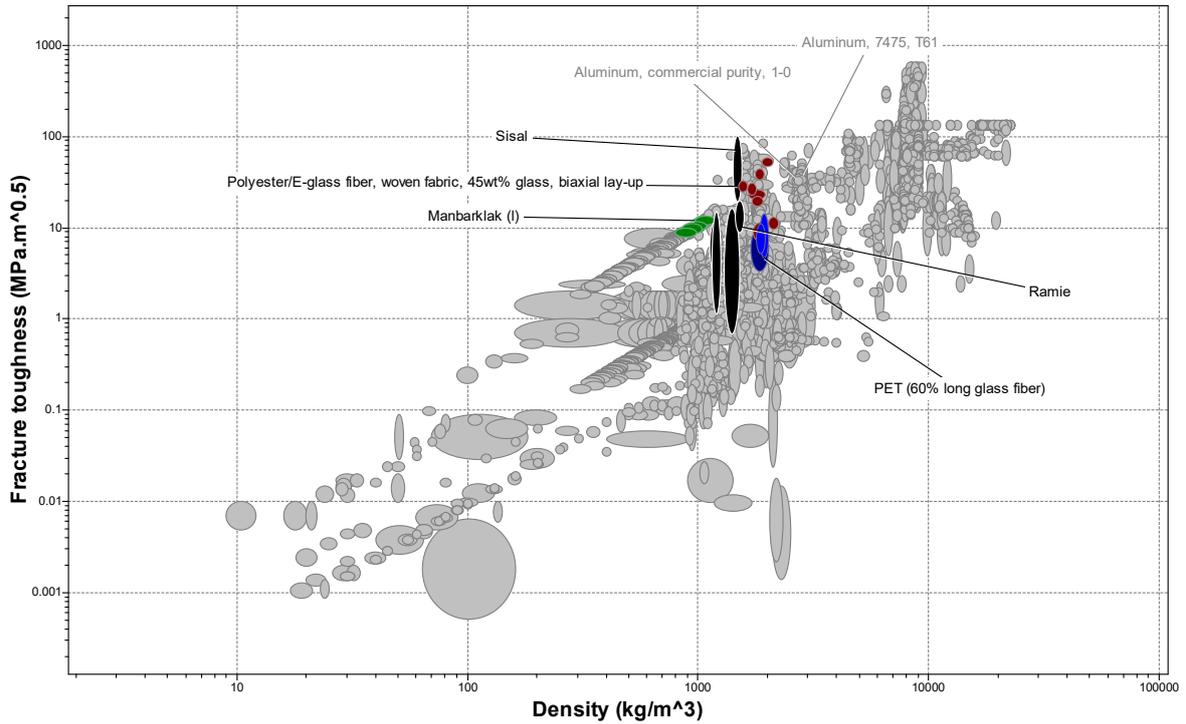
6. Anexos



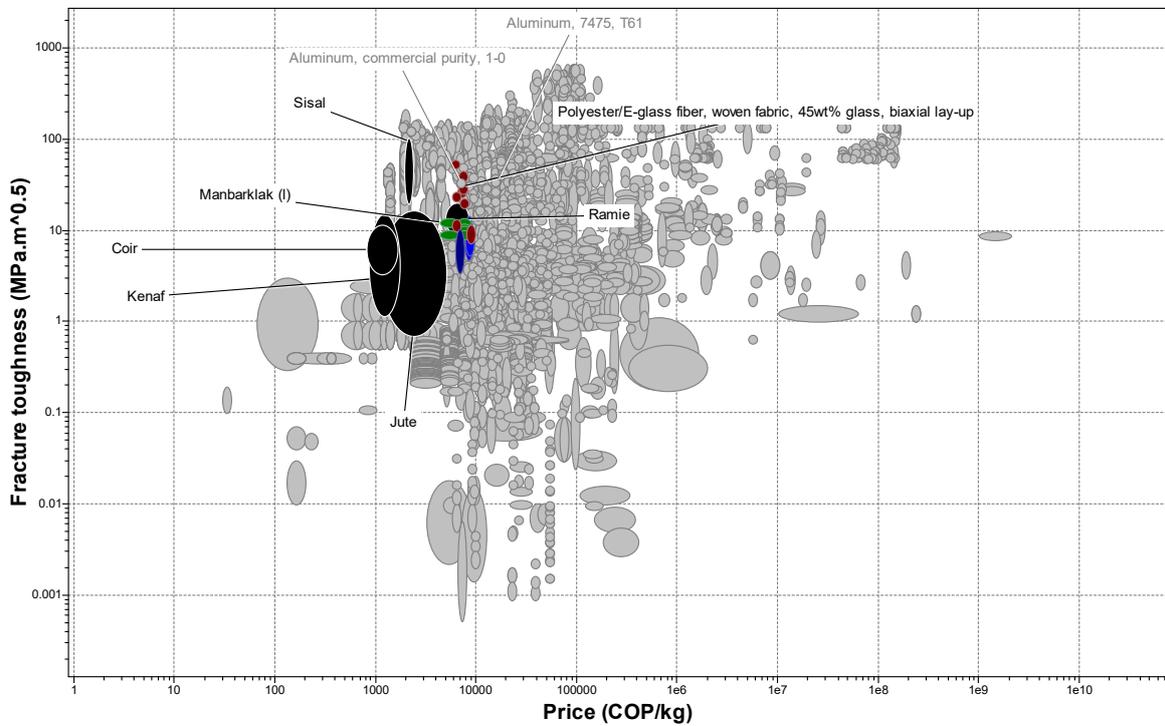
Anexo 1 Gráfico de Ashby densidad vs tenacidad a la fractura de todos los materiales.



Anexo 2 Imagen utilización de herramienta de límite para la introducción de las restricciones del proyecto.



Anexo 3 Gráfico de Ashby densidad vs tenacidad a la fractura posterior a la introducción de las restricciones.



Anexo 4 Gráfico de Ashby precio vs tenacidad de la fractura para selección final.

CarePack

Universidad Politécnica de Madrid,
Madrid, España

Tutor/a:

Pedro Armisen Bobo

Alumnos/as:

Sara Bort Vargas

Marta Contreras Gómez de Agüero

David Fernández Fernández

Resumen

La gran cantidad de plásticos que hay en mar actualmente, se debe al vertido de éstos desde países sin medios para reciclar sus residuos. Una manera de reducir el impacto que tienen estos actos es crear un envase que no continúe dañando los ecosistemas marinos.

GRANTA
TEACHING RESOURCES



© Granta Design, 2019
For reproduction guidance, see back page

The Teaching Resources website aims to support teaching of materials-related courses in Design, Engineering and Science.
Resources come in various formats and are aimed primarily at undergraduate education.

Contenido

1. Objetivos	99
2. Planteamiento del Problema	99
3. Solución Propuesta	100
4. Resultados y Conclusiones	101
5. Bibliografía	102
6. Anexos	103

1. Objetivos

Encontrar un material o materiales que, individualmente o combinados de cualquier manera, puedan almacenar líquidos a la vez que, en su desecho mal efectuado, minimicen el daño realizado al medio ambiente, en especial, al mar.

2. Planteamiento del problema

Siguiendo la metodología de Ashby en primer lugar se ha estudiado la funcionalidad. El envase debe ser capaz de almacenar líquidos y conservarlos en perfecto estado hasta su consumo. Igualmente debe ser capaz de biodegradarse posteriormente.

El objetivo por tanto es que el envase no se degrade antes de tiempo y no produzca un impacto ni a las personas (durante el consumo) ni posteriormente al medio ambiente.

Entre las limitaciones encontramos que debe ser biodegradable, reciclable, impermeable, tener una resistencia al agua dulce, bases y ácidos débiles buena/aceptable. A ser posible debe ser transparente también (por cuestiones estéticas), aunque no es un requisito indispensable.

Para cumplir con la condición de no producir un elevado impacto ambiental debe tener la menor huella de CO₂ posible.

3. Solución propuesta

Haciendo uso del Level 3, se han seguido los siguientes pasos:

1. Material Universe: all materials, limit:

¿Contiene> 5% en peso de elementos críticos?: No

Resistencia a agua dulce, ácidos y bases débiles: Buena/excelente

Reciclable: Sí

Biodegradable: Sí

2. Material Universe: all materials, chart: huella de carbono producción primaria kg/kg (eje X), precio EUR/kg (eje Y)

En Level 3 Eco-design se han seguido los siguientes pasos:

1. Material Universe: all materials, tree: process universe, shaping.

2. Material Universe: all materials, tree: forma geométrica: 3D hueca

3. Material Universe: all materials, tree: material universe, polímeros, plásticos y elastómeros, plásticos, termoplásticos, PLA.

4. Material Universe: all materials, limit:

Contacto con alimentos: Sí

Inyección, extrusión y termo conformado de polímeros: Buena/excelente (para asegurar que cualquier empresa pueda trabajar con este material en función de su maquinaria).

Reciclable y biodegradable: Sí

Para comprobar que la solución adoptada no es más perjudicial que lo actualmente usado (PET) se ha hecho uso de la herramienta eco-audit. Se ha estudiado el impacto que tienen las botellas PET (amorfo) comparado con las botellas PLA (general purpose).

La mayoría de los envases están hechos de PET. La ventaja que tiene el PLA sobre el PET es que no está hecho a base de petróleo, por lo que es posible usarlo para hacer compostaje tras su uso. Sin embargo, el PLA tiene un inconveniente, y es que es, por regla general, unas tres veces más caro de fabricar que el PET utilizado actualmente. Esto aumentaría considerablemente el precio del producto final, por lo que las empresas de producción no sacarían beneficios y no querrían producirlo. Por este motivo, se buscó un material que con el mínimo precio y sin las exigencias asociadas al contacto directo con el alimento, cumpliera los requisitos de biodegradabilidad y reciclabilidad, introduciéndose estos dos parámetros en limit y viendo que material tenía menor precio y menor emisión de huella de CO2 en producción a través de chart, se obtuvo que el mejor material es el cartón. Así pues, se pensó en utilizar un envase compuesto por dos materiales: el PLA en el interior en contacto con los alimentos y el cartón en el exterior para darle forma al recipiente. De esta manera, se reduce mucho la cantidad de PLA utilizado y se reduciría el coste de la elaboración del envase. Con esto se pierde la condición de ser transparente, pero se le da una mayor viabilidad.

4. Resultados y Conclusiones

Tras comparar el material usado actualmente para fabricar botellas, PET, y el PLA (obtenido tras imponer las restricciones) la conclusión es que el PLA es un mejor material en términos medioambientales.

La huella de carbono de ambos es similar en cuanto al material, pero en la producción es menor la huella de carbono si el material es PLA (general purpose).

Entre los distintos tipos de PLA obtenidos el más indicado es el PLA (general purpose) por su versatilidad en cuanto a métodos de fabricación, permitir usar una geometría apta para su función, bajo impacto medioambiental, biodegradabilidad y precio. Además, se han tenido en cuenta otras características como su resistencia a la radiación UV.

En la sección de 'Notes' se ha observado que este material es muy versátil en cuanto a propiedades por su variedad de enantiómeros D y L, lo cual es otra ventaja a la hora de usar este material.

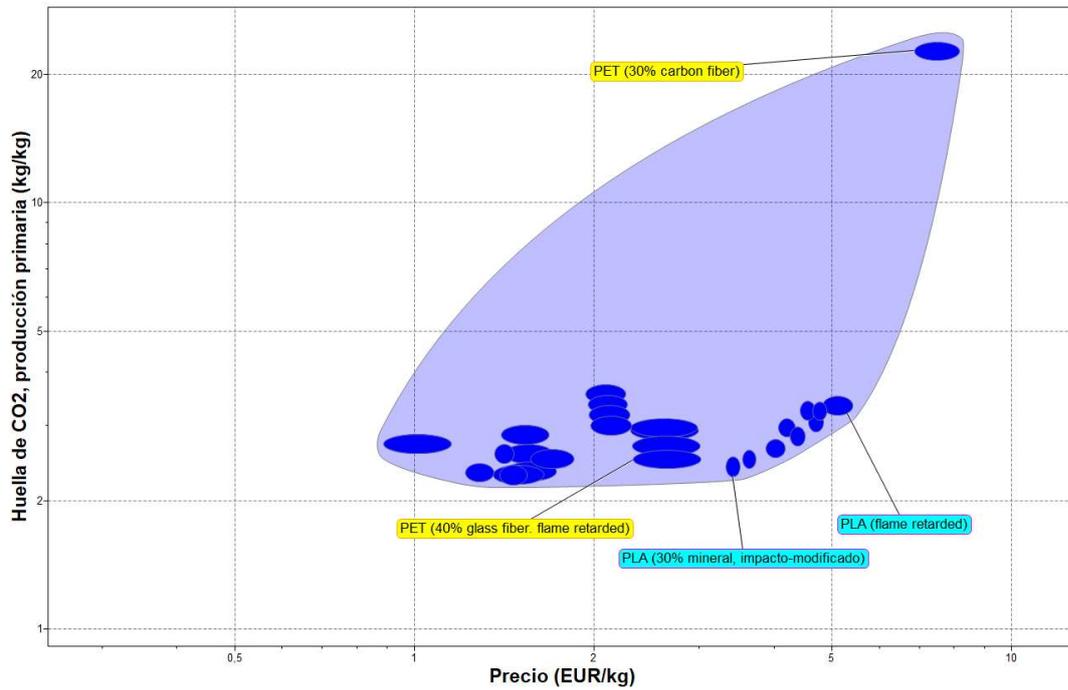
Pero como ya se mencionó anteriormente, este es por regla general tres veces más caro, por lo que el uso del cartón, material ya utilizado en alimentación, permite reducir estos costes, utilizando este como envoltura exterior al PLA. Además, el cartón servirá para reducir la cantidad de vapor de agua transmitida por el PLA (general purpose), el cual tiene unos valores de 7.1-9.1 g.mm/m².día.

5. Bibliografía

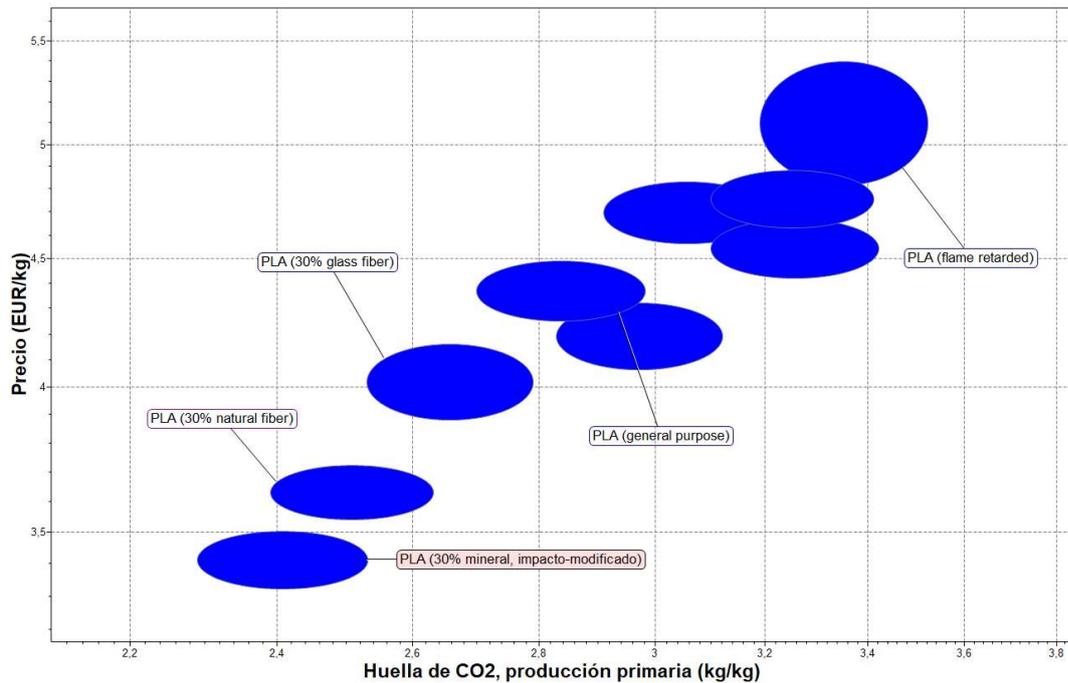
<https://www.arapack.com/caracteristicas-envases-ecologicos-alimentacion/>
<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0024465>
<https://www.pickdpack.com/blog/conoce-todo-lo-que-necesitas-sobre-evases-de-plastico-para-la-industria-alimentaria/>
<https://www.aimplas.es/blog/tipos-de-envases-para-alimentacion/>
<https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/domesticos/fracciones/envases/Que-caracteristicas-tienen.aspx>
https://www.m32natural.com/es/smartblog/42_Tirem-8-milions-de-toneladas-de-pl%C3%A0stic-al-ma.html
<https://www.nytimes.com/es/2018/03/27/gran-mancha-basura-pacifico-aumenta/>
<https://www.youtube.com/watch?v=wZSRNiTvEc>
<https://grantadesign.com/education/students/video-tutorials/>
<https://grantadesign.com/teachingresources/casslcn18/>

6. Anexos

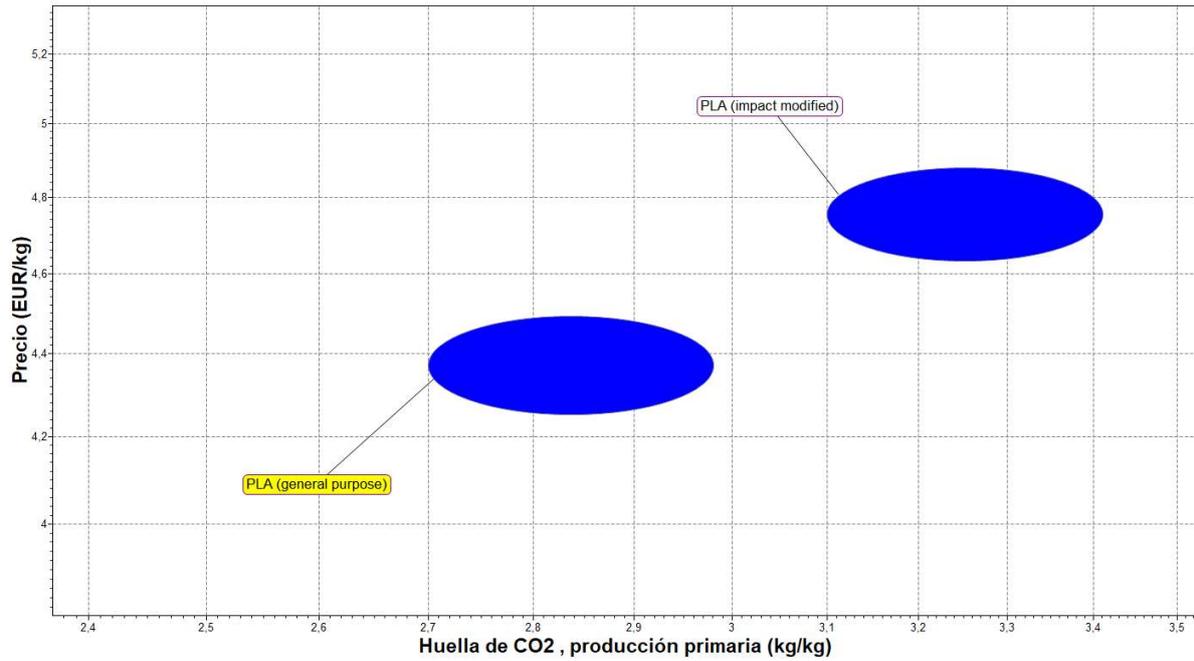
Comparación del PET con PLA:



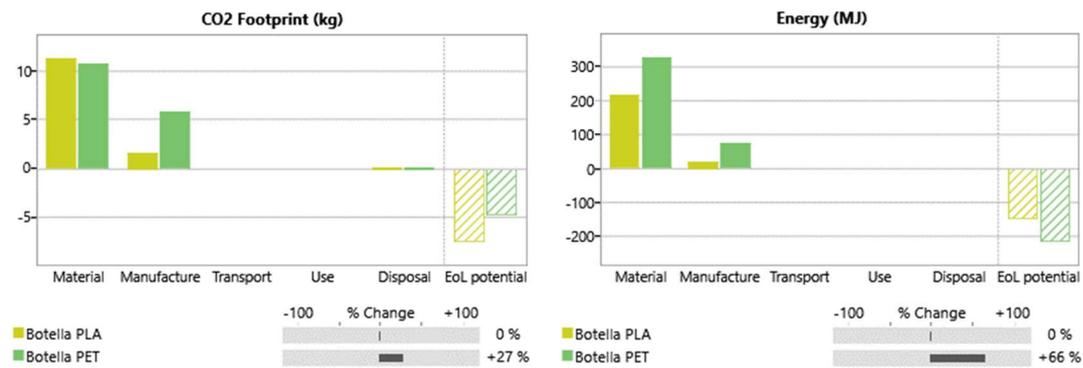
Comparación de distintos tipos de PLA:



Comparación de los tipos de PLA resultantes tras usar Level 3, Eco Design:



Datos obtenidos del Eco-Audit al comparar el PET (amorfo) con el PLA (general purpose):



Datos usados en el Eco-Audit al comparar el PET (amorfo) con el PLA (general purpose):

Name: Botella PLA

Include cost analysis

Material, manufacture and end of life

Qty.	Component name	Material	Recycled content	Mass (kg)	Primary process	Secondary process	% removed	End of life	% recovered
100		PLA (general purpose)	Virgin (0%)	0,04	Polymer extrusion		0	Recycle	100

Product information

Name: Botella PET

Include cost analysis

Material, manufacture and end of life

Qty.	Component name	Material	Recycled content	Mass (kg)	Primary process	Secondary process	% removed	End of life	% recovered
100		PET (unfilled, amorpho...	Virgin (0%)	0,04	Polymer molding		0	Recycle	100

Crackless Fighter Aircrafts

Universitat Politècnica de València
Valencia, España

Tutor/a:

Javier Orozco Messana

Alumnos/as:

Beatriz Gironés Sangüesa

Paula Pérez Morgado

Germán Veintimilla Gozalbo

Resumen

Actualmente, vivimos en un mundo tecnológicamente muy avanzado del cual no se está haciendo provecho en algunos campos, como, por ejemplo, en la aviación militar. Los motores cada vez alcanzan velocidades más rápidas y vibran más. Sin embargo, sus consecuencias no se están teniendo tan en cuenta y entre las mejoras y avances de un avión militar, la resistencia y la durabilidad de los materiales deberían de ser unas de las más importantes. Por ello, nos incorporamos en la lucha en contra de las grietas generadas por estas, cada vez mayores, vibraciones.



Contenido

1.	Objetivos	106
2.	Planteamiento del problema	106
3.	Solución propuesta.....	107
4.	Resultados y Conclusiones	108
5.	Bibliografía	109
6.	Anexos.....	110

1. Objetivos

El principal objetivo de este trabajo es reducir las graves consecuencias que generan las vibraciones que proceden de los motores de reacción de los aviones de combate. Dentro de estas consecuencias, nos centramos en la aparición de grietas en el fuselaje del avión.

Por tanto, lo que buscamos es un material que reúna estas características:

- Material resiliente, plástico y maleable
- Material conductor eléctrico
- Material resistente térmico
- Material ligero
- Material que se adapte a las condiciones extremas de un vuelo.

De esta forma, conseguimos evitar, en la medida de lo posible, el agrietamiento y por tanto alargar el tiempo en el que se mantiene en buen estado el fuselaje de un avión. Gracias a ello, se reducen costes de mantenimiento, tanto en revisiones como en reparaciones, así como los fuertes ruidos generados.

2. Planteamiento del problema

Los aviones están expuestos a grandes esfuerzos que causan deformaciones en su estructura. Las vibraciones generadas por los motores y las ondas sonoras ejercen una carga importante sobre el fuselaje del avión.

En el campo militar, la carga acústica es aún mayor debido al ambiente ruidoso en el que vuelan y las altas velocidades que alcanzan. El motor gira más rápido y, por ello, la fuerza centrífuga se incrementa, desprendiendo grandes cantidades de calor. Las consecuencias más frecuentes son la aparición de grietas en el recubrimiento metálico del ala, el fuselaje y la cola del avión; y la delaminación en las capas de los materiales compuestos.

Actualmente, estas grietas son controladas ya que hay inspecciones periódicas en el sector aeronáutico, para asegurar el mantenimiento de la estructura externa. No obstante, como hemos afirmado anteriormente, con este nuevo material estas inspecciones serían menos recurrentes.

3. Solución propuesta

Nuestra respuesta es crear una capa que se localice entre el fuselaje y el motor. Esta capa debe ser capaz de absorber las vibraciones del motor de modo que, así, se pueda aislar el ruido de las capas externas las cuales sufren los mayores daños.

La idea es eliminar las vibraciones del motor a través de producir otras en el sentido contrario que las puedan contrarrestar. Para ello, necesitamos un material plástico que se deforme con el contacto de oscilaciones externas (ruido del motor) y puedan disminuir su intensidad. Asimismo, si programamos otras vibraciones artificiales a través de un campo eléctrico, el material vibra en el momento seleccionado y las oscilaciones pueden ser neutralizadas con el ruido del motor que se disipará parcialmente.

En la búsqueda de este material plástico, hemos tenido en cuenta las condiciones a las que se exponen los materiales de un avión. Por ello, teniendo en cuenta las temperaturas de hasta 200 °C, la toxicidad del combustible y el precio del material, hemos deducido que necesitamos un polímero termoestable, ya que los termoplásticos trabajan a temperaturas más bajas.

No obstante, este material no conduce la electricidad, por ello debemos crear un material híbrido que complemente las características deseadas. La capa conductora estará formada por un material recurrente en el fuselaje de un avión ya que se asegura su eficiencia en el campo. Así, se hace frente a las condiciones extremas que experimentan los materiales durante un vuelo.

Una vez ya tenemos el material resiliente y elastómero, tenemos que hacer frente a la última parte de nuestro objetivo: generar corrientes que hagan vibrar el material híbrido (formado por capas) de modo que estas vibraciones disipen las producidas por el motor. Para ello, sería necesario la introducción de electrodos a través de un material metálico. De esta forma, pese a la rigidez y la resistencia que oponen los metales a la deformación, nuestro proyecto sería posible ya que se complementa con la deformabilidad del polímero.

Así, encontramos una doble función. El material plástico se encarga de absorber las vibraciones del motor para poder reducir su intensidad. Asimismo, se complementa con la función del material conductor eléctrico. Esta capa, junto con los electrodos programados, produce vibraciones que se enfrentan a las recibidas por el motor para poder eliminarlas. Todo ello, contribuye a aislar el motor del fuselaje para evitar que las capas exteriores se vean afectadas por el ruido y que las grietas sean menos frecuentes.

Finalmente, para encajar ambas capas hay que tener en cuenta las deformaciones que la capa plástica experimentará. La solución es realizar perforaciones en los electrodos y la capa metálica para que la deformación de la capa elastómera de nuestro material híbrido sea posible.

4. Resultados y Conclusiones

Tras la determinación teórica de la solución al problema, nos adentramos a la determinación del material híbrido a través del programa CES EduPack. Para empezar, bien como hemos dicho antes, nos centramos en la temperatura para determinar el material elastómero, ya que además de ser plástico y maleable (todos los elastómeros), tiene que soportar las altas temperaturas generadas por la combustión del motor. Cada motor, como es obvio, se encuentra a una temperatura diferente, pero después de informarnos sobre los motores de aviación militar, hemos establecido el mínimo en 200 °C. De esta forma, como podemos observar en el *Gráfico 1*, hemos presentado los materiales termoestables con su rango correspondiente de temperaturas. De un total de 45 termoestables, seleccionamos los 11 primeros ya que son los únicos que muestran resistencia a temperaturas mayores de 200 °C.

A continuación, persiguiendo nuestro objetivo de conocer que elastómero es el idóneo para nuestro proyecto, realizamos una selección teniendo en cuenta el ambiente químico y la durabilidad. Para ello, establecimos que la resistencia a los disolventes orgánicos debía de ser excelente o, como mínimo, aceptable, debido a la naturaleza del combustible de aviación de tipo queroseno. De esta forma, como se puede ver en el *Gráfico 2*, obtuvimos que los 11 elastómeros eran buenos resistores a los disolventes orgánicos pero que solo 6 de ellos lo hacían de manera excelente.

Para acabar y decidir entre estos 6 elastómeros, nos fijamos en la densidad de estos con el fin de que el material buscado fuese lo más ligero posible, dado que es una de las principales metas de la aviación civil y, sobre todo, militar. Como podemos observar en el *gráfico 3*, con una diferencia notable, los 4 elastómeros anotados en la *Tabla 1* son los más ligeros, siendo el *Fluoro elastomer (FEPM/ Aflas)* el que menor densidad presenta. En cambio, cuando realizamos un análisis sobre el precio de coste de cada uno de estos 4 materiales, observamos que este último además de ser el más ligero también era el más caro. Entonces, dado que las densidades de estos 4 son bastante bajas, hemos elegido el Fluoro elastomer (FKM, 20-35% carbon black) porque su precio es menor, de aproximadamente 19 €/Kg, y su densidad solo supera en 200 Kg/m³ al *FEPM/ Aflas*.

Desafortunadamente, ninguno de estos materiales elastómeros era conductor eléctrico por lo que llegamos, como hemos mencionado en el apartado anterior, sería necesario un material híbrido. Para que las vibraciones que disipasen las producidas por el motor fuesen propagadas, hicimos un análisis sobre que aleación de aluminio incorporar al elastómero, rodeándolo. Como se puede ver en la *Tabla 2*, utilizar el *aluminio 2618 T6* o el *aluminio 2618 T61* es indiferente dado que ambos tienen una conducción eléctrica muy semejante y el precio es el mismo.

Finalmente, con la herramienta 'Synthesizer' hemos creado un material de tres capas siguiendo todo el planteamiento desarrollado anteriormente. Para que se ajustara más a la aplicación que tendría este material hemos cambiado de base de datos a 'Level 3 Aerospace', y hemos creado la simulación del material de tres capas con un grosor de 5 mm cada una, a modo de ejemplo. La disposición final es dos capas de Aluminio 2618 y una capa intermedia del elastómero. Las propiedades del híbrido se muestran en la *Tabla 3*.

5. Bibliografía

- Motores de pistón para aviones. Módulo 16, de Antonio Esteban Oñate.
- Programa de cálculos: 'ANSYS'
- Programa CES EduPack
- Motores de reacción y turbinas de gas. 2ª edición, de Txema Aguirre.
- Diferentes páginas web y tutoriales de YouTube
 - o <https://grantadesign.com/education/students/video-tutorials/#/?playlistId=0&videoid=2>
 - o https://es.wikipedia.org/wiki/Avi%C3%B3n_de_caza
 - o https://es.wikipedia.org/wiki/Combustible_de_turbina_de_aviaci%C3%B3n
 - o <https://es.wikipedia.org/wiki/Turborreactor>
 - o <https://www.repsol.com/es/productos-y-servicios/aviacion/jp-8/index.cshtml>

6. Anexos

Gráfico 1: Temperatura

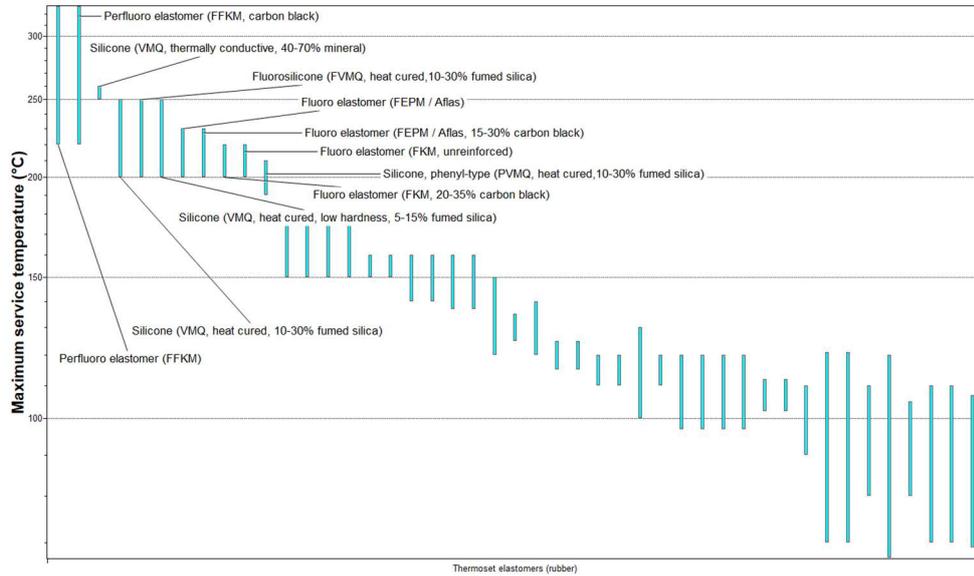


Gráfico 2: Ambiente químico / Durabilidad

Organic solvents	Excellent	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
	Acceptable	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
	Limited use	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Unacceptable	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Fluoro elastomer (FEPM / Aflas)	Fluoro elastomer (FEPM / Aflas, 15-30% carbon black)	Fluoro elastomer (FKM, 20-35% carbon black)	Fluoro elastomer (FKM, unreinforced)	Perfluoro elastomer (FFKM)	Perfluoro elastomer (FFKM, carbon black)					

Tabla 1: Precio

MATERIAL	PRECIO (EUR/kg)
Fluoro elastomer (FEPM / Aflas)	50.7 – 53.3
Fluoro elastomer (FEPM / Aflas, 15-30% carbon black)	42.1 – 44.4
Fluoro elastomer (FKM, 20-35% carbon black)	18.3 – 19.5
Fluoro elastomer (FKM, unreinforced)	24.9 – 26.2

Gráfico 3: Densidad

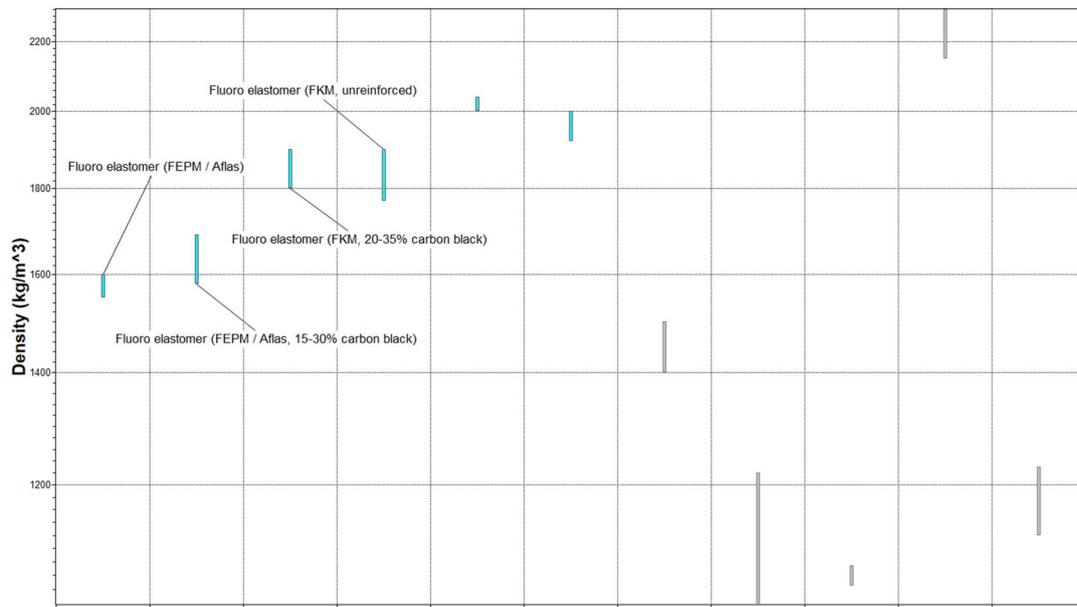
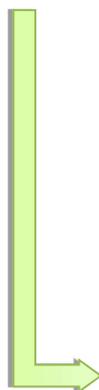


Tabla 2: Conductividad

MATERIAL	CONDUCTIVIDAD (%IACS)
Alluminium 2618 T6	38.3 – 40.1
Alluminium 2618 T61	38.3 – 40.1
Alluminium 2618 T4	34.5 – 35.9
Alluminium 8009	28.7 – 29.7
Alluminium 8009	28.7 – 29.7

Tabla 3: Características finales



Price		
Price	6,17	EUR/kg
Notes	Only includes contribution from specified material components (does not include processing, adhesives or additives)	
Physical properties		
Density	2,45e3	kg/m³
Mechanical properties		
Young's modulus	49,3	GPa
Notes	In-plane property	
Yield strength (elastic limit)	232	MPa
Notes	In-plane property	
Flexural modulus	79,9	GPa
Flexural strength (modulus of rupture)	251	MPa
Notes	For bending about an in plane axis	
Thermal properties		
Thermal conductivity	1,16	W/m.°C
Notes	Through thickness property	
Specific heat capacity	900	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	62,3	µstrain/°C
Notes	Through thickness property	
Electrical properties		
Electrical resistivity	3,33e10	µohm.cm
Notes	Through thickness property	
Primary production energy, CO2 and water		
Embodied energy, primary production	199	MJ/kg
CO2 footprint, primary production	12,2	kg/kg

Development of a new system for artificial grass

Universidad Politécnica de Madrid,
Madrid, Spain

Tutor:

Elena M^a Tejado Garrido

Students:

Cobián Lucía

François Pierre

Texeira Maxime

Summary

Once the selection process is made, the result is a composite material of two layers. The lower layer, called the Shock Pad, whose function is to imitate the mechanical properties of the real grass, and the upper layer, called the Filler, responsible for the wear resistance and the players' health. The most suitable material for Shock Pad is PP Foam that withstands the constraints and has the lowest CO₂ footprint of the preselected materials. Finally, the material chosen for the Filler is cork, which is a natural, eco-friendly and non-toxic material which is cheaper than rubber, the material used nowadays in artificial grass.



Content

1. Objetives	113
2. Problem statement	113
3. Proposed solution	114
4. Results and conclusions	115
5. Bibliography	115
6. Anexes	117

1. *Objetives*

Synthetic grass is nowadays used in several fields, the most important being in sports. The reasons behind this choice are many: Easy to install and to take care, durability, impossibility to grow natural grass in (weather), cost... For the same reasons, it can be used for comfort, for individuals or even green spaces.

It can be exploited for instance in poor and/or developing countries in schools, in order to allow children to play sports despite non-favorable weather conditions for natural grass.

The aim of this project is to find the most ecofriendly, non-toxic, durable and economic materials to substitute natural grass. Furthermore, FIFA standards and environmental conditions have been considered for the restrictions to select the materials.

Among these restrictions are vertical displacement and shock absorption to define the mechanical properties. Water resistance, service temperature and UV radiation resistance are restrained to define the physical properties.

2. *Problem statement*

Heat accumulation in and over the synthetic grass due to the materials used, mainly rubber, is one big default, which is usually eliminated by watering the field and it can lead to a huge water waste.

The actual materials are rubber particles that are detached with the wear of the field, polluting the surroundings and the players. Secondly, when temperatures increase, the rubber gives off a smell that indicates the release of substances that are toxic to the players. For this reason, the material has to be 100% recyclable and as natural as possible.

Furthermore, this grass requires constant maintenance and material renewal. As it is made with polymeric materials difficult to recycle, the environmental impact is severe. As a consequence, artificial grass, also called artificial turf, has a huge market which has to be concerned about its pollution and search for healthier and ecologic solutions.

3. Proposed solution

The artificial grass has to have the same characteristics of the natural grass and it has to be healthier and more ecologic than the artificial one that already exists.

According to some FIFA standards and the environment that the materials are going to be exposed, the constraints are a vertical displacement between 4 to 10 mm, 60-70% shock absorption (SA), excellent or acceptable water and UV radiation resistance and has to withstand a service temperature from -10 to 50 °C. The main objectives proposed for the design is to optimize the healthy aspect, it has to be durable and the cost has to be minimized.

Figure 1 shows the typical layers for artificial grass [3]. To simplify the problem has been reduced to 3 layers: the filler, mixed with the grass and in direct contact with the players and the climate conditions; the shock pad that absorbs more or less the constraints depending on the standards defined and the base (Figure 2, [4]). It has been established that the system will be constructed on a base, so the development of the lower part is not covered.

- The shock pad:

The material has to be durable in the time against precipitations. Secondly, to have a performant artificial field, the FIFA fixed some standards, including the shock absorption of the grass. These standards can be used in this case, as the product has to be performant enough. Finally, the shock pad needs a CO₂ footprint as low as possible and moreover has a sufficient recyclability or can be reused.

The pad will take part in one of these categories: fiber, foam, honeycomb and particulate.

Then, with the FIFA tests methods [2], (Equation 1 and 2, Figure 3), for SA=60% and SA=70% an interval for the elastic stored energy has been obtained, with 153 kJ/m³ to 175 kJ/m³. This reduces the selection to 6 materials which are all foams.

- The filler:

The upper layer provides the wear resistance to the system and the friction enough for the player in order to not get injured while playing. It also simulates the properties of earth where the grass grows. The material has to withstand the weather conditions and FIFA standard: maximum vertical displacement. Finally, two main things to fulfill is the ecological point and the player health.

The vertical deformation has to be around 10mm when a mass of 32kg falls in a specimen of 1x1m as specified in FIFA Testing Methods 04a and 05a (Figure 4). The thickness of the filler is commonly between 5 to 10 cm. With this data, the elastic modulus can be obtained, which is highly dependent on the thickness. E goes from 0.62 GPa to 0.08 GPa. (Equations 3, 4, 5, 6)

Another analysis made is the resistance to cracking in function of the elastic modulus. The resistance to cracking is a performance index that takes into account the abrasion by blunt contact promoted by onset of yielding or cracking and the load applied normal and tangential to a flat plate in order to study the abrasive behavior of the material. The materials that show the best performance against resistance to cracking are the preselected polymers and cork.

4. Results and conclusions

- The shock pad

Now that there are 6 different foams, the selection will be evaluated with the ecological aspect of the project by plotting the CO₂ footprint against the volume price (Figure 5). Two materials can be distinguished from the others: Polypropylene foam (PP foam) and Polystyrene foam (PS foam).

To make the final decision, one last constraint was added linked to the service temperature. Indeed, the material has to be performant whatever the climate conditions are. It appears that the PS foam service temperature is at the limit of the range. So, to be fully efficient whatever the conditions, the PP foam is selected as the shock pad.

- The filler

To make the final decision for the best material, an analysis of price per unit volume was made to see which the most affordable materials are by plotting volume price versus the elastic modulus (Figure 6). First of all, from the information shown in the graph about the possible materials that can be chosen, it can be seen that the one with an elastic modulus of a magnitude between 0.1 and 0.01 GPa is cork. In addition, nowadays rubber is the material used for the filler. Rubber has a lower elastic modulus than cork, so more material, higher thickness, is needed in order to satisfy the Vertical Deformation standard.

Secondly, the price of almost all the preselected materials is around 5000 €/m³, which are more expensive than rubber. The major price difference can be seen in cork, which is much cheaper than the other materials. Furthermore, it can be much cheaper than rubber, reducing the installation costs as less material can be used for a cheaper price.

With this selection process, more ecologic and healthier materials have been found. The particles that the filler can release will no longer be a threat to the environment or the player as cork is a natural and biodegradable material.

In addition, the cork has a lighter color than rubber, so the sports field will not be eaten up as rubber filler does.

From all the materials, the most economic ones have been chosen. The cost of a field made by the materials chosen can cost around 570 €/m², where 95% of the price comes from the shock absorber, whereas an installation of actual artificial grass fields can cost up to 190 €/m².

From the point of view of the player and the environment it is an advantage as there is no need to refrigerate the field with additional water and it can prevent the player from suffocating due to the heat.

In comparison to actual fields, the installation with the selected materials will cost 4 times more than actual fields, so in terms of budget, it is not worth.

It is also important to take into account that the model of the artificial grass has been simplified in order to make the selection process more straightforward. So, the model can be optimized in order to obtain a better performance of the materials for cheaper price.

5. Bibliography

[1]: Football turf handbook of requirements. 2012.

[2]: Football Turf Handbook of test methods. FIFA 2015.

[3]: Artificial Turf Ass Grass. Triplepundit. 05/2015. [Consulted the 21/11/2018], available on:
<https://www.triplepundit.com/2015/05/artificial-turf-ass-grass/>

[4]: Infill. Unirubber. [Consulted the 21/11/2018], available on:
<http://www.unirubber.com.pl/en/infill-2>

6. Anexes

a. Figures

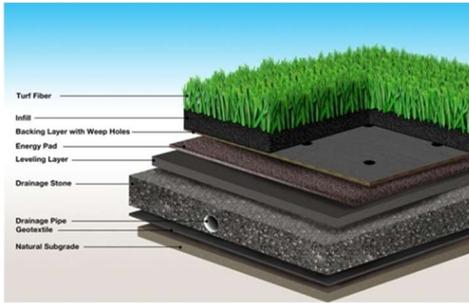


Figure 1: Usual layers of an actual artificial turf [3].



Figure 2: Simplified problem [4].

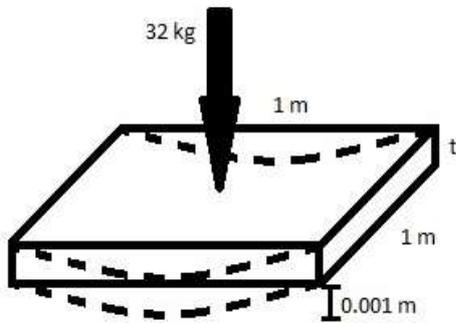


Figure 4: Sketch of the problem for vertical displacement.

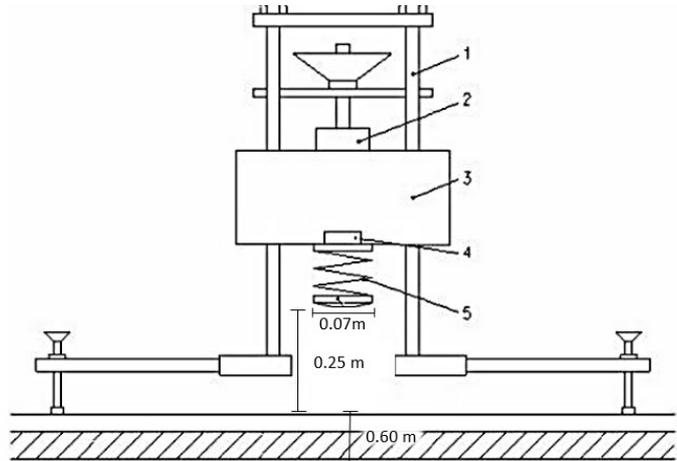


Figure 3: Sketch of FIFA test method for shock absorption.

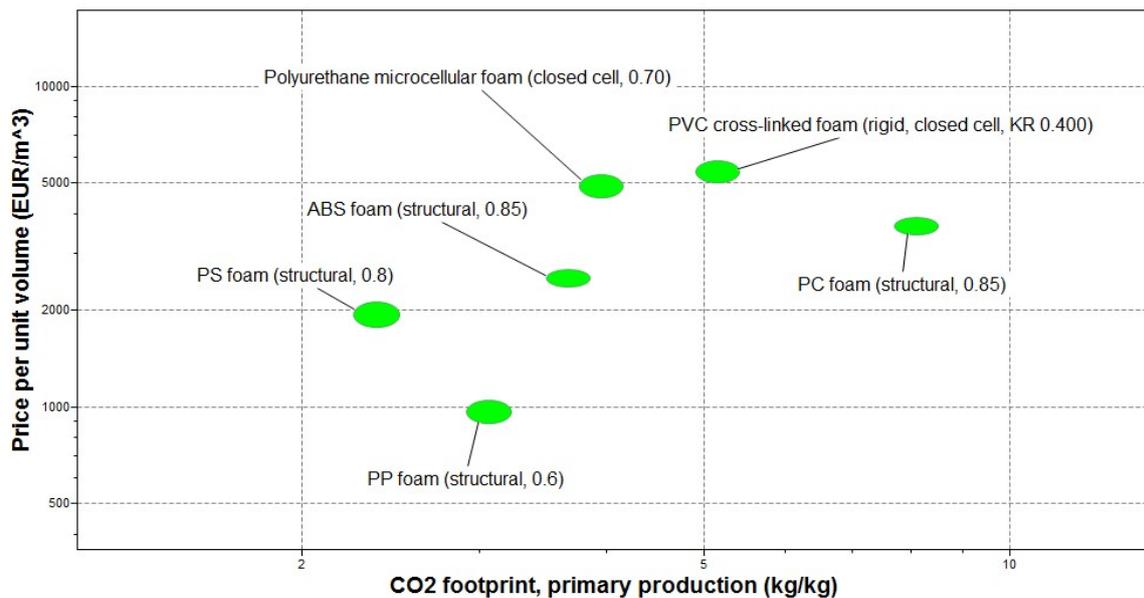


Figure 5: Graph of the CO2 footprint against the price for the selected materials for the shock pad.

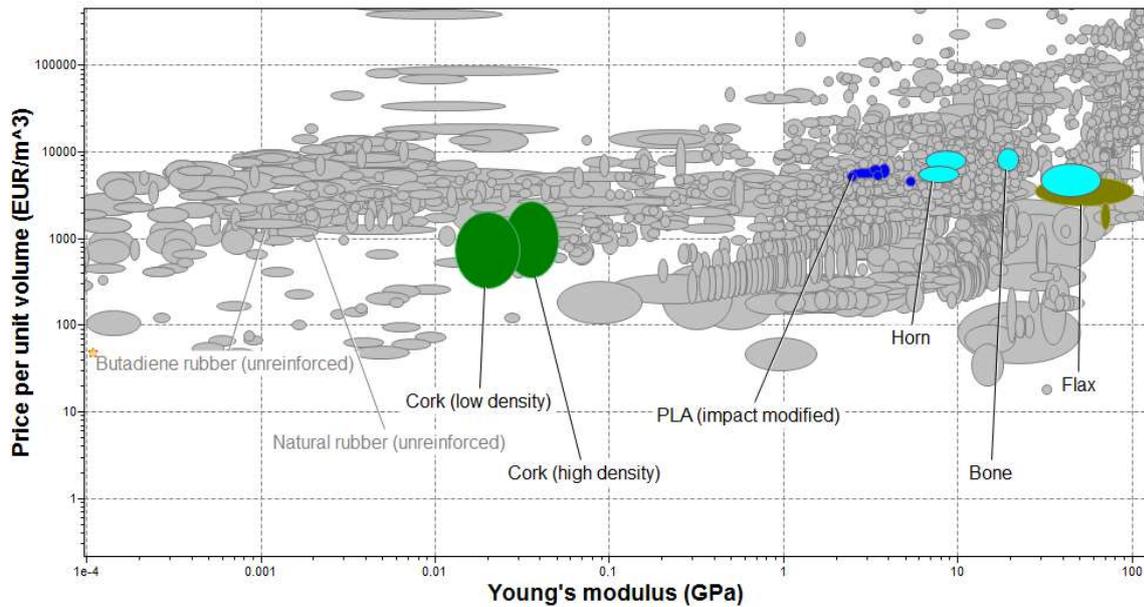


Figure 6: Graph of the Young modulus against price for the filler

b. Equations

$$SA = \left(1 - \frac{F_{max}}{F_{ref}}\right) * 100 \quad (1)$$

Where, F_{ref} is the reference force fixed to 6760 N, theoretical value calculated for concrete. SA is the Shock Absorption and F_{max} the maximum force the field will suffer in a shock.

$$E = \frac{F*d}{A*t} \quad (2)$$

Where F is the force calculated before, d the fall distance of the disc, A, the area of the disc and t its thickness. (Figure 3).

With thickness and maximum vertical displacement, deflection due to bending equation can be used:

$$\delta = \frac{ML^2}{12EI} \quad (3)$$

Where M and I can be obtained as:

$$F = 32 \cdot 9.8 = 313.6 \text{ N}$$

$$M = \frac{FL}{4} = \frac{313.6 \cdot 1}{4} = 78.4 \text{ Nm} \quad (4)$$

$$I = \frac{Wt^3}{12} \quad \begin{array}{l} t=5 \text{ cm}; I=1.04E-5m^3 \\ t=10 \text{ cm}; I=8E-5m^3 \end{array} \quad (5)$$

With these equations the elastic modulus, E, can be obtained:

$$E = \frac{WL^2}{12I\delta} \quad \begin{array}{l} t=5 \text{ cm}; E=0.62GPa \\ t=10 \text{ cm}; E=0.08GPa \end{array} \quad (6)$$

Diseño de una esponja de colágena para endodoncia regenerativa.

Universidad Autónoma de San Luis Potosí,
San Luis Potosí, México

Tutor/a:

Dra. Verónica Campos Ibarra

Alumnos/as:

Janeth Araceli Araujo Pérez
Rosa Angélica Rodríguez Castro.

Resumen

La endodoncia regenerativa es una alternativa de tratamiento para dientes con necrosis pulpar que brinda la oportunidad de crear un tejido mineralizado para favorecer la permanencia del órgano dentario en boca. El objetivo de este trabajo fue diseñar una esponja de colágena con microporos que presente mejores propiedades mecánicas que otros materiales para ser introducido al conducto radicular. Además, se seleccionó el mejor material a utilizar en estos casos. El andamio y su composición pueden favorecer la migración de células al conducto radicular, siempre y cuando sean adicionadas con factores de crecimiento.



Contenido

1.	Objetivos	120
2.	Planteamiento del problema	120
3.	Solución propuesta.....	121
4.	Resultados y Conclusiones	122
5.	Bibliografía	123
6.	Anexos.....	124

1. Objetivos

Diseñar una esponja de colágena que presente mejores propiedades mecánicas que otros materiales para ser introducido al conducto radicular.

Seleccionar un material que tenga las características necesarias para ser utilizado en endodoncia regenerativa.

2. Planteamiento del problema

La pérdida de vitalidad de los órganos dentarios con ápices abiertos, debido a caries profunda y traumatismo, presentan una oportunidad para crear nuevas alternativas de tratamiento que ayuden a la formación de tejido dentinario o la formación de neo tejido pulpar. En los tratamientos regenerativos para conductos radiculares es común utilizar esponjas de colágeno que facilitan la migración celular. Sin embargo, la fragilidad y poca capacidad del material para mantener su forma dentro del conducto le dan poca estabilidad estructural al material y obstruyen las vías de migración interna una vez colocado en la cavidad pulpar. Por eso es necesario trabajar en un nuevo material a base de colágena, con una estructura más resistente y flexible para el tratamiento endodóntico.

3. Solución propuesta

La propuesta, que aquí se describe, es el diseño de una esponja de colágena y su comparación con otros materiales para determinar si las propiedades mecánicas obtenidas son mejores que la de los compuestos naturales y sintéticos para soportar las fuerzas de compresión y torsión dentro del conducto radicular.

En la práctica quirúrgica se cuenta con esponjas a base de colágena como el CollaCote® que sirve como auxiliar de la terapia regenerativa endodóntica. Nuestra propuesta incluye primero el diseño de una esponja de colágena más resistente que la colágena en bloque. Después se diseñó una estructura a base de fosfato de calcio con forma de panal de abeja, ya que es un material ampliamente descrito en los procesos de regeneración ósea y remineralización dental, para observar su comportamiento mecánico. También se trabajó en el diseño de dos materiales compuestos a base de Colágena/Bio-sílica y Colágena/PGA con la finalidad de observar el comportamiento de un material compuesto a base de colágena con un polímero biodegradable y un material de relleno.

Por último, se realizó un material con dos capas, una de colágena y otra de fosfato tricálcico para poder seleccionar entre los materiales el que presentara una mejora en sus cualidades mecánicas.

4. Resultados y Conclusiones

La Gráfica 1 compara la densidad y la rigidez (Modulo de Young) de los materiales diseñados con la colágena, el PGA y la Bio-sílica en el grupo de cerámicas técnicas. Se observa que tanto la esponja de colágena como el fosfato de calcio en panal de abeja muestran un comportamiento similar en ambas propiedades, debido principalmente a la pérdida de material durante la conformación de poros. Mientras que los materiales compuestos y en láminas incrementaron tanto la densidad como la rigidez de la colágena pura. En la Gráfica 2 se muestra la relación entre el volumen por unidad de rigidez en prueba de torsión y el módulo elástico de flexión, donde el material con mayor flexibilidad y mayor volumen por unidad de rigidez se encuentran englobados en la parte superior izquierda de la gráfica. Cabe destacar que el fosfato de calcio extruido mostró excelentes propiedades elásticas con una menor cantidad de material por unidad de rigidez.

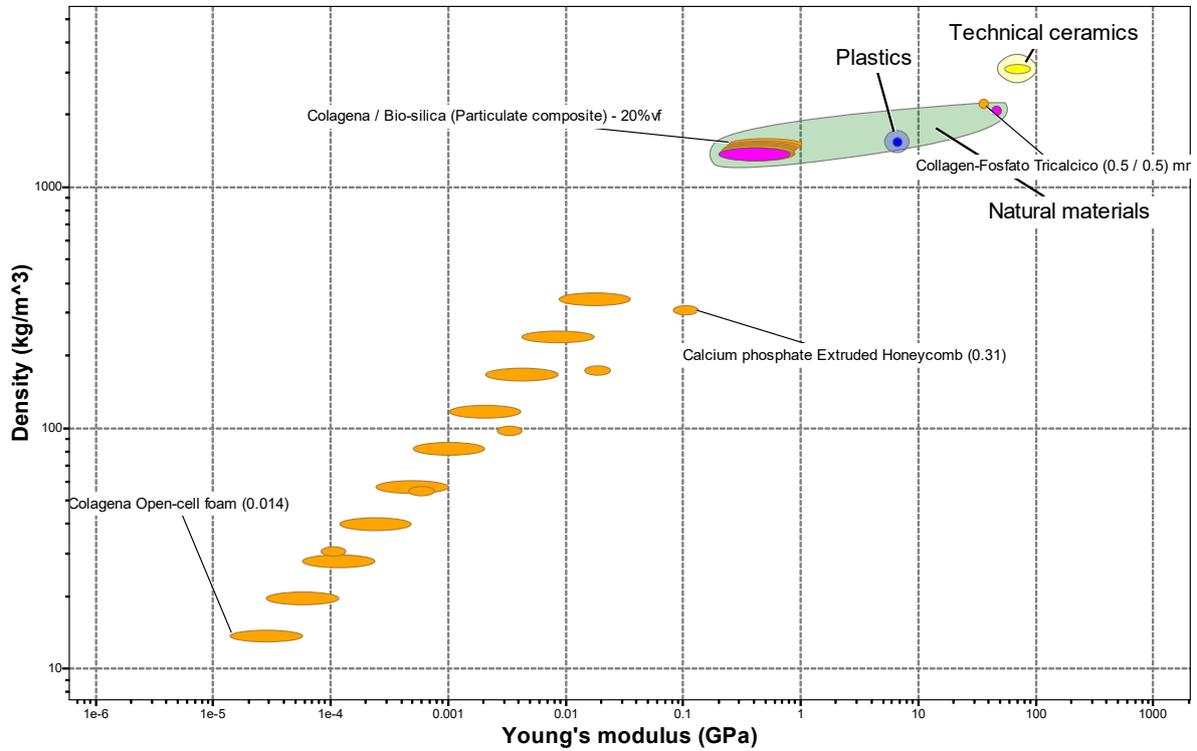
Conclusiones: Todo material de colágeno reforzado resultó con mayor rigidez. Los materiales que presentaron mejores propiedades mecánicas de flexibilidad en relación al volumen y densidad fueron la esponja de colágena y el fosfato de calcio en panal de abeja.

5. Bibliografía

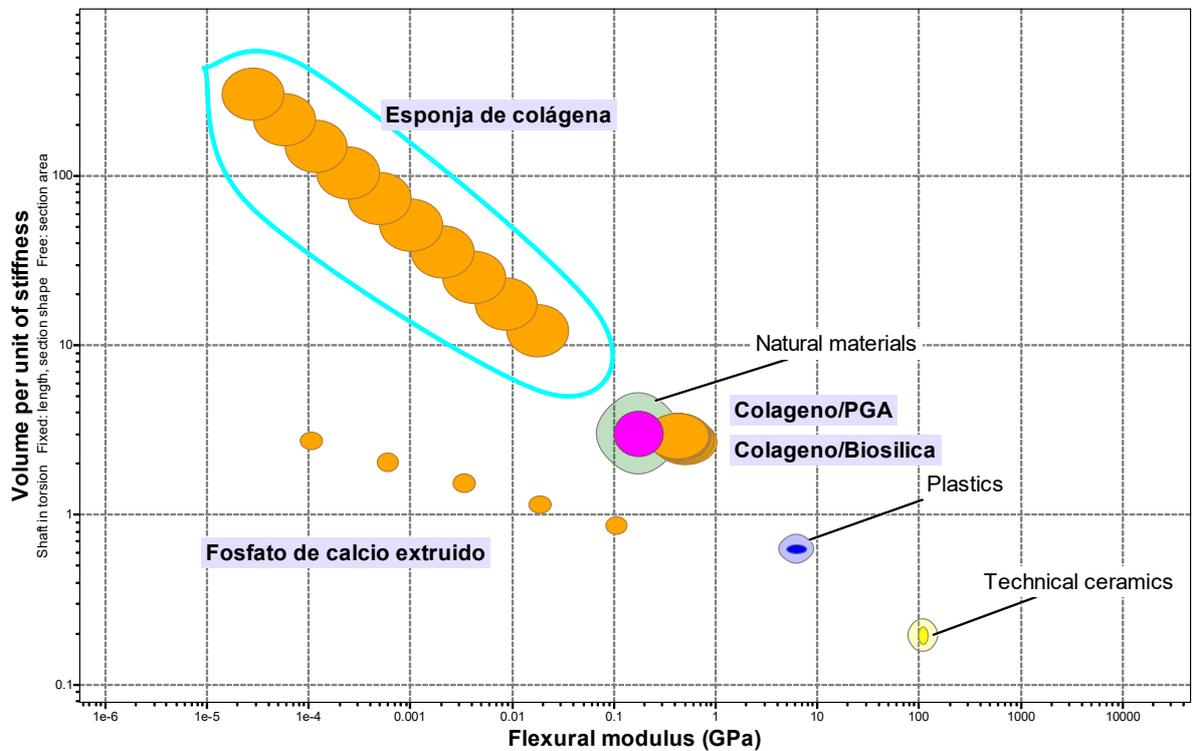
1. Guerrero-Del Angel F., et. al., Uso de la matriz derivada del esmalte (Emdogain) combinada con hidroxiapatita bovina (Nukbone) y barrera con esponja de colágena polivinilpirrolidona (fibroquel) en cirugía periapical: reporte de un caso, *Oral* 2016; 17 (55).
2. Aboy Pazos S., et. al., Regeneración pulpar en diente permanente con ápice inmaduro, RCOE, 2016.
3. Evangelos G., et. al., Regenerative endodontic therapy: a data analysis of clinical protocols, *Journal of Endodontics*, 2015, 41:2, 146-154.

6. Anexos

Gráfica 1. Comparación entre densidad y rigidez de los materiales propuestos



Gráfica 2.



Eco-friendly bike frame

Universidad Politécnica de Madrid,
Madrid, España

Tutor/a:

Jose Ygnacio Pastor Caño

Alumnos/as:

Gaël Bougeard

Carlos del Castillo Montull

Carlos Pretus Jiménez

Resumen

Since the early 21st century, the European societies are getting more concerned by the Climate Change issues. As a result, the eco-friendly transports tend to be more attractive and among them, bicycles are a suitable solution for inner cities displacements. The best example would be the Netherland's society. The cities get infrastructures such as bicycle parkings and kilometres of bicycle lane.



Contenido

1.	Objetivos	126
2.	Planteamiento del problema	126
3.	Solución propuesta.....	127
4.	Resultados y Conclusiones	128
5.	Anexos.....	129

1. Objetivos

The response we tried to get, is to present an eco-friendly bicycle for an eco-friendly public. An eco-friendly bicycle may have a lot of meanings: is this a bio-sourced bicycle? is this a recycled bicycle? or is this a bicycle with a clean production process? We decided to focus on the last one. That is to say, we focused on finding a material with a clean production process. We had access to several parameters such as: water use, embodied energy and carbon footprint. In this study, we will mainly focus on carbon footprint and embodied energy. The idea was to give a new opportunity to the consumers: "You made the first step by acting with an eco-friendly behaviour, now we are offering you the opportunity to tackle the problem at its source by reducing the carbon emission of the production process". In this study, we will only focus on the bike frame.

2. Planteamiento del problema

In order to characterize the domain in which the bicycle will be used, we set some using properties such as the temperature of use.

- Temperature of use: from -20 °C to 50 °C.

The bike frame is supposed to support bending, compression and tensions (depending on the tube we study). Here, we decided to focus our work on the tube that support the higher part of the load, the upper tube. It is this part of the bike frame that support a huge part of the load and supports a bending stress. The load to support has been calculated such as:

- Max. mass: 120 Kg => Load $P = 1\,177\text{ N}$.

- Length $L = 0,56\text{ m}$.

So, length is specified, making material and shape the free variables of our system.

3. Solución propuesta

As we have not considered the resistance of our materials to water and UV light, our selected material, balsa wood, must be painted or covered in order to avoid degradation of the properties. But on the other hand, or selected material is a natural material, ecological, can be reusable when the bicycle is not going to be used anymore and the most important feature regarding the objective of our project, has a very low ecological impact. Surprisingly, this material has enough strength and stiffness to deal with the loads that one rider can make in a bicycle.

4. Resultados y Conclusiones

Objective function: the mass is limited

Through a study of the material already used in industry, we found out that the maximum mass of the bike frame should be $m_0 = 2,5$ Kg. If we focus only on the upper tube, we get its mass $m_t = 0,52$ kg.

1st Design Constraint: No plasticity

The first constraint we can apply to our study, is to always work in the elastic domain. We do not want plastic deformation of the material. That is to say, the flexural stress must be lower than the yield stress.

2nd Design Constraint: Stiffness limited

The 2nd Design Constraint we focused on is the deflection of the tube under bending stress. From literature, we found out a maximum deflection of the tube is $\delta_0 = 1,5$ cm. Which means that our deflection should not be higher than this.

We did not select any ceramic or ceramic compound due to its intrinsic brittleness and poor fracture toughness. As everybody know, some materials have better performance in one index but it does not correspond to the other: we have conflicting constraints. As the project is not only to select a material for a bicycle frame but also to select an eco-friendly material we must compare with some other properties: embodied energy, CO2 footprint and water usage.

5. Anexos

- Objective function: the mass is limited

$$m \leq m_t \Rightarrow AL\rho \leq m_t$$

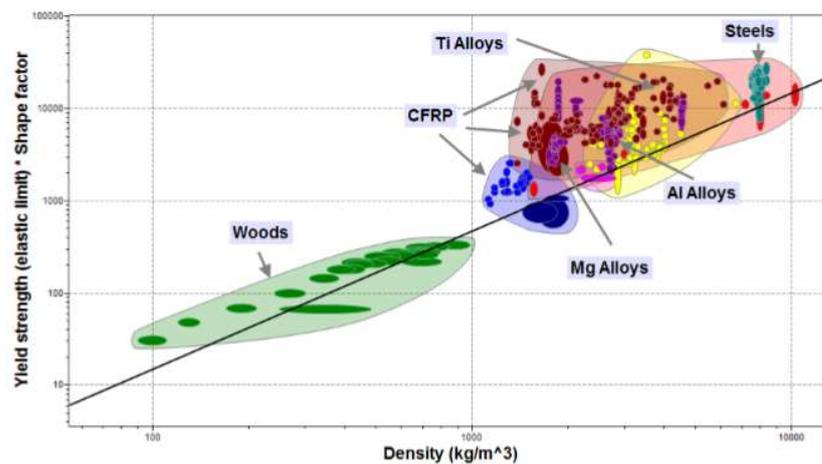
- 1st Design Constraint: No plasticity

$$\sigma_f \leq \sigma_y \Rightarrow \frac{M \cdot y_m}{I} \leq \sigma_y$$

After some operations, we concluded that we must maximize M1:

$$M_1 = \left[\frac{(\phi_B^f \sigma_y)^{2/3}}{\rho} \right]$$

Plot of M1:



- 2nd Design Constraint: Stiffness limited

$$\delta \leq \delta_0 \quad \delta = \frac{FL^3}{48EI}$$

After some operations, we concluded that we have to maximize M2:

$$M_2 = \left[\frac{(\phi_B^f E)^{1/2}}{\rho} \right]$$

Plot of M2:

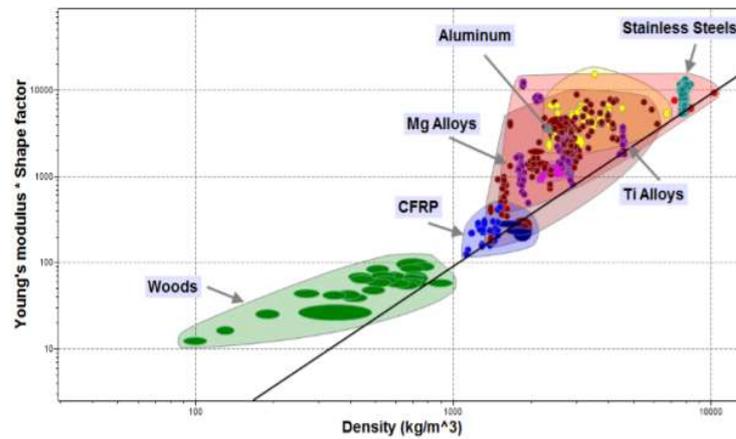


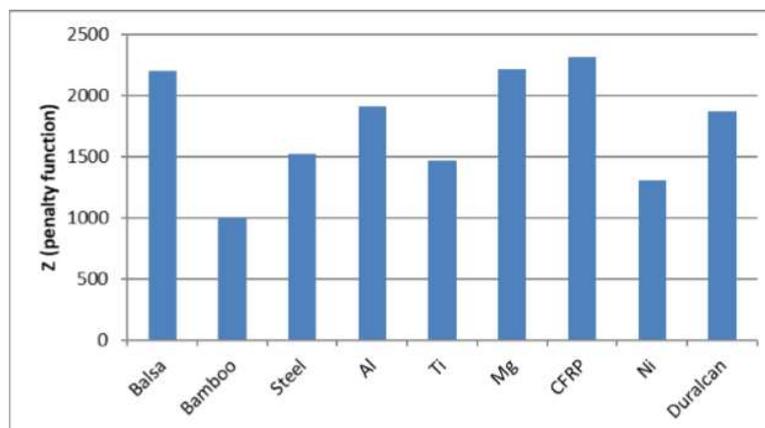
Table to choose final material for the bike frame:

Material	CO ₂ footprint (Kg/Kg)	Water usage (L/Kg)	Embodied Energy (MJ/Kg)	M ₁	M ₂
Balsa (wood)	0.633	735	12.8	966.22	1066.003
Bamboo	1.16	735	35.9	490.54	418.330
Steel (AISI 4130)	2.49	53	33.9	1030.84	449.852
Al (7075-T6)	13.8	1190	203	1501.24	398.095
Ti-0.2Pd	52.6	527	1010	1076.28	386.060
Magnesium AZ-61A	45.8	1040	329	1637.42	571.439
CFRP	45.6	1380	657	1840.45	471.788
Incoloy 800H (Nickel alloy)	5.75	119	83.3	828.40	452.520
Duralcan (Al-15Al2O3)	12.7	1060	190	1351.56	509.920

To give more importance to green routes, we created a penalty function:

$$\alpha_i = \left(\frac{\partial Z}{\partial M_i} \right)_{M_j, j \neq i} ; Z = C + \sum_i^N \alpha_i M_i$$

Final graph for material selection:



Más allá de la barrera del sonido

Universitat Politècnica de València,
Valencia, España

Tutor/a:

Elena Aznar Gimeno

Alumnos/as:

Alicia Rescalvo Galavís

Valeria Sarango Cedeño

Isabel Trigueros Hernández

Resumen

Con el objetivo de encontrar un material óptimo para el fuselaje de aviones supersónicos que reduzca los costes y cumpla con los requisitos necesarios se han realizado investigaciones, utilizando distintas fuentes, de varios materiales.

Una de ellas fue llevada a cabo con la herramienta CES EduPack, la cual no resultó muy fructuosa, y otra se realizó fuera de este software, en la cual nos hemos centrado en dos matrices compuestas de aluminio, las reforzadas de carburo de silicio y las reforzadas de grafito.

Así, se ha llegado a la propuesta de utilizar en dicho fuselaje ambas matrices reforzadas para beneficiarnos de las propiedades de una y de la otra; puesto que resultan, en muchos casos, complementarias.



Contenido

1.	Objetivos	132
2.	Planteamiento del problema	132
3.	Solución propuesta.....	133
4.	Resultados y Conclusiones	134
5.	Bibliografía	135
6.	Anexos.....	136

1. Objetivos

Objetivo general:

- Encontrar un material óptimo para el fuselaje de aviones supersónicos que abarate los costes y cumpla con los requisitos necesarios.

Objetivos específicos:

- Utilizar el software CES EduPack para la realización de test que determinarán los materiales propuestos.
- Comparar las soluciones obtenidas con los materiales usados actualmente y en los primeros modelos y razonar por qué serían óptimos las nuevas propuestas.

2. Planteamiento del problema

En la actualidad muchas compañías aeronáuticas están desarrollando proyectos con el objetivo de recuperar los vuelos supersónicos comerciales. Esto es un gran reto, pues la física a tan altas velocidades es relativamente desconocida.

Para operar por encima de Mach 1, se necesitan estructuras distintas de los aviones convencionales. A altas velocidades, la fricción del aire genera altas temperaturas, que deberán ser resistidas durante periodos de tiempo largos por las aeronaves supersónicas. Es por tanto un factor clave el desarrollo de nuevos materiales estructurales que cumplan los requisitos de resistencia, tenacidad, ligereza y durabilidad.

Además, se debe tener en cuenta la rentabilidad de dichos materiales, que compense en cierta manera el impacto económico de estas aeronaves (que conllevan un gasto de combustible superior a lo habitual).

3. Solución propuesta

Se intentará llegar a una solución que concuerde con los siguientes puntos:

- | | | |
|--|--|--|
| → Función; fuselaje de futuros aviones supersónicos que no comprometa la aerodinámica del mismo. | → Restricciones; Buena resistencia térmica ligereza y tenacidad. | → Objetivos; Minimizar costes y mejorar propiedades. |
|--|--|--|

Para números de Mach mayores que 2.5, el calentamiento por fricción de la estructura del avión por el aire llega a ser lo suficientemente alto como para que el aluminio liviano no pueda usarse para la estructura. A partir de estudiar los materiales utilizados en otros modelos (aleación de níquel en el X-15, titanio en el Lockheed SR-71 y aleaciones de aluminio en el Concorde) se ha decidido basar el estudio en aleaciones de aluminio y matrices compuestas del misma.

Utilizaremos el programa CES EduPack para realizar nuestra selección. La base de datos que más concuerda con el tema del proyecto es *Level 3 Aerospace*.

El entorno de vuelo del Concorde, el único avión supersónico comercial "viable", será utilizado para establecer los requerimientos que deban cumplir los materiales) (dos.

Requerimientos mínimos:

Basado en las propiedades de los materiales utilizados en el avión supersónico de uso comercial *Aérospatiale-BAC Concorde*.

- Módulo Elástico = min. 70,34 GPa
- Límite elástico = min. 95 MPa
- Máxima temperatura de servicio = min. 270 °C
- La densidad debería tener un valor similar a la del Aluminio (utilizado en el Concorde), pues se trata de buscar un material ligero.

Respecto al coste, el objetivo es encontrar un material de menor coste que el del titanio, y similar a la del Aluminio, pues buscamos una alternativa a las propuestas actuales.

El segundo aspecto a tener en cuenta son los coeficientes de materiales (*Material Performance Indexes*, Anexo 6.1). Después del análisis observamos que debemos maximizar los índices M1 y M2 (o minimizar sus inversos).

4. Resultados y Conclusiones

Los materiales solución que nos da CES EduPack (véase Anexo 6.2. Gráficos) son los que ya han sido utilizados (el Aluminio 2618 fue utilizado en el fuselaje del Concorde), por tanto, no hemos obtenido la alternativa que buscábamos. Es necesario, por tanto, realizar una búsqueda más amplia.

Respecto a la investigación fuera del software sobre matrices compuestas de aluminio (compuestos en los que se utiliza el aluminio como matriz y varios materiales reforzados están incrustados en la matriz), nos hemos centrado en dos, las que tienen materiales reforzados de carburo de silicio y las que tienen materiales reforzados de grafito y hemos llegado a las siguientes conclusiones:

- La dureza aumenta con el aumento de carburo de silicio, pero disminuye con el aumento de grafito. Por lo tanto, para obtener una dureza óptima del número deseado, tanto el reforzado El material puede ser utilizado en proporciones adecuadas.
- Los reforzados con el grafito muestran mejores resultados relacionados con la resistencia a la tracción en comparación con el carburo de silicio.
- El refuerzo de la matriz con los dos carburos de silicio y grafito no produce poros y es uniforme.
- La adición de grafito resulta en la disminución de la expansión térmica del compuesto.

Por lo tanto la solución planteada es usar en el fuselaje de una matriz compuesta de aluminio con carburo de silicio y grafito para beneficiarnos de las propiedades de los dos compuestos y reducir los costes.

Si comparamos esta propuesta con los materiales usados en otros aviones supersónicos, como el titanio, vemos una clara reducción de precios (el precio del titanio usado en el Lockheed SR-71 es de 17,7-18,2 €/kg lo cual es considerable alto, y respecto a las propiedades de la aleación de aluminio usado en el Concorde que redujo los costos y ahorró peso, sigue siendo aún inadecuada para algunas áreas de fuerte calentamiento donde se tenía que usar acero o titanio otra vez. Por lo tanto, invertir en la investigación y fabricación de la propuesta podría significar un gran avance en la industria de los aviones supersónicos.

Materiales	Densidad (kg/m ³)	Precio(€/kg)	Módulo de Young (GPa)	YS (MPa)	Rango de Temperatura (°C)
Ti6Al4V (SR-71)	4420-4430	17,7-18,2	111-119	1020-1270	-273 a 420
Aluminio 2618 (Concorde)	2720-2780	1,82-1,97	72-76	266-294	-273 a 300

Tabla comparativa de propiedades. Datos obtenidos de la base de datos de CES EduPack

5. Bibliografía

- 1.1 <https://grantadesign.com/teachingresources/exemwses18/>
- 1.2 <https://grantadesign.com/es/education/community/desafio-de-seleccion-de-materiales/>
- 1.3 Lecture: Airframe materials (lecture 1/3) <https://www.youtube.com/watch?v=tm-MYIRU1jl>
- 1.4 “The concorde experience” <https://www.nap.edu/read/9251/chapter/5>
- 1.5 “El entorno de los vehículos aeroespaciales”: Intro. Ing. Aero-> Resources-> Unidad 1 Aeronaves
- 1.6 “Commercial Supersonic Technology: The Way Ahead”
- 1.7 “Thermal structures and materials for high-speed flight [electronic resource]”, Thornton, Earl A., (1936-) | Washington, D.C.: American Institute of Aeronautics and Astronautics, c1992.

6. Anexos

6.1 Material Performance Indexes

· $M1 = \text{Maximizar el aislamiento térmico con } M1 = \rho C_p / \lambda$ donde λ es la conductividad térmica, ρ es la densidad y C_p es el calor específico.

· $M2 = m1 \cdot m2 \cdot m3 = \lambda K1c / (E\alpha^2)$ (expresión a maximizar)

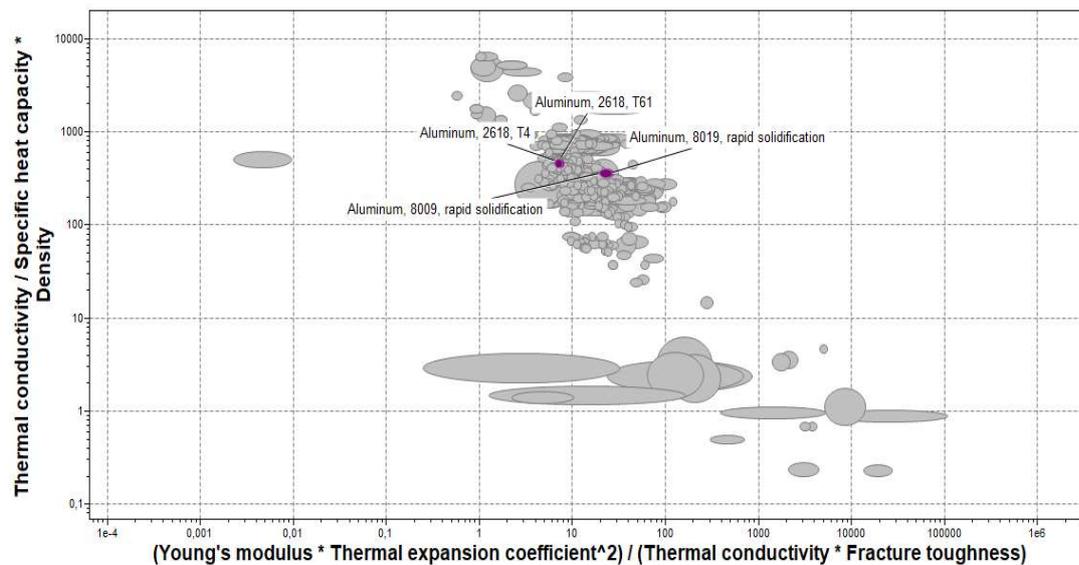
Dado un flujo de calor, trataremos de maximizar la estabilidad térmica del material, para minimizar la dilatación y las tensiones generadas por esta expansión: $m1 = \lambda / \alpha$

También es importante maximizar la resistencia a golpes de calor: $m2 = \sigma_y / E\alpha$

(λ es la conductividad térmica, α es el coeficiente de expansión térmica, σ_y es el límite elástico y E es el módulo de Young)

Además, la aeronave debe soportar la diferencia presiones entre el interior (p_{atm}) y el exterior ($p \leq p_{atm}$). Se debe maximizar la tolerancia a daños y roturas de un cilindro a presión: $m3 = (K1c) / \sigma_y$ donde $K1c$ es la tenacidad a la fractura y σ_y es el límite elástico.

6.2 Gráficos



3. Results: 5 of 686 pass	
Show:	Pass all Stages
Rank by:	Stage 3: 1 / (Price * Density)
Name	1 / (Price * Density)
Aluminum, 8009, rapid solidification	3,95e-5 - 4,08e-5
Aluminum, 8019, rapid solidification	4,05e-5 - 4,2e-5
Aluminum, 2618, T61	1,84e-4 - 2e-4
Aluminum, 2618, T6	1,84e-4 - 2e-4
Aluminum, 2618, T4	1,84e-4 - 2e-4

Materiales autorreparables en la industria aeronáutica

Universidad Politécnica de Valencia,
Valencia, España

Tutor/a:

Elena Aznar Gimeno

Alumnos/as:

Rosa Muñoz Arnau

Paloma Planelles Gironés

Lucía Valiente Casas

Resumen

Nuestro proyecto se ha basado en la búsqueda de un material autorreparable resistente y ligero para su uso en el fuselaje de una aeronave, caracterizado por su agente reparador sobre microgrietas formadas por fatiga durante el tiempo de vuelo, reemplazando así los materiales tradicionales y logrando de esta forma tanto una reducción en los costes de reparación y combustible como una mejora en las propiedades mecánicas.



Contenido

1.	Objetivos	138
2.	Planteamiento del problema	138
3.	Solución propuesta.....	139
4.	Resultados y Conclusiones	140
5.	Bibliografía	141
6.	Anexos.....	142

1. Objetivos

Al igual que cuando en una persona sufre una pequeña herida y el cuerpo humano reacciona para cerrar dicha brecha, la naturaleza está repleta de ejemplos que nos muestran materiales con la capacidad de autor repararse. Esta capacidad constituye la base de nuestro proyecto, en el cual queremos efectuar la investigación de un material autorreparable basado en polímeros entrecruzados para su uso en el fuselaje de un avión y el cual sea capaz de sellar las grietas formadas a causa de la fatiga, evitando así la inestabilidad de la aeronave. Por esto, pretendemos:

- Conseguir un ahorro en los costes de reparación de la aeronave para dar un impulso significativo al sector aeronáutico.
- Lograr una mayor flexibilidad y aerodinamismo en el aluminio para obtener un avión más ligero.
- Reducir el consumo de combustible y las emisiones contaminantes.
- Investigar los materiales con unas propiedades mecánicas similares a las del aluminio cuyas características aumenten la resistencia a la corrosión, a temperaturas elevadas, y a la humedad.

2. Planteamiento del problema

Debido a las continuas cargas mecánicas y condiciones ambientales a las que están expuestos los aviones, el fuselaje de estos comienza a presentar microgrietas cuyo crecimiento lleva a la formación de fisuras de tamaño crítico, provocando una notoria inestabilidad y, en consecuencia, su completa ruptura o la necesidad de una reparación preventiva. Este hecho, que en la historia de la aeronáutica ha supuesto numerosas averías y, por tanto, considerables costes, es nuestro principal problema a tratar. Para ser capaces de darle una solución basada en materiales autorreparables, contamos con dificultades como encontrar un material de esta familia que sea tanto lo suficientemente resistente para soportar las fuerzas a las que están sometidas las aeronaves como lo comparablemente ligero a los materiales tradicionales ya usados en esta industria de modo que influya positivamente en su aerodinamismo. Por esto, la búsqueda de nuevos materiales está en constante desarrollo.

3. Solución propuesta

Actualmente, el aluminio y sus aleaciones son clave en la construcción del fuselaje de los aviones modernos por su ligereza, resistencia y alta conductibilidad eléctrica y térmica. Comenzaremos investigando un polímero entrecruzado que sustituirá al aluminio, y que permitirá reparar las microgrietas y roturas del fuselaje en pleno vuelo.

Este nuevo material requiere para su correcto funcionamiento, primero, la selección de un par monómero catalizador concreto, y segundo, la selección de un sistema de encapsulación que proporcione: un menor módulo que el módulo de la matriz, y con un grosor suficiente para resistir las condiciones del tratamiento del material, pero a su vez, se quiebre por las tensiones generadas cuando se forme la grieta.

El material hallado funcionará de la siguiente manera: al producirse una micro fisura en el polímero entrecruzado, la grieta descubrirá microcápsulas a su paso. Si la encapsulación de la microcápsula dispone de un módulo elástico menor al de la matriz, las tensiones producidas son tales que la grieta será atraída a las microcápsulas. Así mismo, si el grosor del encapsulamiento es el adecuado, la grieta fracciona la microcápsula creando un derrame del líquido reactivo. De esta manera, la grieta se llena de líquido por acción capilar mientras el catalizador en la matriz se disuelve en el líquido reactivo e induce su polimerización creando un sólido que cubre la fisura. El nuevo polímero tendrá una adherencia considerable con el polímero entrecruzado y, por tanto, se evita la extensión de la fisura y aumenta la vida útil del material.

El polímero que mejor cumpliría con lo requerido es una fibra de carbono donde la mitad de sus fibras encapsulan la resina epoxi, y, la otra mitad al agente catalizador. Por ese motivo, Proponemos este polímero termoestable puesto que cumple con lo que buscamos: resiste el ataque de fluidos corrosivos, resiste la humedad, soporta temperaturas elevadas, tiene una baja densidad, goza de una excelente resistencia química, alta flexibilidad, posee excelentes propiedades adhesivas y atesora una buena resistencia mecánica.

La estructura reparada por este sistema recuperaría un 90% de su resistencia, un nivel idóneo para que el avión pueda continuar su trayecto con normalidad.

Por otro lado, hay que añadir otra ventaja en el uso del material propuesto para el fuselaje de la aeronave: se reduce considerablemente el peso de la aeronave y con ello, disminuye el consumo de combustible y las emisiones contaminantes en un 5%.

Además, planteamos añadirle a la resina epoxi un colorante fluorescente, que permita descubrir las pequeñas micro fisuras formadas difícilmente visibles a primera vista para mejorar la eficiencia de la inspección y el mantenimiento del avión.

4. Resultados y Conclusiones

Para empezar, sabemos que el líquido que debe ir encapsulado tiene que ser una resina epoxi por sus características adhesivas. Para seleccionar la que más se adecúe a nuestras necesidades, comparamos el límite elástico y la dureza de fractura de los materiales epoxi y phenolic. (gráfico 1).

A partir de aquí decidimos escoger los cuatro con mayor resistencia para realizar la investigación. (gráfico 2).

Después de asegurarnos de que la fibra de carbono tiene el límite elástico más alto, comparamos la dureza y el módulo flexural (gráfico 3) y vemos que el más flexible es la fibra de carbono. Esto significa que la fibra de carbono tendrá la capacidad de adaptarse con facilidad a diversas circunstancias y situaciones.

Además de todo lo anterior, la fibra de carbono es el material más barato de los propuestos como se puede ver en el gráfico 4. Esto significa que además de que la resina supondrá un ahorro en los costes de reparación y en el consumo de combustible como hemos explicado anteriormente, supondrá además un ahorro en su compra.

Comparamos la dureza y el módulo flexural, y vemos que el más flexible es la fibra de carbono. Esto significa que la fibra de carbono tendrá la capacidad de adaptarse con facilidad a diversas circunstancias y situaciones. adaptarse con facilidad a diversas circunstancias y situaciones. Además de todo lo anterior, la fibra de carbono es el material más barato de los propuestos como se puede ver en el gráfico 4.

Por último, examinamos el Módulo de Young de las distintas resinas epoxi y concluimos que la fibra de carbono tiene un mayor Módulo de Young lo cual supone que es el polímero más rígido, por tanto, significa que no sufre deformaciones por efecto de fuerzas externas, es decir, contiene un sistema de partículas cuyas posiciones relativas no cambian. (gráfica 5).

5. Bibliografía

- Pashley, D. W., (2001) Imperial College Inaugural Lectures in Materials Science and Materials Engineering, London, UK, Imperial College Press.
- Campbell, F. C. , (2006) Manufacturing Technology for aerospace structural materials, Oxford, UK, Elsevier.
- Gutowski, T. G., (1997) Advanced composites manufacturing, Cambridge, MA, USA, Wiley-Interscience.
- Miravete, A., (2000) Materiales compuestos I, Zaragoza, España, INO Reproducciones.
- Miravete, A., (2000) Materiales compuestos II, Zaragoza, España, INO Reproducciones.
- <https://es.gizmodo.com/por-que-un-billete-de-avion-cuesta-tanto-dinero-no-n-1775984468>
- - <https://www.ultimahora.es/noticias/economico/2018/01/19/321459/globalia-mantenimiento-itv-aviones.html>
- - <https://www.termiser.com/mantenimiento-de-aviones-comerciales/>
- <https://vuelasinmiedo.es/aviacion/mantenimiento-de-aviones/>
-
- - <http://nosoloingenieria.com/el-fenomeno-de-la-fatiga-la-pesadilla-de-los-ingenieros/>
- <https://www.elimparcial.es/noticia/99166/economia/los-a380-de-airbus-tendran-que-ser-revisados-por-un-problema-de-grietas-.html>
- https://elpais.com/economia/2014/03/07/actualidad/1394229120_311330.html
- <https://cordis.europa.eu/project/rcn/111157/brief/es>
- <https://prezi.com/lhwtcv8kc5s-/materiales-fuselaje/>
- <http://technalloy.es/las-aleaciones-de-aluminio-en-la-aviacion/>
- <https://blogthinkbig.com/la-fibra-de-carbono-como-revolucion-en-la-aviacion>

6. Anexos

Gráfico 1

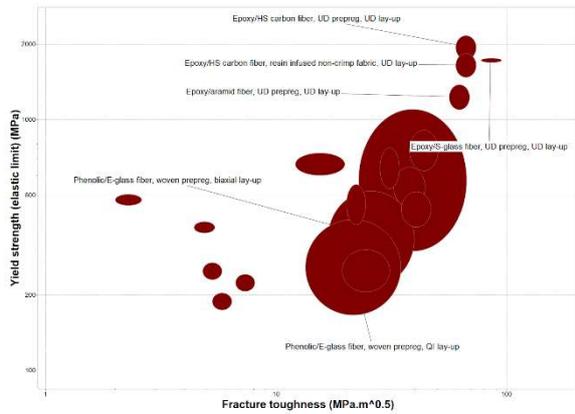


Gráfico 2

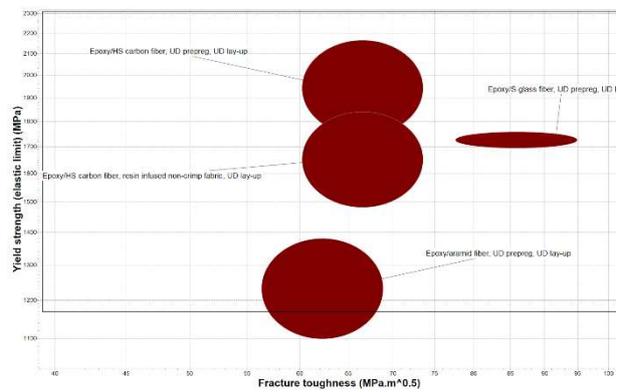


Gráfico 3

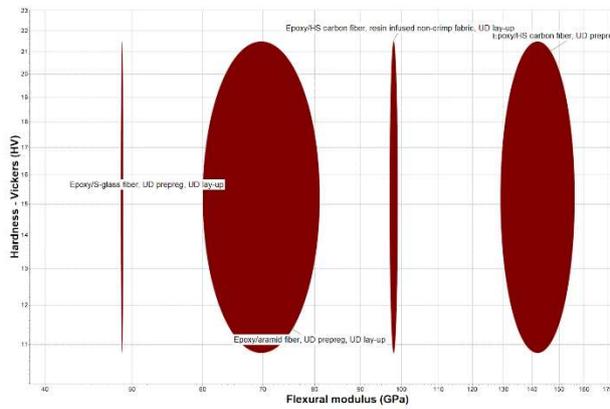


Gráfico 4

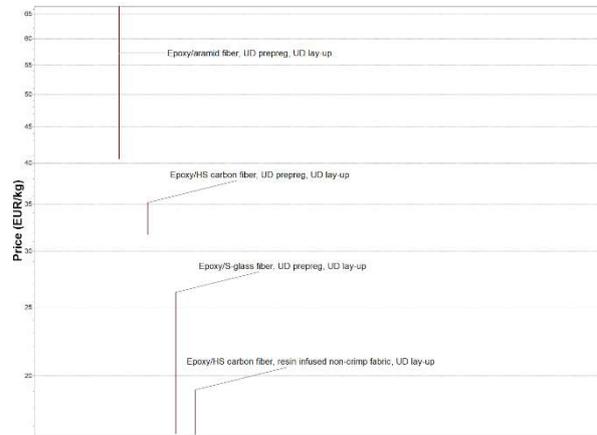
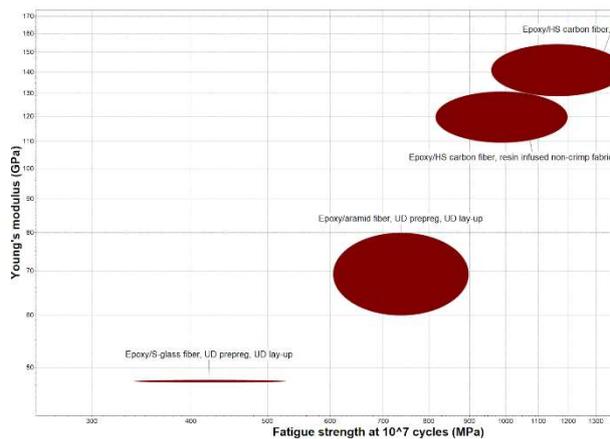


Gráfico 5



Materials for a wind turbine

Universidad Politécnica de Madrid,
Madrid, España

Tutora:

Antonia Martín

Alumnos/as:

Lalit Pun

Andrea Gómez Fernández

Elena Botica Artalejo

Resumen

Among the various forms of renewable energy, one promising type is wind power. To increase energy density in order to meet increasing electricity demands, increasingly large-scale designs for wind turbines have been developed in recent years. Wind turbine towers of larger sizes can generate more electricity, but such large sizes also create higher costs in terms of development and maintenance. The towers are massive structures and can represent as much as 65% of the weight of the turbine, this report deals with the material selection process of the wind turbine towers with the main objective of reducing mass as well as price because More recently, the design space has also been expanded abundantly due to increasing number of materials. Before we start, we did some SWOT analysis and then thought about the process for the material selection. It's observed that exist a huge possibility to make a good inversion in this product, due to its great strength and opportunities in spite of its drawbacks that are less. So, for this reason, as there are more pros, we have a positive SWOT analysis for our product. Then, CES EduPack was used in order to select the best material for this application.



Contenido

1.	Objetivos	144
2.	Planteamiento del problema	144
3.	Solución propuesta.....	144
4.	Resultados y Conclusiones.....	145
5.	Bibliografía	146
6.	Anexos.....	147

1. Objetivos

Nowadays, wind turbine structures are large size structures, so the main objective of this project is minimizing mass and minimize cost.

2. Planteamiento del problema

Main points that everyone should take into account while designing a product are:

- **Function:** To support the turbine blades and generator. So, the primary function of the tower is that of a column under compression. They are exposed to corrosive and another challenging environment. So, they need to survive these challenges over their lifetime.
- **Constraints:** Temperature range: -20°C to 60°C , resistance to rain and corrosion, non-conductive material, fracture toughness $\geq 15 \text{ MPa m}^{1/2}$, fatigue Limit $\geq 150 \text{ MPa}$, density $\leq 7500 \text{ Kg/m}^3$, must not buckle and must not fail in high winds
- **Free Variable:** Diameter of the tower and choice of the material

3. Solución propuesta

Tower is the heaviest component of wind turbine and it endures 2 different kinds of loading. Firstly, it endures highly turbulent aerodynamic loads and numerous fatigue cycles over the design life. Other than this, there is also additional gravitational loading due to rotor and nacelle structure (both onshore and offshore). Most important ones out of these loadings encompass aerodynamic bending and stability/buckling loads. Accordingly, tower material selection is formulated based on axial deformation and buckling constraints. So, a coupling factor will be needed. The wind turbine tower is designed as a thin-walled hollow tubular sections because of its superior structural properties. The towers are conical (i.e. with their diameter increasing towards the base) in order to increase their strength and to save materials at the same time. To calculate the axial deformation and the buckling loads, with height L , mean outer diameter, D , and mean wall thickness, t . For bending constraint, tower length, L , and mean wall thickness, t , are considered fixed whereas mean outer diameter, D , is assumed as free variable. F indicates aerodynamic load due to wind and rotor drag and M indicates tower base bending moment due to corresponding force. It is important to be noted that though onshore wind turbine experiences less wind speed and more turbulence in comparison to their offshore counterpart.

So, we get the mass of the tower, length and other important parameters from the manufacturer datasheet. As there are 2 loads, there are two material indices for each performance objective due to multiple constraint design (more constraints than free variable). Nevertheless, for the same objective, multiple constraint based different equations should provide only one unique property measure as tower material ultimately maintains uniquely one numerical value of weight and cost. Hence, available material indices need to be coupled to find only one measure. So, from eq. (4) and (9), we have eq. (10), that finally is eq. (12). And considering at the same time both types of loads, buckling load and bending load. The next graph is $\frac{\rho}{\sigma^{1/2}}$ versus $\frac{\rho}{E^{1/3}}$ respectively for both loads with the coupling constant of 6.29 as shown in equation 12. With this type of graph, we can evaluate the material with the best performance under bending and buckling acting at the same time, that is the real case of a wind turbine. Then we applied the constraints like minimum fracture toughness, corrosion resistant, maximum and minimum operating temperature and density. From this point if we add price as a characteristic in the axis, we will be able to order materials with the best performance and lowest price.

On Figure 6 we can see at the bottom left corner there are the materials with the best properties per unit of mass and with the lowest price. So, for this reason our selection will be all over that region in order to fulfil both of our requirements, minimize cost and minimize mass. It can be easily seen that the most suitable materials with the lowest price and density are mostly stainless steels. And on the top right side of the graph, there is also composite, but it is too expensive for the application in our case. At the moment we have 7 materials and the final selection is done by manufacturing process and joining method. To manufacture this kind of tower, the plate is rolled into a conical subsection. It is a bit tricky to achieve the conical shape since the tension (pressure) of the rollers has to be different at the two sides in order to make the plate bend properly. Towers are usually manufactured in 20 to 30 m section the limiting factor being transportation on roads or rail. So, the manufacturing process and joining method required to design the wind turbine tower is mentioned below: Metal hot forming, Excellent surface finish and Joining is done by welding. After applying manufacturing conditions only one stainless steel is available. The suitable material for the construction of wind turbine tower is annealed ferritic stainless steel, AISI 446.

4. Resultados y Conclusiones

The suitable material for the construction of wind turbine tower is annealed ferritic stainless steel, AISI 446. And its composition overview of our material is shown below: Fe69-77/Cr23-27 (impurities: Mn<1.5, Si<1, Ni<0.75, N<0.25, C<0.2, P<0.04, S<0.03)

Its material family is metal (ferrous) and the base material is Fe (Iron). It is important to take into account the fabrication condition, in this case is by annealed or annealed and cold or hot finished. This material is used in piping and heat exchanger tubing, processing of potentially corrosive liquids (chemicals, oil, beverages, and sewage), structural uses in corrosive environments (nuclear plants, ships, offshore oil installations, underwater cables) and pipes. The price that this material has is between 1.36 to 1.43 €/kg, so it is a reasonable price to our project.

Stainless steel family has excellent corrosion and oxidation resistance. It has wide choice of mechanical properties and high creep and rupture strengths. This family has an attractive appearance which requires little effort to maintain. They do not become brittle at low

temperatures, so it is so important for us because they could work in very cold environments. But they have some limitations too, for example, high cost, low thermal conductivity increases problems of distortion residual stress from thermal treatments and, many grades are susceptible to local corrosion and brittleness under certain conditions. Stainless steels can be formed by hot-rolled, extruded, deep drawn and forged. They generally have good cold-forming characteristics, but formability decreases with increasing Cr content. Low carbon grades have superior formability compared to other grades. And the last point is the joining, in this case you can do it by welding, soldering, brazing, adhesive-bonding, and fastening are all possible.

Ferritic steel is a part of stainless-steel family, and it is produced at all temperatures below solidification due to the addition of the ferrite-stabilizer chromium and low levels of carbon. It has lower cost than other stainless steel, so it is important for us, because we need a huge amount of this material to fabricate the wind turbine tower. It has good ductility and is resistant to chloride stress corrosion cracking. However, it presents limitations, poorer high-temperature mechanical properties and it has limited strength. It should not be used where toughness is critical-especially at low temperatures and in heavy sections. Generally, it has less corrosion resistant than austenitic. In the forming process, ferritic materials have problems with hot-working, particularly forging, due to rapid grain growth. Moderate formability due to their moderate ductility. Referring to joining process, ferritic materials are weldable but prone to grain growth.

Detailed properties can be found in CES EduPack software, but as space is limited are not shown here.

5. Bibliografía

[1] Yao Hsua, Wen-Fang Wu, Yung-Chang Chang. Reliability Analysis of Wind Turbine Towers. 37th National Conference on Theoretical and Applied Mechanics (37th NCTAM 2013)

[2] A. Rashedi, I. Sridhar, K.J. Tseng, Multi-objective material selection for wind turbine blade and tower: Ashby's approach, *Materials and Design* 37 (2012) 521–532

[3] Office of Industrial Technologies, US Department of Energy, Wind Turbine - Materials and Manufacturing Fact Sheet, August 29, 2001

[4] <https://study.com/academy/lesson/what-is-wind-energy.html> [Accessed on 17 Nov. 2018]

[5] Sungjin Lim, Changduk Kong, Huynbum Park. A Study on Optimal Design of Filament Winding Composite Tower for 2 MW Class Horizontal Axis Wind Turbine Systems. *International Journal of Composite Materials* 2013, 3(1): 15-23

[6] https://www.ceoe.udel.edu/File%20Library/Research/Wind%20Power/ProductbrochureV90_3_0_UK.pdf [Accessed on 19 November 2018]

[7] CES EduPack 2018 software, Granta.

6. Anexos

1.1 6.1. Formulas

Tower mass	$m = \pi D L t \rho$	(1)
Bending stress due to rotor	$\sigma = \frac{M y}{I} = \frac{\frac{F L D}{2}}{\frac{\pi D^3 t}{8}} \rho$	(2)
	$D^2 = \frac{4 F L}{\pi t \sigma} \rho$	(3)
Bending mass minimization	$m = (4 \pi F L^3)^{1/2} \frac{\rho}{\sigma^{1/2}}$	(4)
Bending mass minimization index	$m \leq \frac{\rho}{\sigma^{1/2}}$	(5)
Bending index	$\frac{\rho}{\sigma^{1/2}}$	(6)
Buckling load	$F_b = \frac{\pi^2 E I}{4 L^2} = \frac{\pi^3 E D^3 t}{32 L^2}$	(7)
	$D^3 = \frac{32 F_b L^2}{\pi^3 E t}$	(8)
Buckling mass minimization	$m = (32 F_b L^5 t^2)^{1/3} \frac{\rho}{E^{1/3}}$	(9)
	$\frac{\text{Mass due to axial deformation}}{\text{mass due to bukling load}} = \frac{(4 \pi F L^3)^{1/2} \frac{\rho}{\sigma^{1/2}}}{(32 F_b L^5 t^2)^{1/3} \frac{\rho}{E^{1/3}}}$	(10)
Coupling constant	$\frac{(4 \pi F L^3)^{1/2} \frac{\rho}{\sigma^{1/2}}}{(32 F_b L^5 t^2)^{1/3} \frac{\rho}{E^{1/3}}} = \frac{(4 \pi * 960000 * 80^3 * 0.28)^{1/2} \frac{\rho}{\sigma^{1/2}}}{(32 * 1110000 * 80^5 * 0.28^2)^{1/3} \frac{\rho}{E^{1/3}}}$	(11)
Coupling constant	$\frac{\rho}{\sigma^{1/2}} = 6.29 \frac{\rho}{E^{1/3}}$	(12)

1.2 6.2. Graphs

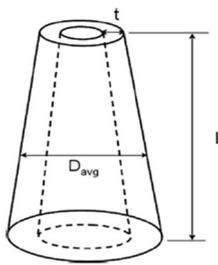


Figure 1. Schematic diagram of tapered tower with hollow tubular cross section [2]

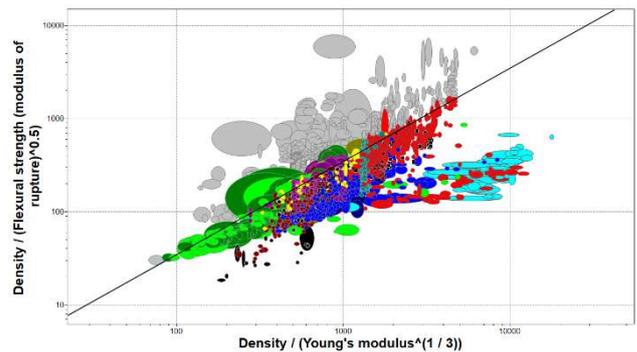


Figure 2. Step 1 of material index on axial deformation vs. material index on buckling (mass minimization).

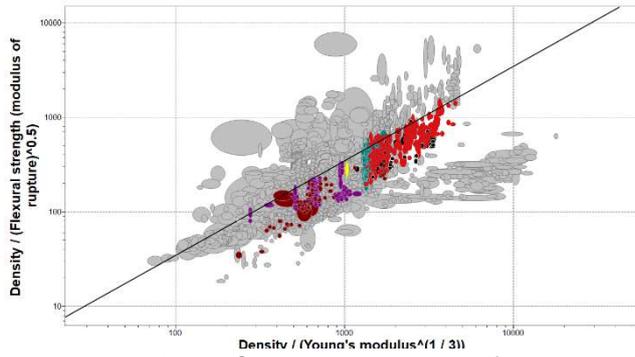


Figure 3. Step 2 of mass minimization with constraints

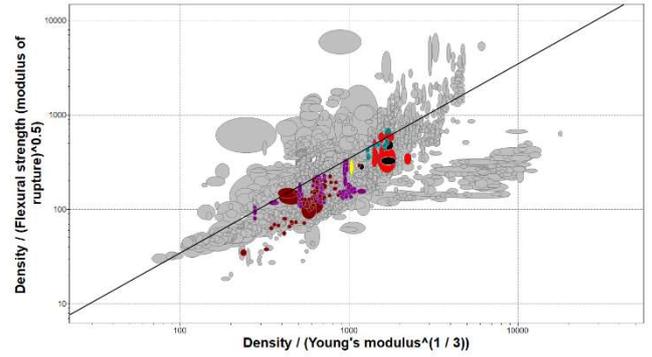


Figure 4. Step 2 of mass minimization using maximum density as constraint

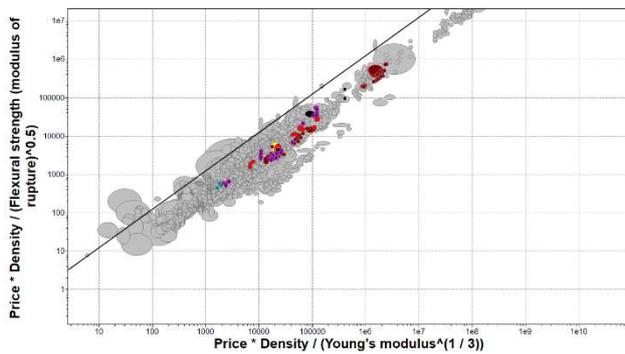


Figure 5. Final graph of mass and cost minimization

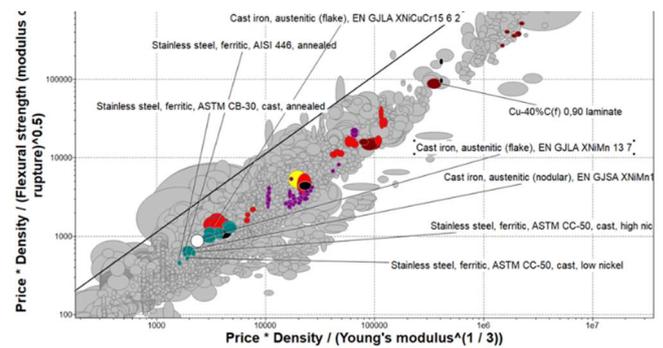


Figure 6. Materials with mass and cost minimization

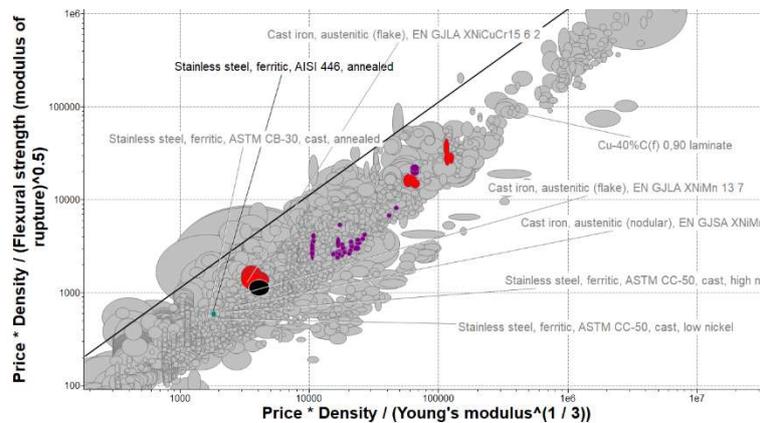


Figure 7. Final selection of material

6.3. Manufacturer Datasheet

- Mass of the tower = 160 tons
- Aerodynamic force due to wind and rotor drag= 960 KN
- Length of the tower= 80 m
- thickness, $t = 0.28\text{m}$
- Total force due to aerodynamic loading (nacelle and rotor) – $P = 1110\text{ KN}$

Model: Vestas V90-3.0 MW turbine is designed for both onshore and offshore conditions

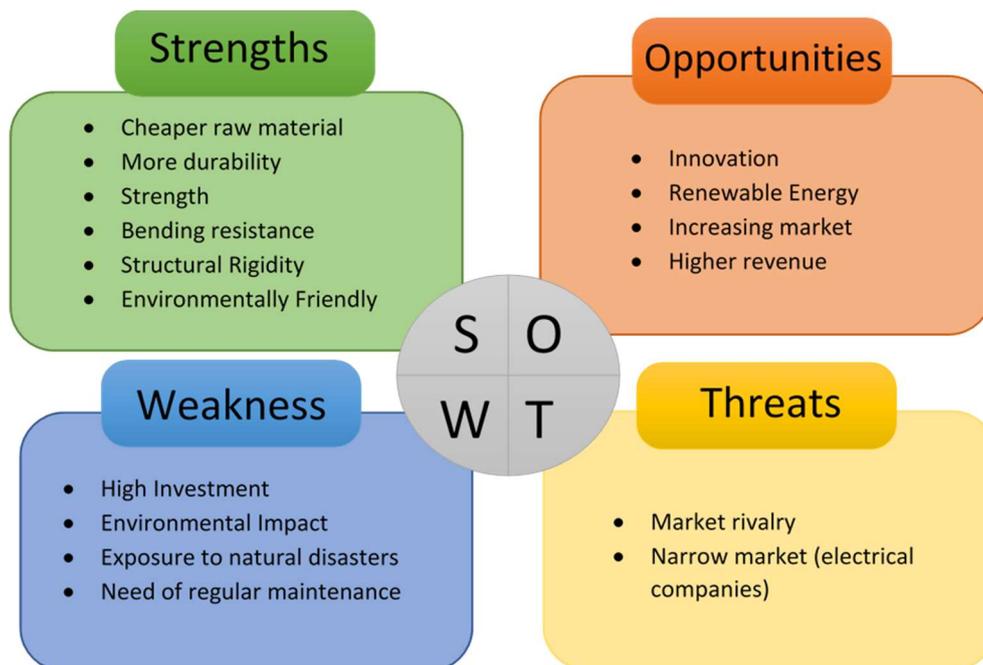
6.4. Constrains apply on CES EduPack

- Fatigue Strength ≥ 150 MPa
- Adequately tough, $K_{Ic} \geq 15$ MPa.m^{1/2}
- Density ≤ 7500 Kg/m³
- Water resistant: Excellent
- Operating temperature (-20 °C to 60 °C)

6.5. Pre-selected materials (prior to final decision)

- Stainless steel, ferritic, ASTM CB-30, cast, annealed
- Stainless steel, ferritic, ASTM CC-50, cast, low nickel
- Stainless steel, ferritic, AISI 446, annealed
- Cast iron austenitic (nodular)
- Cast iron, austenitic (flake), EN CJLA XNiMn 13 7
- Cast iron, austenitic (flake), EN GJLA XNiCuCr15 6 2
- Cu-40%C(f) 0,90 laminate
-

6.6. SWOT analysis



Proceso de selección de bio-elastómeros de origen natural para aplicaciones en el calzado

Universidad EAFIT,
Medellín, Colombia

Tutor:

Juan Camilo Múnera Ossa

Alumnos:

Simón Carmona Carvajal

Andrés Raomir Fuentes Hernández

Laura Mejía Vargas

Resumen

Es este trabajo se desarrolla un proceso de selección de materiales biodegradables con características elastoméricas para ser utilizados en aplicaciones en la industria del calzado. Los requerimientos establecidos para este diseño fueron extraídos de la normativa colombiana vigente y que establece los estándares que deben cumplir los materiales que vayan a utilizarse en el calzado. Los procesos de selección fueron realizados con base en análisis hechos sobre diagramas desarrollados en el Ces Edu Pack. Dichos análisis permitieron seleccionar los polímeros óptimos para esta aplicación.



Contenido

1.	Objetivos	151
2.	Planteamiento del problema	151
3.	Solución propuesta.....	152
4.	Resultados y Conclusiones	153
5.	Bibliografía	154
6.	Anexos.....	155

1. Objetivos

OBJETIVO GENERAL:

- Formular mediante el software CES EduPack una alternativa a las suelas de zapatos actualmente utilizadas en la industria, fabricadas mayormente de polímeros; que sea amigable con el medio ambiente, además, examinar los bioelastómeros para su posible selección.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Estimar por medio de la herramienta de CES EduPack: Eco Audit, el impacto ambiental del material seleccionado.
- Comparar los polímeros actualmente usados por la industria para la fabricación de suelas de zapatos, con los bioelastómeros seleccionados anteriormente por el software.
- Fundamentar la selección del material en las normas NTC. para la fabricación de zapatos.

2. Planteamiento del problema

Anualmente se registra una producción cercana a los 23.5 billones de pares de zapatos en el mundo, los cuales están hechos con suelas que no son biodegradables ni reciclables; con materiales como EVA, látex, PVC, cuero, poliuretano, entre otros. Según un estudio europeo hecho por "Life+ CO2Shoe" se estima que la cantidad de emisiones de gases contaminantes liberados a la atmosfera anualmente es de 250 millones de toneladas, es decir, 10,6 kg de CO2 y otros gases por un par de zapatos. Por tal motivo, surgió la idea de crear una solución que pueda ayudar a disminuir todos los factores contaminantes desde la recolección del material hasta el fin de su vida útil para disminuir la huella de carbono.

3. Solución propuesta

Aplicando la metodología de selección de materiales de Mike Ashby, se comenzará la solución del problema, enmarcándolo en términos de función, objetivo y restricciones:

Función: La suela es la parte del zapato que está en contacto directo con el suelo y es la encargada de separar y proteger la planta de los pies de cualquier elemento en el piso que pueda lastimarla; además, es necesario que cuente con un alto coeficiente de fricción que permita un agarre adecuado minimizando el riesgo de resbalarse.

Objetivo: Se desea maximizar la resistencia a la tracción, el porcentaje de elongación, minimizar la huella de carbono y precio.

Restricciones: El material debe ser elastomérico o polimérico y principalmente debe ser reciclable y biodegradable, también debe de cumplir todas las normas NTC 2038 (tercera actualización) para la fabricación de suelas de zapatos, la cual dice que las suelas deben de cumplir con unos requerimientos como resistencia a la tracción, porcentaje de elongación, etc.

Con base a los requerimientos para el nuevo material se buscó en el CES EduPack, y aunque no se encontró un material clasificado como elastómero que fuese biodegradable, se extendió la búsqueda a polímeros, teniendo en cuenta que un elastómero es un polímero muy elástico; esto con el fin de cumplir el objetivo de encontrar un material biodegradable con una elasticidad suficiente para ser usado como suela de zapato. Utilizando la herramienta del software para filtrar en primera instancia materiales poliméricos que cumplieran las condiciones de ser reciclable y biodegradable, CES EduPack arrojó como resultado 12 materiales que fueron comparados con los más comunes actualmente en la industria para la fabricación de suelas de zapatos, algunos de los filtros utilizados fueron: el precio, la huella de carbono, la resistencia a la tracción (mayor a 8MPa) y porcentaje de elongación (mayor a 400%); filtrando así los materiales que cumplieran con las normas NTC 2038 (ver anexo 1).

Como resultado a esta investigación el material seleccionado es la Policaprolactona (PCL), el cual es un poliéster alifático biodegradable; se evaluó este material con la herramienta Eco Audit del CES EduPack, que sirve para evaluar el impacto ambiental de las suelas fabricadas con este. (ver anexo 2).

A pesar de que el objetivo era seleccionar un material clasificado como elastómero de origen natural que fuera biodegradable y reciclable, se encontró que el PVC es el elastómero que cumple la mayoría de los requerimientos, sin embargo, no es biodegradable y su origen no es natural (ver anexo 3). Si bien el PCL no es un elastómero, tiene características muy parecidas, como el coeficiente de Poisson que toma valores cercanos a 0.5.

4. Resultados y Conclusiones

Como resultado no se encontró ningún elastómero que fuese biodegradable por medio de la herramienta CES EduPack, no obstante, se halló uno que es amigable con el medio ambiente y se conoce como PVC o policloruro de vinilo, este es un material con el que se fabrican las suelas de zapatos actualmente, y puede ser reciclado. Aun así, se tuvo la iniciativa de seguir buscando un material que fuese biodegradable y que cumpliera con la Norma Técnica Colombiana establecida para las suelas de zapatos de calle, cumpliendo así las características mínimas que se deben cumplir para su óptimo desempeño, la investigación arrojó como resultado un polímero llamado PCL o policaprolactona, este cumple con todos los requisitos mencionados durante el texto anterior; hay que mencionar además que este posee propiedades bastante similares a las de un elastómero utilizado para hacer suelas, siendo este biodegradable y reciclable, pero no de origen natural. No obstante, este puede llegar a ser una excelente alternativa para reemplazar los materiales utilizados actualmente para la fabricación de suelas de zapatos que generan una gran huella de carbono.

5. Bibliografía

Ashby M. Professor, "Materials Selection in Mechanical Design", 5th edition, Elsevier Butterworth-Heinemann, Oxford, UK, 2016.

Software Granta CES EduPack 2017 para selección de materiales para ingeniería.

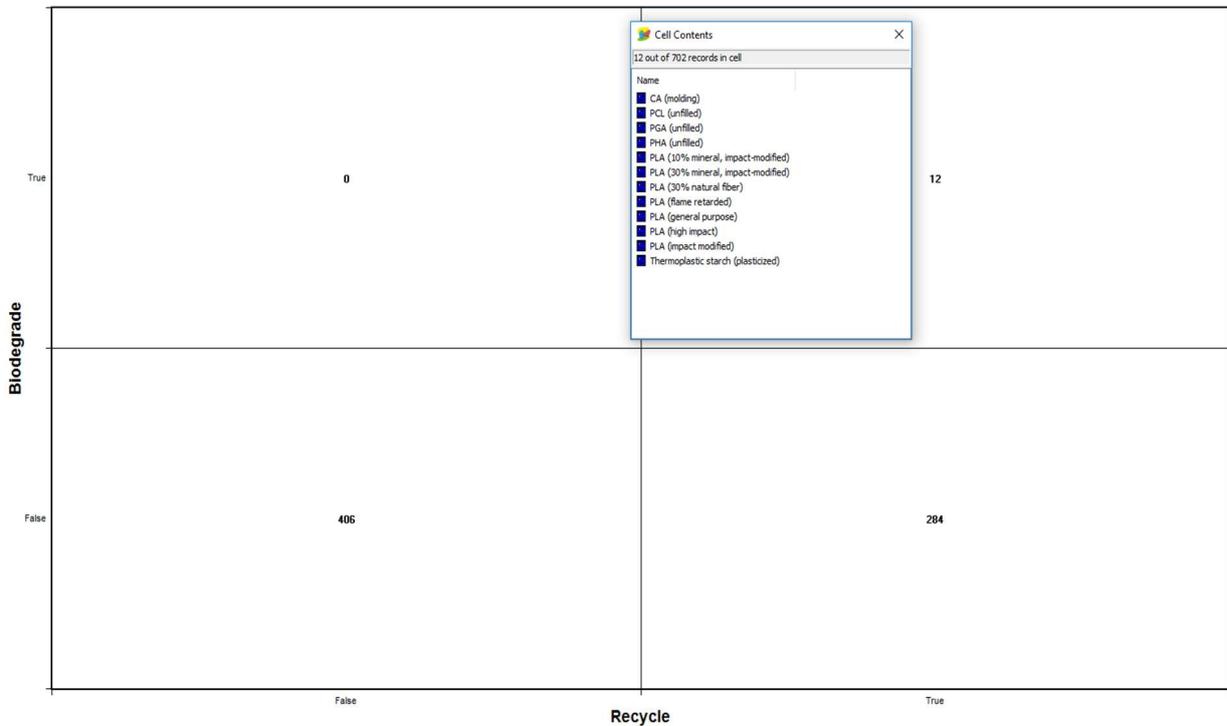
Estadísticas producción de zapatos:

<https://www.worldfootwear.com/news/world-footwear-production-resumed-growth-3302.html>

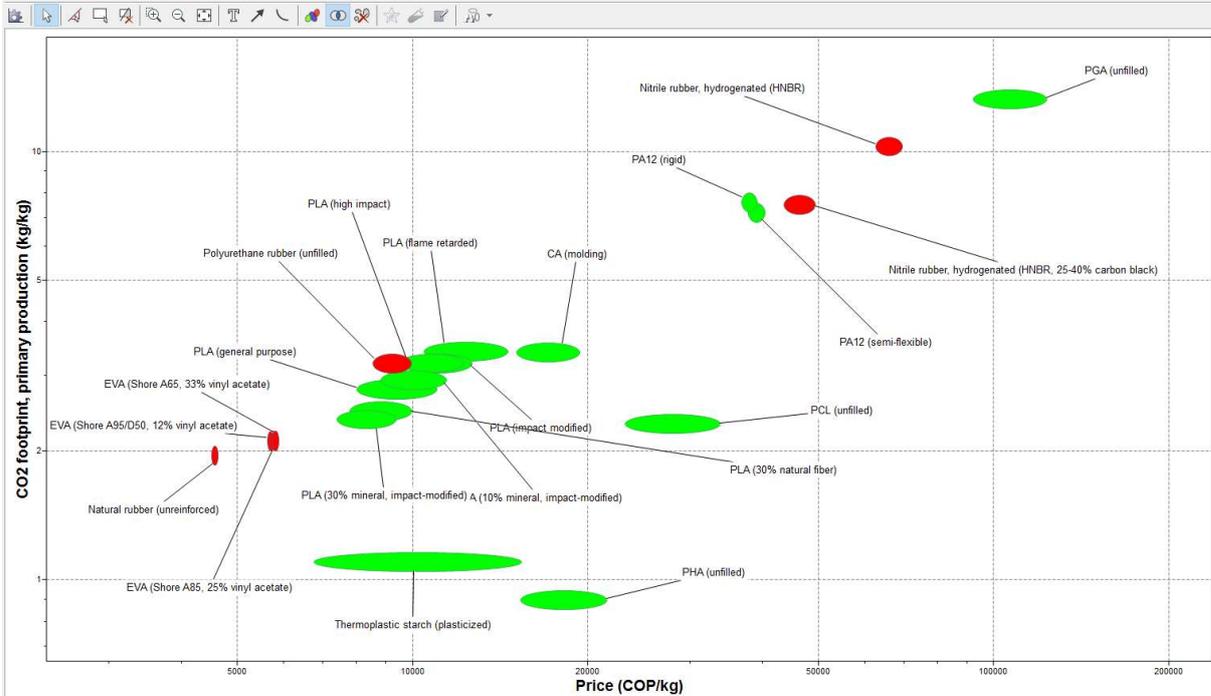
Norma 2038 de las Normas Icontec NTC: CALZADO DE CALLE. REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO.

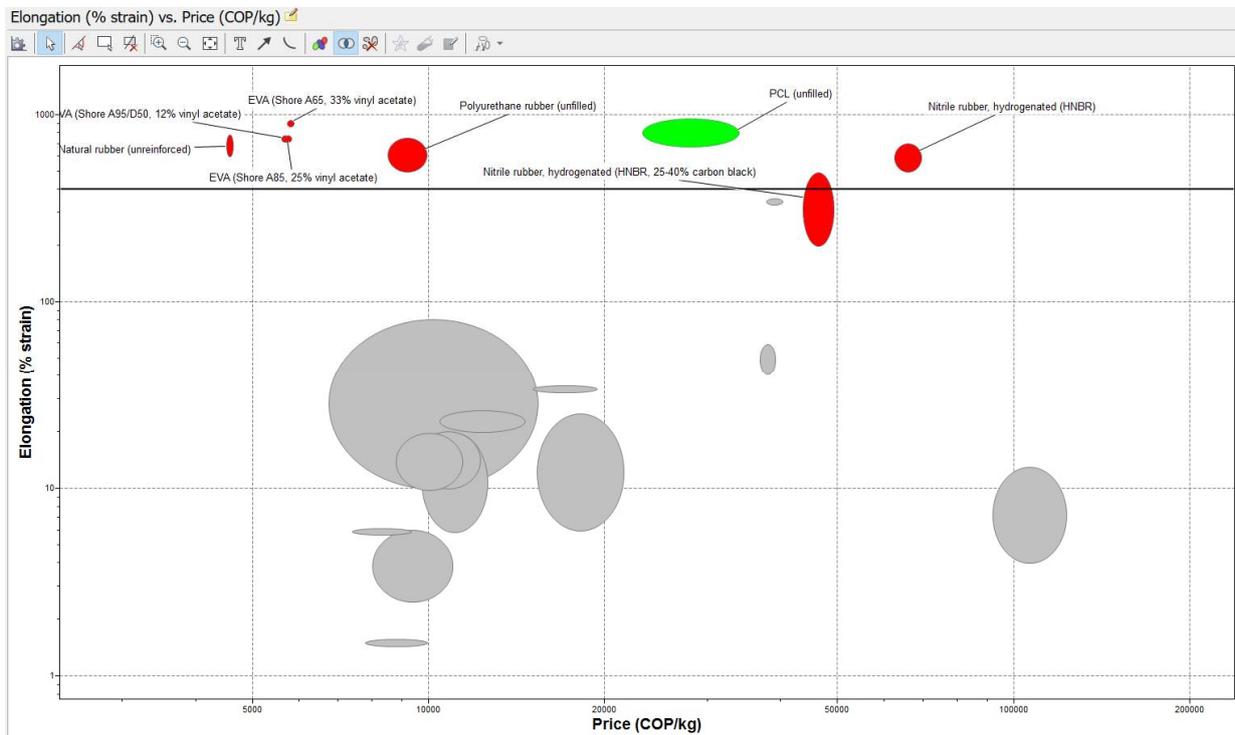
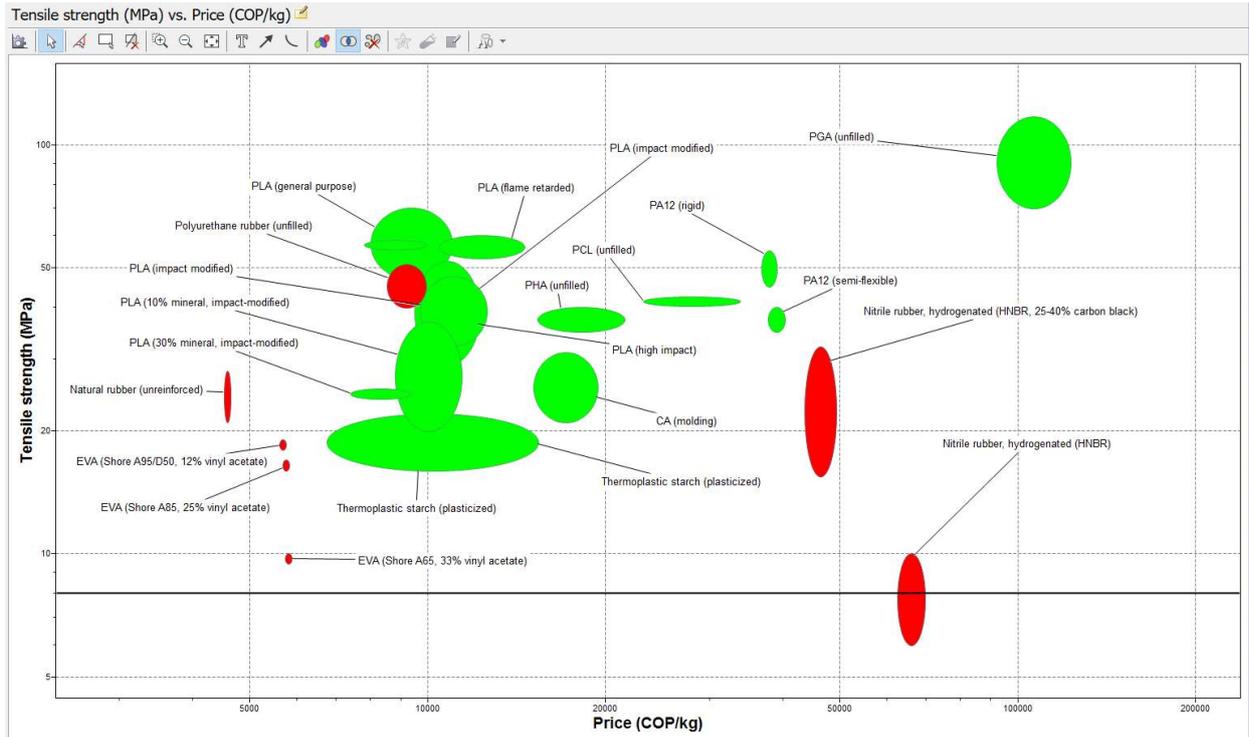
6. Anexos

Anexo 1: Aplicación CES EduPack, Resultado: PCL.



CO2 footprint, primary production (kg/kg) vs. Price (COP/kg)

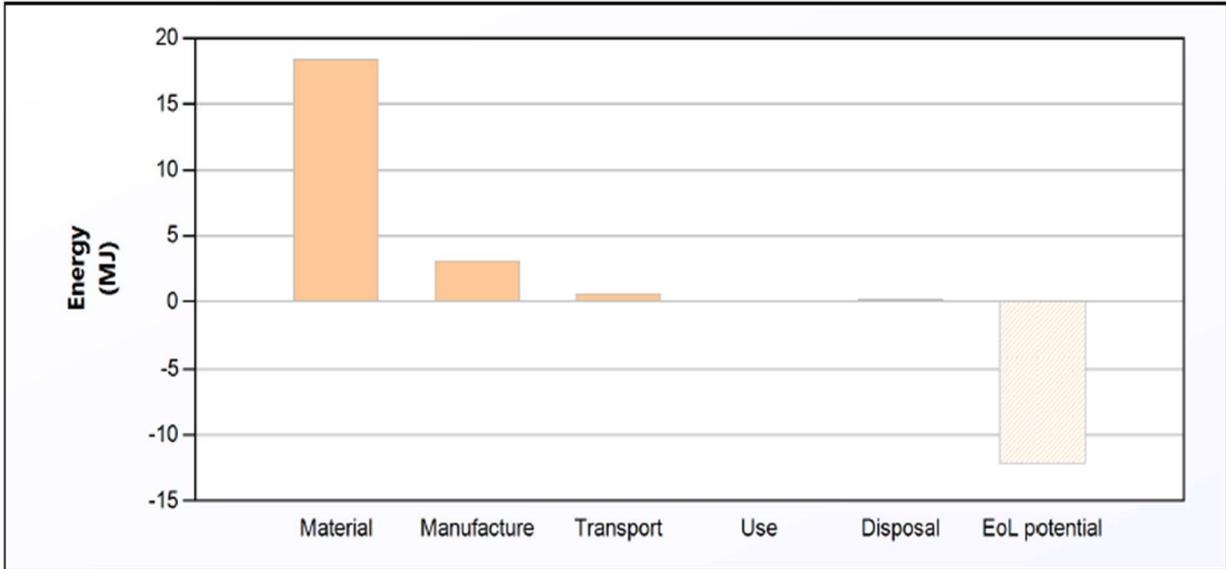




Anexo 2: PCL, Eco Audit.

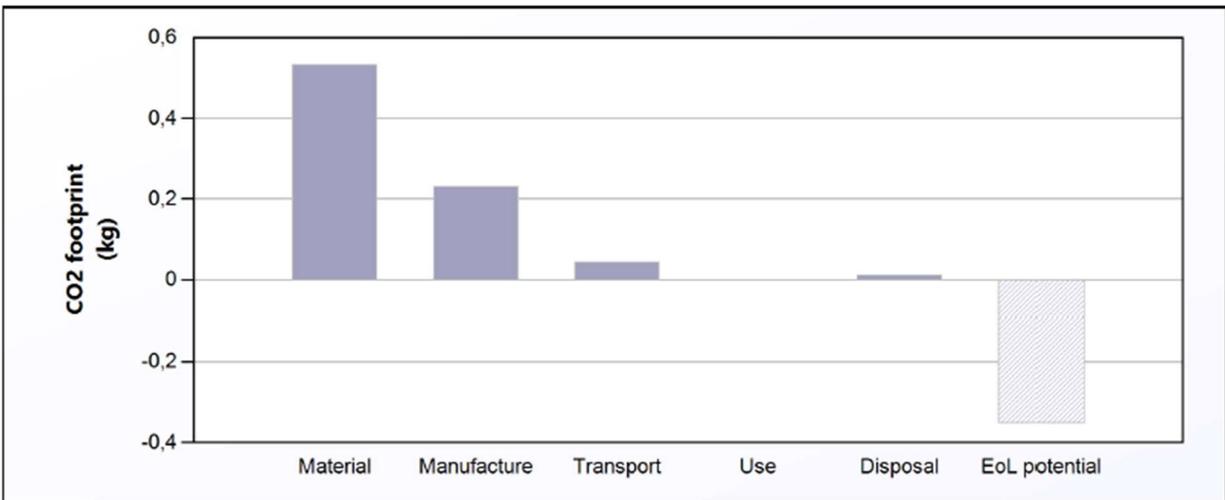
Energy Analysis

[Summary](#)

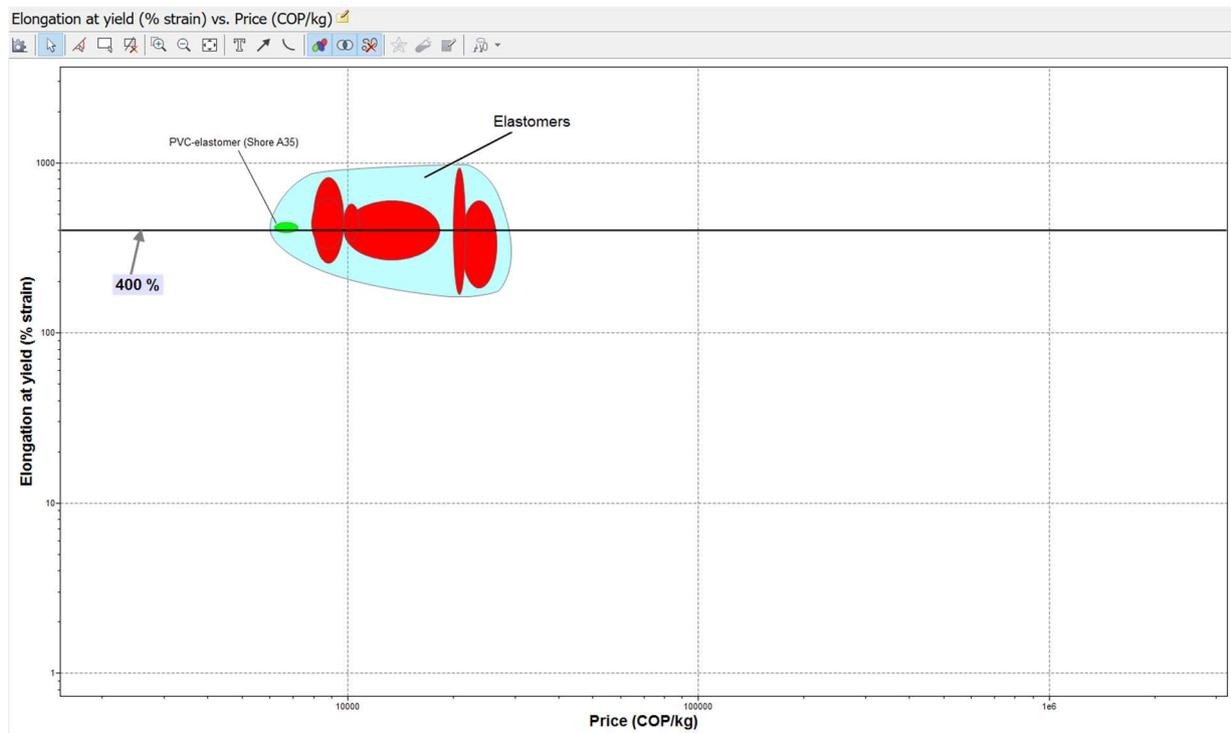
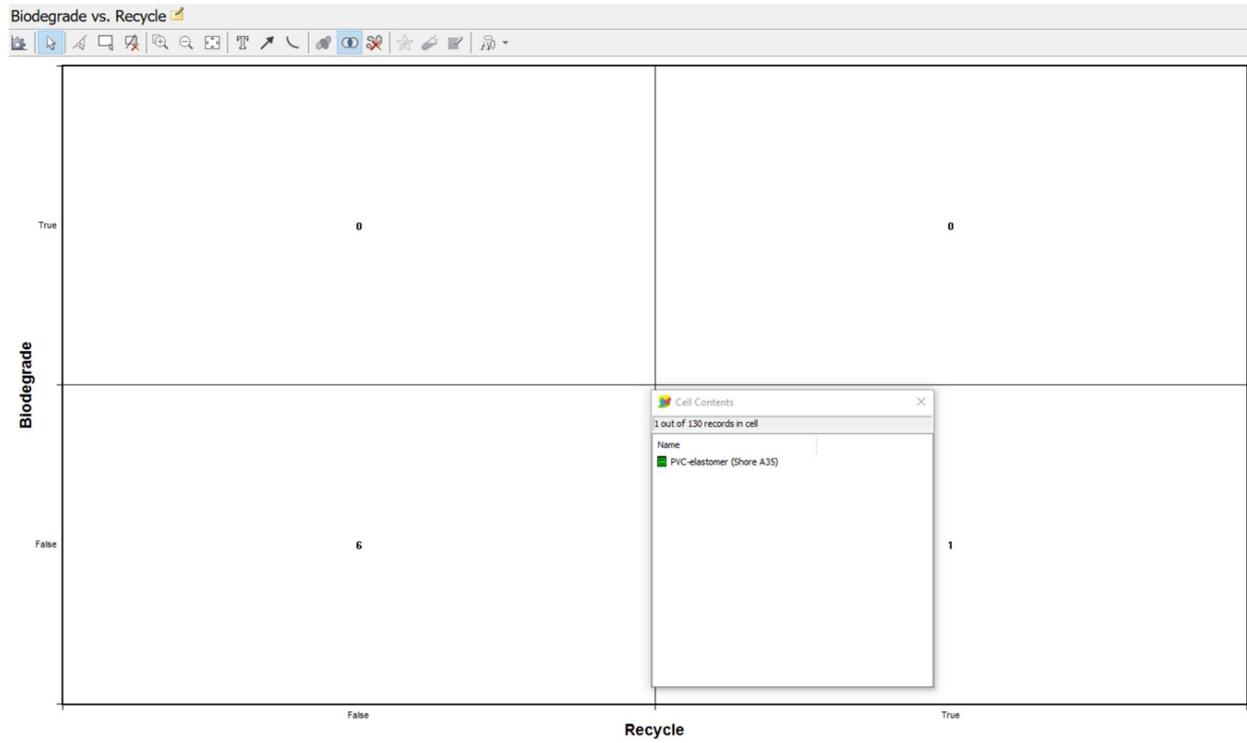


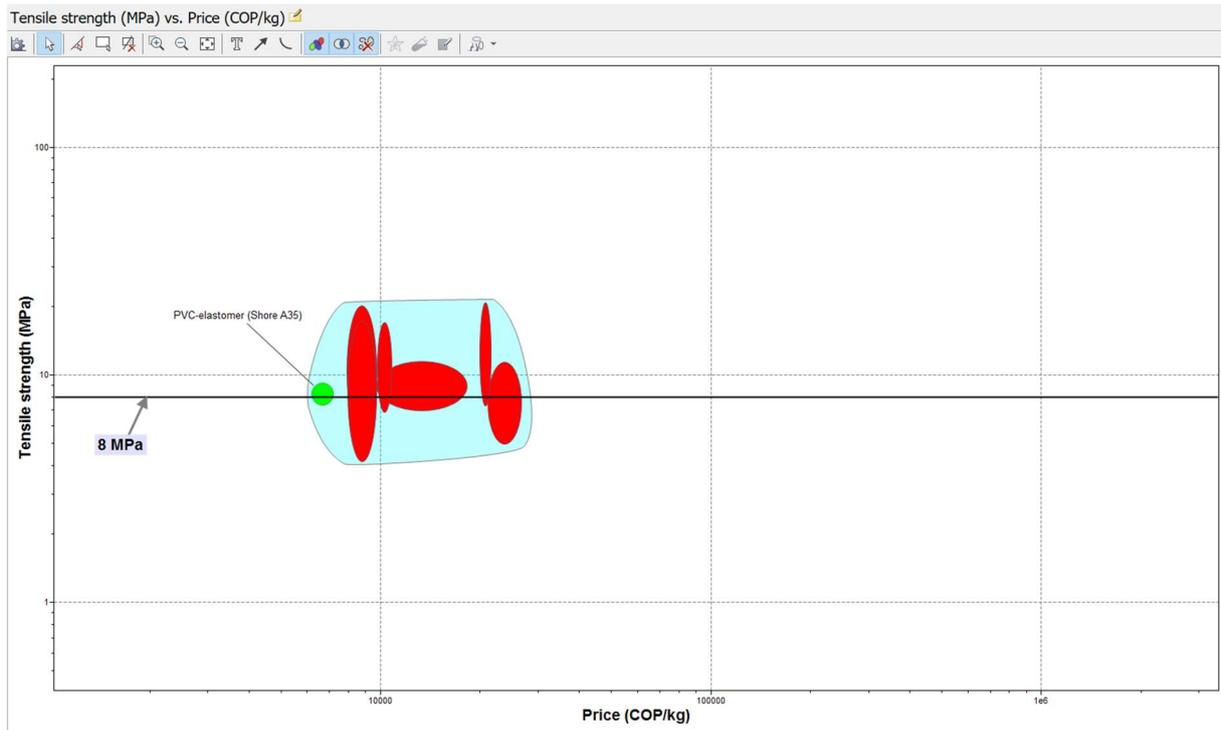
CO2 Footprint Analysis

[Summary](#)



Anexo 3: PVC





Recubrimiento de dispositivo para el transporte de órganos

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Puebla, México

Tutor/a:

Leonardo Israel Farfán Cabrera

Alumnos/as:

María Montserrat Mora Cruz A01321297

Norma Angélica Camacho A01325404

Bitty Peredo Macip A01730357

Resumen

El trasplante de órganos es la sustitución de un órgano enfermo por uno sano, y éste procedimiento no siempre es llevado a cabo donde se requiere, por lo que se necesita un método de transportación para que el órgano llegue en excelentes condiciones al lugar en el que se ocupará, uno de los principales requerimientos para la transportación es la temperatura, por lo que actualmente se utilizan hieleras para su transporte, sin embargo la forma en que los transportan no siempre es óptima, por lo que detectamos un área de oportunidad, y decidimos recubrir el material que se utiliza actualmente, con otro material que pueda ofrecer mejores beneficios, de esta forma mejorar el proceso.



Contenido

1.	Objetivos	161
2.	Planteamiento del problema	161
3.	Solución propuesta.....	162
4.	Resultados y Conclusiones.....	163
5.	Bibliografía	164
6.	Anexos.....	165

1. Objetivos

El principal objetivo es desarrollar un recubrimiento que se adapte a las hieleras comunes; así como evitar el uso de hielos al sustituirlos con bolsas de gel térmicas, para darles un transporte óptimo a los órganos utilizados para trasplantes, en el que se encuentren más seguros, protegidos y en la temperatura deseada.

Al mismo tiempo uno de los objetivos es encontrar un material que pueda recubrir las hieleras que son utilizadas en la actualidad para este propósito, que tenga mejores propiedades.

2. Planteamiento del problema

El procedimiento actual para transporte de órganos es efectivo, pero en algunos casos puede considerarse riesgoso, puesto que los mecanismos que se utilizan para mantener en condiciones adecuadas los órganos a transportar aún son muy rudimentarios ya que no existe dispositivo que asegure la integridad del contenido.

Se ha tomado la iniciativa de darle la vuelta a este problema, mediante la adherencia de una adaptación a las hieleras comunes (como las que se usan actualmente para transportar los órganos); que ayude a mejorar su desempeño actual. El propósito es encontrar un material que cumpla con las siguientes características: buen aislante térmico, aséptico, inercia química, un módulo de Young elevado; dureza Vickers y tenacidad a la fractura lo bastante resistentes para asegurar el mayor tiempo de vida y de calidad para los órganos.

Por otra parte, hoy en día, los materiales empleados para fabricar hieleras son: espuma rígida de polímero de alta densidad y poliuretano expandido de 2.5”.

Se propone trabajar con materiales cerámicos ya que cumplen con las propiedades que se están buscando.

Para la propuesta de materiales se realizó un filtrado con las características que presentan tanto la espuma rígida como el poliuretano expandido, tomando en cuenta la función y desempeño del producto.

3. Solución propuesta

La idea principal es adaptar el recubrimiento a las hieleras existentes (Figura 1) y disponibles en los hospitales para evitar el desecho y desperdicio de su material existente; por otro lado, se desea eliminar el uso de hielos ya que estos pueden llegar a lastimar el tejido externo de los órganos.

Se realizó un filtrado completo de los materiales con los que una hielera es fabricada. El proceso de filtrado abarca 5 etapas (máximos y mínimos, gráficas de Ashby, árboles, inventario ecológico y ranking) para conocer el mejor material para la problemática presentada. Las características que tendrá nuestro producto serán: paredes con aislante, asas con banda para uso rudo y una tapa con empaque térmico. Tabla 1

Se buscó la solución entre los materiales cerámicos por las propiedades que lo hacen diferentes a los demás materiales, como el ser aislante térmico, no oxidante, no combustible, dureza, resistencia a la corrosión y su alta resistencia a casi todos los agentes químicos.

Para poder encontrar un material que tuviera mejor rendimiento, se compararon los materiales que actualmente se utilizan en hieleras para este propósito, se realizó un proceso de filtración de materiales con las 5 etapas antes mencionadas, todo esto con el fin de encontrar cada vez menos materiales, y hacer una búsqueda más directa, en la que se fueran descartando materiales que no cumplieran con los requisitos y encontrar materiales con las características específicas.

Al final de ésta búsqueda se obtuvieron dos materiales con éstas especificaciones, las cuales fueron, el Carburo de Boro y la Alúmina, sin embargo el primero mencionado tiene un costo muy elevado por kilogramo, y comparando el costo con el uso que se le dará y ser un material que fácilmente se podría sustituir por otro, con propiedades similares, pero con un costo menor, podría ser reemplazable, además lo que se busca con éste proyecto es un material con características mejores, incluyendo el precio. Figura 5, Figura 5.5

También se hicieron sketches de la forma que tendría el recubrimiento (Figura 8).

4. Resultados y Conclusiones

Se ha elegido la Alúmina como material ideal, ya que cumple con:

Densidad = 0.9528 Kg/m^3 , Módulo de Young = 3.44 Gpa , Resistencia a la compresión = 60.64 MPa , Dureza-Vickers = 14.4 HV , Tenacidad a la Fractura = $1.32 \text{ MPa} \times \text{m}^{0.5}$, Aislante Térmico = $0.2528 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

Para obtener este material se realizaron varias pruebas, que iban descartando materiales que no cumplieran con estas características específicas, para ser el material ideal, por lo que se obtuvo el índice de desempeño de los materiales que actualmente se utilizan en esta práctica y se buscaron los materiales que contuvieran un índice igual, por lo que al final de la búsqueda se obtuvo la Alúmina como el material deseado. Figura 3, Figura 3.3

Con estos parámetros la Alúmina se puede considerar el material más adecuado para esta aplicación, pues tiene propiedades del material mejores que las del material que se utiliza actualmente, la resistencia a la compresión es alta, lo que indica que la cubierta puede estar dentro de la hielera, a una presión intermedia; la dureza de Vickers también es alta, los materiales cerámicos ya cuentan con una dureza más alta a la del resto, pero la Alúmina en específico cuenta con una dureza que permite su aplicación teniendo la seguridad de que no cualquier movimiento la deformará, y esto ayuda porque los materiales cerámicos en general podrían llegar a hacer daño al órgano si esto sucediera, pero en éste material la dureza es un punto que se tomó muy en cuenta; uno de las propiedades que se considera de las más importantes para este uso, es el aislante térmico, pues es lo que ayudará al órgano a mantenerse en la temperatura indicada, que son temperaturas bajas, y esta característica del material ayuda con ese propósito, y por último la tenacidad a la fractura, porque por el movimiento al que estará expuesto debe resistir esfuerzos inesperados que puedan llegar a suceder en el traslado. Figuras 4, 4.4, 5, 5.5

Además de estas propiedades, el costo de su producción y el impacto ecológico que genera es en más del doble menor al que se generaría con el Carburo de Boro. Figura 7 y Figura 7.7

Los procesos de manufactura a los que se sometería la Alúmina son: Extrusión y posteriormente Prensado y Sinterizado.

En conclusión, la Alúmina es un material ideal para el desarrollo de un producto como el que proponemos; por otro lado, CES EduPack fue una herramienta muy útil para filtrar materiales y comparar sus diferentes propiedades.

5. Bibliografía

Landín, P. (n.d.). Materiales cerámicos: Propiedades, clasificación y obtención. Retrieved April 14, 2019, from <http://pelandintecno.blogspot.com/2013/02/materiales-ceramicos-propiedades.html>

E. (n.d.). PROTOCOLO DE EMBALAJE Y TRANSPORTE DE ORGANOS, TEJIDOS, CELULAS. Retrieved April 17, 2019, from http://www.donaciontrasplante.gob.ec/indot/wp-content/uploads/2017/06/Protocolo_embalaje_y_transporte_organos_tejidos_celulas.pdf

Jazmin. (1970, May 27). Hieleras Para Transporte. Retrieved April 17, 2019, from <http://www.metrixlab.mx/producto/hieleras-para-transporte/>

6. Anexos

Figura 1



Tabla 1

	Espuma rígida de polímero de alta densidad	Poliuretano expandido de 2.5
Máximos y mínimos	<p>Figura 2</p>	<p>Figura 2.2</p>
Ashby	<p>Índice de desempeño</p> $\frac{\rho}{E^{1/3}}$ <p>Figura 3</p> <p>Figura 4</p> <p>Materiales probables</p>	<p>Índice de desempeño</p> $\frac{\rho}{E^{1/3}}$ <p>Figura 3.3</p> <p>Figura 4.4</p> <p>Materiales probables</p>
Árboles	<p>Figura 5</p> <p>Materiales seleccionados después del proceso de limitación de propiedades</p>	<p>Figura 5.5</p> <p>Materiales seleccionados después del proceso de limitación de propiedades</p>

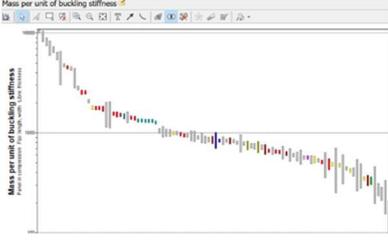
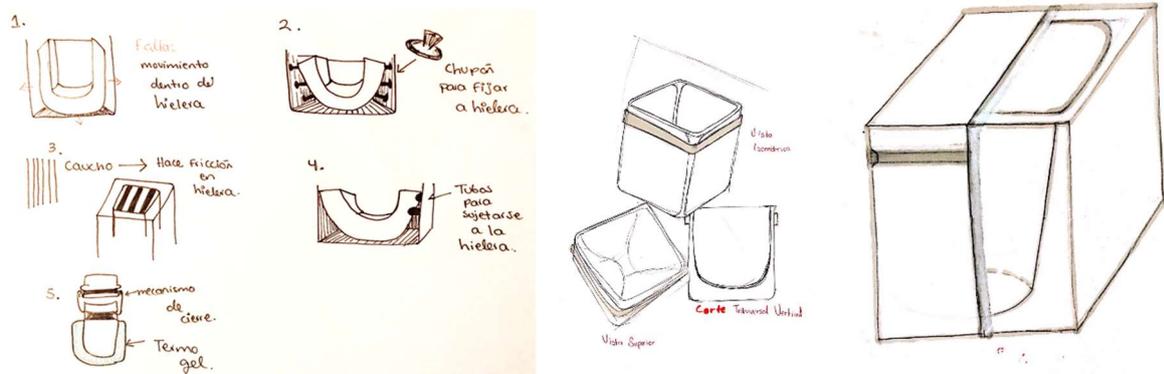
	 <p>Figura 6 Gráfica de mejores materiales</p>	 <p>Figura 6.6 Gráfica de mejores materiales</p>
<p>Inventario ecológico</p>	 <p>Figura 7</p>	 <p>Figura 7.7</p>
<p>Ranking</p>	<p>Proceso de manufactura para carburo de boro: prensado y sinterizado \$750 c/u y prensado isostático caliente \$12750 (para 500 recubrimientos).</p>	<p>Proceso de manufactura para alúmina: extrusión \$475 c/u y prensado isostático caliente \$10375 (para 500 recubrimientos).</p>

Figura 8:



Selección de material para paredes de vivienda en La Guajira, Colombia

Universidad EAFIT,
Medellín, Colombia

Tutor/a:

Santiago Gil Durán

Alumnos/as:

Juan Pablo Álvarez

Juan Sebastian Amézquita

Sara Restrepo

Resumen

Se ha seleccionado un material compuesto, el cual sirve como sustituto para la fabricación de las paredes de las casas de La Guajira. Para la matriz del material se pensó en una resina plástica VE (flame retarded) la cual genera una alta durabilidad ante la exposición a los rayos solares y la radiación UV; y además es resistente a las altas temperaturas de la guajira. Para el refuerzo del material se usó el coir (fibra de coco) el cual posee una alta resistencia mecánica capaz de superar las normas de construcción requeridas .se buscó que generara la menor cantidad de emisiones de CO2 en su proceso de fabricación. Todo esto apoyados de la herramienta CES EduPack.



Contenido

1.	Objetivos	168
2.	Planteamiento del problema	168
3.	Solución propuesta.....	169
4.	Resultados y Conclusiones	170
5.	Bibliografía	171
6.	Anexos.....	172

1. Objetivos

Objetivo general:

Seleccionar un material para reemplazar las paredes de las viviendas del departamento de La Guajira, Colombia, a partir del uso del software CES EduPack como herramienta principal de búsqueda y análisis del material con el fin de mejorar la calidad de vida de esta población, al mismo tiempo que permitan unas condiciones de vida dignas para las personas de este departamento de Colombia.

Objetivos específicos:

- Diseñar una estructura que permita tener un proceso de ensamble fácil y de bajo costo, que garantice que las viviendas puedan ser construidas y garanticen unas condiciones dignas de vida.
- Elegir un material que cumpla propiedades térmicas, mecánicas y de resistencia al ambiente, con el fin de garantizar condiciones seguras de vida a través del uso de las herramientas del software CES EduPack.
- Elegir un material que pueda ser procesado fácilmente, que garantice bajas emisiones de CO₂ y consumo de energía en su ciclo de vida con el fin de ayudar al desarrollo sostenible, con impacto económico, social y medio ambiental, por medio de la utilización de la herramienta EcoAudit y Universo de procesos del software CES EduPack.

2. Planteamiento del problema

En la actualidad el 58% de los habitantes del departamento de La Guajira, vive en la pobreza extrema. Gran parte de la población vive en casas cuyas paredes están conformadas por residuos de basura, barro, boñiga y madera, entre otros materiales. Con las altas temperaturas que se experimentan en la región, con temperaturas de hasta 42°C, y frecuentes sequías, es claro que este tipo de viviendas no están equipadas para proteger a esta comunidad de manera adecuada. Es indispensable encontrar una solución a esta problemática, que provea una alternativa a las viviendas tradicionales de la región, reemplazándolas por residencias hechas en materiales con propiedades térmicas aislantes y resistentes a la corrosión, que puedan soportar las fluctuaciones de temperatura y humedad experimentadas en el ambiente. Así mismo, estas viviendas deberán tener una alta durabilidad ante la exposición a los rayos solares y la radiación UV, evitando la degradación de los materiales, que puede resultar en la pérdida de propiedades mecánicas y químicas. Para alcanzar estos objetivos se utilizará el software CES EduPack para seleccionar un material adecuado para la construcción de las paredes de las viviendas.

3. Solución propuesta

Como solución a la problemática, se propone encontrar un material para conformar placas que permitan la separación entre la intemperie y el interior de la casa, protegiendo así a sus habitantes de las condiciones climáticas externas. Es importante hacer la aclaración que no se trata de un estudio de miembros estructurales, ya que la mayor parte de la carga la soportarán las columnas internas de la vivienda, las cuales deberán hacerse con otras normas y materiales.

De acuerdo con el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, la radiación UV es un tipo de radiación que puede llegar a provocar severas lesiones cutáneas y oculares. En la Guajira, se estima un promedio anual de índice de radiación UV (IUV) entre 7 y 8, en una escala que varía desde del 1 al 11+. Los niveles que se presentan en la región requieren que las personas eviten salir en estos horarios, y busquen la sombra. Pero la radiación no es el único problema que afronta la comunidad: según el ATLAS IDEAM, la temperatura, en un promedio anual, supera los 28 grados centígrados, y puede llegar a elevarse hasta los 42 grados. Se propone realizar un material compuesto que permita alcanzar los objetivos del estudio. Se comenzará por la selección del refuerzo, filtrándolo, en el "Stage 1", con la opción "Chart", con los parámetros "Porcentaje de material natural" vs. Fuerza de flexión (módulo de ruptura). El primer parámetro se eligió con el fin de encontrar un material amigable con el medio ambiente, mientras que el segundo parámetro se eligió, debido a que el esfuerzo que soportarán las placas será de flexión, similar a un drywall. La norma ASTM D 1037 estipula que la resistencia a tensión mínima de una pared de este tipo deberá ser de 14 MPa. Posteriormente, se fijará un límite de densidad, de máximo 1300kg/m³, con el fin de obtener un material que no sea muy pesado, para reducir la huella de carbono a la hora de realizar el transporte de material hasta La Guajira. Por su parte, para la selección de la matriz del compuesto, se utilizará la opción "Chart", comparando los parámetros "Resin spray-up energy" Vs. "UV Radiation (sunlight)", para determinar qué matriz protege mejor contra los rayos UV, pero a su vez, es la que menos energía utiliza a la hora de ser fabricada, con el fin de obtener un material amigable con el medio ambiente.

Se utilizara el software CES Edu pack para elegir un proceso de elaboración de las láminas pensadas para las casas del sector de la Guajira, esto se llevara a cabo mediante la herramienta "chart" con los parámetros "flat sheet" vs "capital cost", el primer parámetro se eligió debido a que se asemeja a un dry-wall lo cual es un lamina compacta de fácil elaboración, el segundo parámetro lo elegimos para escoger el proceso más económico con el fin de minimizar los gastos de toda la fabricación y así cumplir con que este material sea asequible para toda comunidad de este sector. Seguido a esto se utilizará la opción "limit" donde se colocará como parámetro "labor intensity" esto significa que se filtrará por la cantidad de energía y tiempo que se gastará en hacer este laminado después se escogerá una de nivel moderado debido a que con un nivel bajo no se puede trabajar en este material.

4. Resultados y Conclusiones

Se eligió como material de refuerzo, la fibra “coir”, después de realizar el proceso de búsqueda descrito en la sección anterior. Se observó que era el material con mayor porcentaje natural, además de cumplir a cabalidad las condiciones descritas anteriormente. Adicionalmente, al ser un derivado de la palma, su obtención será fácil en el país, pues en Colombia existen 10 departamentos en los que hay producción de coco, que es el elemento del cual se deriva esta fibra, y por ende su consecución y transporte será más fácil y económico, que si tuviese que ser importada. Con el filtro de la densidad, se encontró que el “coir” era el material con densidad dentro de la propuesta, 1140 kg/m^3 y con el mayor módulo de ruptura de esfuerzo de flexión, de $135 \text{ a } 240 \text{ MPa}$.

Para la matriz, se eligió la resina “VE Flexible. Aunque es calificada como “fair”, era el material compatible con las fibras, que mejor cumplía con el requisito de protección contra los rayos UV.

Al igual que todas las resinas, tiene una alta energía “Resin spray-up”, de 15.6 MJ/kg , pero como se dio prioridad al parámetro de UV Radiation, se decidió ceder en este aspecto. Finalmente, se aseguró que la resina tuviera una baja conductividad térmica, en este caso, entre $0.167 \text{ a } 0.173 \text{ W/m.C}$. Como la lámina que se propone se compondrá un 50% de refuerzo y 50% de matriz, el costo por kilogramo del material será de 8434 COP , en el que 384 COP pertenece a la fibra de coir, y 8.050 COP , a la resina VE flexible.

Después de utilizar la herramienta “Chart” se decidió elegir como proceso “THERMOPLASTIC COMPOSITE MOLDING”. El cual consiste en que se pondrá el material en forma de lámina en un molde donde se calentará a la temperatura de procesamiento en una forma de horno que se transferirá para ser prensado y así dar forma a la pieza buscada de acuerdo se diseñe las paredes de la casa. Se decidió por una estructura “flat-sheet”, debido a que esta se asemeja a un dry-wall. Adicionalmente, permite una fácil elaboración de paneles de compuesto, que faciliten el ensamblaje de la pared a la hora de puesta en la casa. La prefabricación de estos paneles permite que la construcción de los mismos pueda ser llevada a cabo por una única empresa, reduciendo el número de contratistas involucrados en la construcción de la casa, además de permitir la estandarización del producto. Todo esto, sin mencionar que una construcción de este tipo contribuiría a la reducción de la corrupción, una práctica frecuente en esta región, en la que gastan los dineros y no terminan los proyectos, además de que se reducirían los costos de transportes de materiales y de operarios en la zona.

A partir del EcoAudit, se puede observar que la fase con mayor porcentaje de huella de carbono y consumo de energía es en la creación del material; esta representa casi el 80% de los factores, dejándole un segundo lugar a la fase de manufactura, la cual es en promedio un 11%. Los materiales deben ser transportados desde la capital del país hasta la zona de La Guajira, pero esta fase no representa ni un 5% de la huella del carbono y la energía necesaria en el proceso. El mayor inconveniente es que los materiales son difíciles de reciclar, y dado que tienen una estimación mínima de vida de 50 años, el no ser reciclables no es un verdadero problema en el desarrollo del material

5. Bibliografía

Escribe aquí la bibliografía empleada para tu proyecto... Libros, Páginas web, Revistas, etc.

- Álvarez, M. E. (30 de 5 de 2018). *LA POBREZA EN LA GUAJIRA*. Obtenido de Poner fin a la pobreza en todas sus formas: <http://guajira360.org/wp-content/uploads/2018/06/ESTRATEGIA-PARA-REDUCIR-LA-POBREZA-EN-LA-GUAJIRA.pdf>
- La Guajira hoy.com. (30 de 10 de 2017). *58 por ciento de guajiros viven en medio de la pobreza*. Obtenido de <https://laguajirahoy.com/2017/10/58-por-ciento-de-guajiros-viven-en-medio-de-la-pobreza.html>
- Ministerio de Vivienda. (31 de 1 de 2018). *Luz verde para proyectos de Vivienda Gratis en La Guajira*. Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/sala-de-prensa/noticias/2018/enero/luz-verde-para-proyectos-de-vivienda-gratis-en-la-guajira>
- Ministerio de Vivienda de Colombia. (S.F.). *Anexo técnico: Especificaciones técnicas vivienda y obras de urbanismo*. Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioVivienda/141127%20ANEXO%20TECNICO%20PVG%202.pdf>

6. Anexos

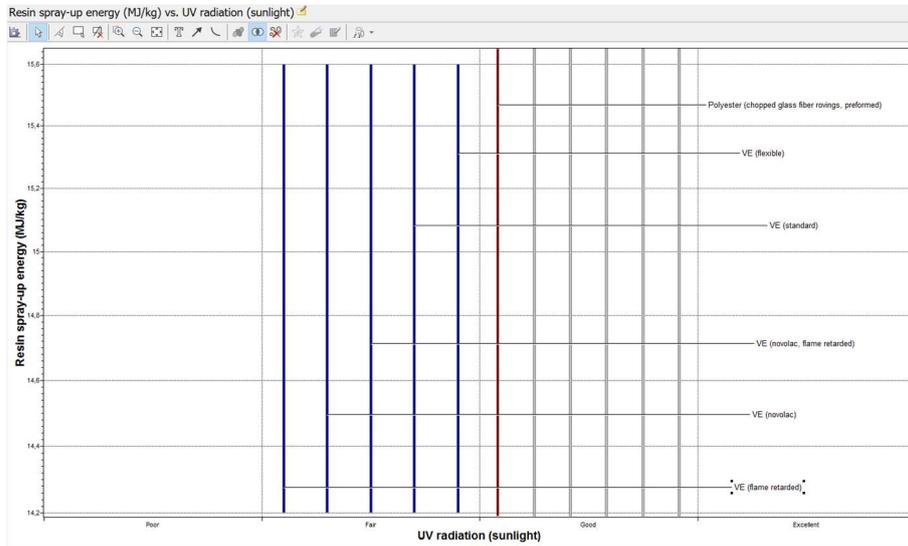


Imagen 1.1: Filtros para selección de matriz (*resina*)

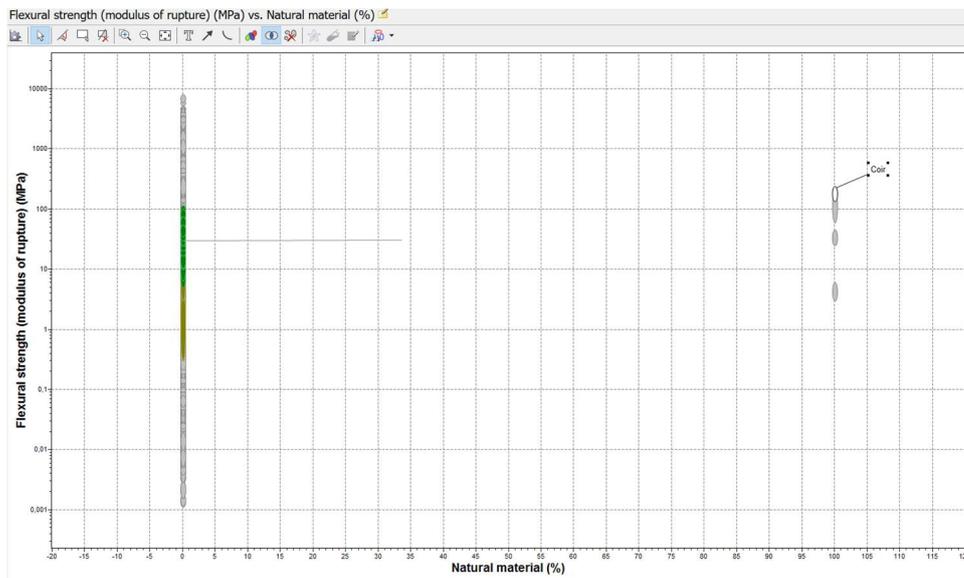


Imagen 1.2: Filtros para selección de refuerzo (*fibra*)

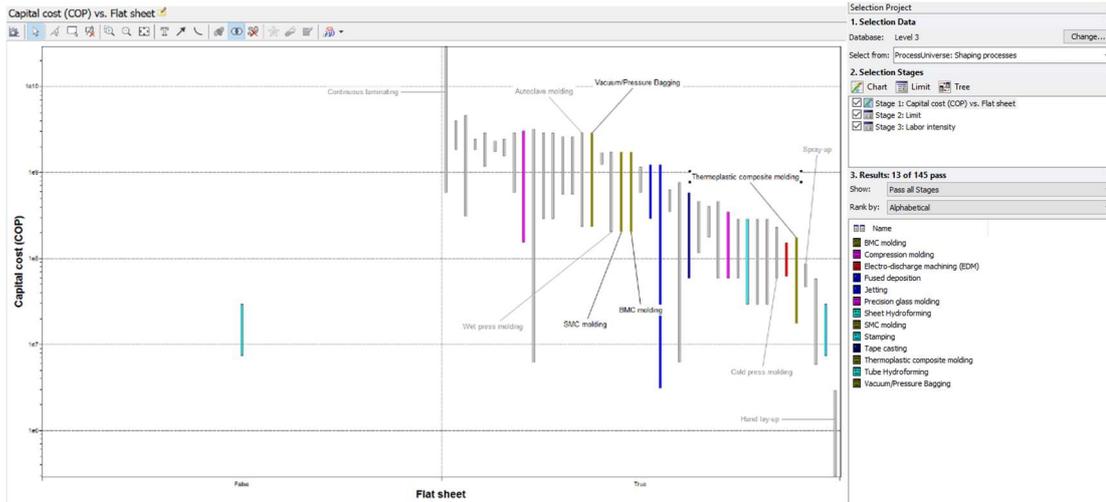
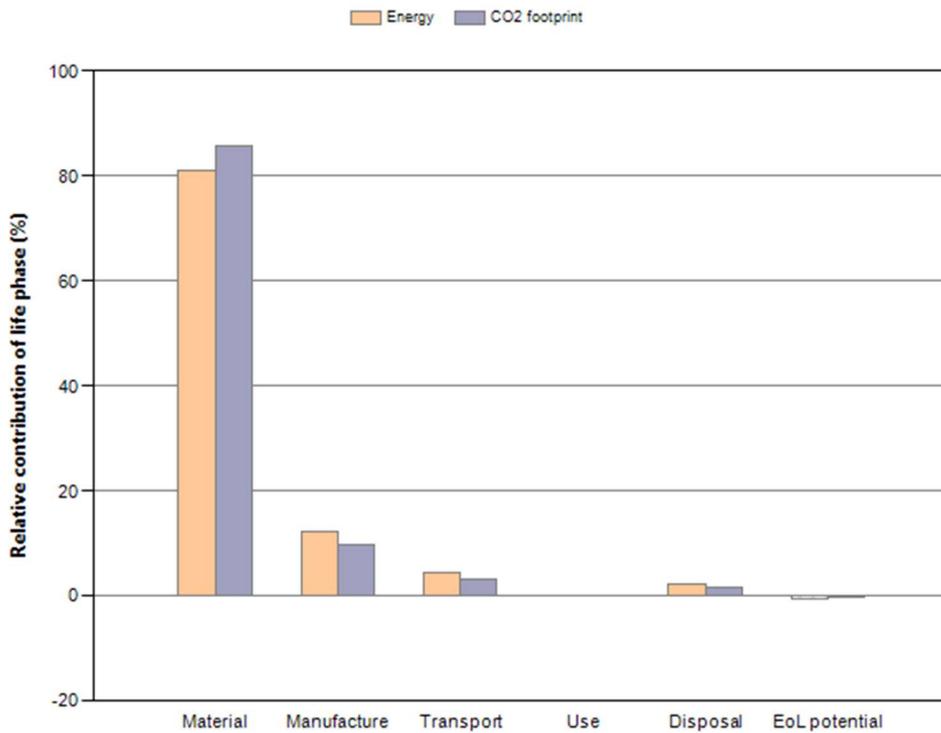


Imagen 1.3: Filtros para selección de proceso de material compuesto



Phase	Energy (MJ)	Energy (%)	CO2 footprint (kg)	CO2 footprint (%)
Material	192	81,2	20,3	85,6
Manufacture	28,7	12,1	2,3	9,7
Transport	10,4	4,4	0,736	3,1
Use	0	0,0	0	0,0
Disposal	5,5	2,3	0,385	1,6
Total (for first life)	237	100	23,7	100
End of life potential	-1,1		-0,077	

Imagen 1.4: Resultados del Eco Audit para Coir y VE

Selección de materiales para prótesis sumergibles

Instituto Tecnológico y de Estudios
Superiores de Monterrey,
Puebla, México

Tutor:

Dr. Conrado Rosales Torres

Alumnos/as:

Luis Eduardo Gutiérrez Ortiz

Manuel Alfredo Martínez Acevo

Resumen

En el siguiente proyecto se mostrará el proceso llevado a cabo para la obtención de un material que sea viable con la comparativa de procesos con los que se podrán llevar a cabo prótesis de extremidades completas para personas discapacitadas, donde se toma en cuenta la mayor cantidad de factores desde las propiedades mecánicas, hasta el impacto ambiental que se genera en su elaboración sin dejar atrás el valor principal que es el poder utilizar las prótesis en ambientes húmedos sin la necesidad de ser reemplazados al verse afectados por algún tipo de corrosión.



Contenido

1. Objetivos	175
2. Planteamiento del problema	175
3. Solución propuesta.....	176
4. Resultados y Conclusiones	177
5. Bibliografía	178
6. Anexos.....	179

1. Objetivos

Para que el producto sea viable para los usuarios debe tener diferentes desempeños que sean favorables para realizar actividades que le hagan tener una vida lo más similar a quienes tienen extremidades de forma natural, como lo es el poder realizar actividades al aire libre sin que el material pierda características mecánicas o que presente corrosión, de igual forma debe tener una alta resistencia a la cedencia para que pueda resistir la masa del usuario y cargas extras, ya sean comunes o más especializadas, por otro lado debe poder ser un material higiénico para que al mismo tiempo se procure la salud del usuario sin que se vea afectado por bacterias o gérmenes que le puedan hacer daño a corto o largo plazo, así mismo debe ser un material que presente resistencia para poder continuar cumpliendo con su objetivo original aun cuando sea golpeado por un tercer material, ya que no está exento de un trato rudo por parte del usuario o terceras personas.

Al mismo tiempo debe ser un material que haga favorable el poder emplear dichas actividades en situaciones más allá de la realidad para que el usuario sienta la libertad de poder realizar acciones

2. Planteamiento del problema

Las personas que presentan discapacidades por la falta de extremidades, consideran que se ha tenido cierto descuido al momento de realizar prótesis que les favorezcan en su vida diaria, aun cuando la tecnología ha avanzado en las últimas décadas de forma exponencial, aquellos que presentan estas características continúan teniendo problemas al momento de tratar de realizar sus actividades, ya que, como comúnmente se dice “se pudren” por el constante contacto con la naturaleza y deben ser reemplazadas, por lo que se desea buscar una solución viable que les favorezca en todos sentidos para mejorar su calidad de vida.

3. Solución propuesta

En la búsqueda de proporcionar una solución a que las personas discapacitadas puedan mejorar su calidad de vida pudiendo realizar actividades que les eran imposible realizar por la presencia de condiciones que afectan sus prótesis como lo es el agua.

Tomando en cuenta lo anterior, se propuso tomar la mayor cantidad de materiales posibles que se puedan emplear e ir descartando conforme las características que presentan hasta concluir con 2 materiales viables con sus respectivos procesos de manufactura, los cuales son los siguientes:

- Forja con Acero de Baja Aleación
- Fundición en Molde de Arena con Acero de Baja Aleación
- Forja con Acero Inoxidable
- Fundición en Molde de Arena con Acero Inoxidable

Los cuales se obtuvieron bajo un estricto proceso de clasificación y descarte de materiales. Así mismo se toma en cuenta la reacción del material con líquidos y sus reacciones en corto y largo plazo para conocer la viabilidad de cada uno.

Con los parámetros de la Figura 1 se deseó obtener un material que tuviera como mínimo los valores más considerables como son el Módulo de Young, El límite elástico, Dureza Vickers y la tenacidad a la fractura, con lo que

los resultados arrojados son 5 materiales los cuales son acero de baja aleación, acero inoxidable, acero ordinario de alto contenido, aleaciones de titanio y superaleaciones de base níquel; en base a esto podremos obtener los mejores materiales considerando la relación material-costo, pero sin dejar de considerar la relación desempeño-material, la cual a largo plazo podría presentar una ventaja significativa para quienes utilizar prótesis y desean realizar actividades más allá de las comunes permitidas por los estándares empleados en prótesis ya existentes.

Utilizando la base de las Gráficas Ashby y el funcionamiento que tendría el producto, se seleccionó la acción más cercana a la realidad de lo que sucedería al ser utilizada y se obtuvo la imagen de la Figura 2 junto con la tabla de materiales que serían viables para ser empleados.

Los resultados de la Figura 3 fueron arrojados con los parámetros seleccionados y ofreció una amplia gama de materiales que podrían ser empleados, por lo que en los pasos posteriores se reducirá la cantidad de materiales para tener una mejor selección de estos.

Como se puede observar en las Figuras 4 a 6, con base al filtrado de árboles se propuso como fin reducir la cantidad de materiales, los cuales, según los parámetros seleccionados, son los indicados para poder obtener el producto con el mejor material que se pueda emplear con el que el principal beneficiario sean los usuarios.

4. Resultados y Conclusiones

Para continuar con la selección de materiales y procesos se seleccionaron los procesos de "Forja" y "Fundición en Molde de Arena", con lo que tomando en cuenta los materiales con las mejores características comparativas, se tomaron tanto el "Acero de baja aleación" y "Acero Inoxidable" con lo que se consideraron varios parámetros de ambos materiales para obtener el costo de producción en masa del producto para conocer el punto en el cual es viable la mayor cantidad posible por el menor costo hasta que sea despreciable y no muestre un cambio considerable la cantidad de producción. Afortunadamente ambos materiales tienen características similares en cuanto a la masa, tienen un cambio insignificante que por cuestiones de practicidad se despreció y se colocó un promedio que sería factible. En los siguientes datos se muestran los resultados obtenidos con los materiales, sus características individuales y los procesos que se consideraron como se señala en las Figuras de la 7 a la 10 respectivamente.

Forja con acero de baja aleación
 Precio: \$14.50 por kg
 Tiempo: 20 años
 Longitud: 0.47 m
 Masa: 3.5 kg
 Ganancia por hora: \$2826.70

Forja con acero inoxidable
 Precio: \$110 por kg
 Tiempo: 20 años
 Longitud: 0.47 m
 Masa: 3.5 kg
 Ganancia por hora: \$2826.70

Fundición en arena de molde acero inoxidable
 Precio: \$110 por kg
 Tiempo: 20 años
 Longitud: 0.47 m
 Masa: 3.5 kg
 Ganancia por hora: \$2826.70

Fundición de Acero de baja aleación
 Precio: \$14.50 por kg
 Tiempo: 20 años
 Longitud: 0.47 m
 Masa: 3.5 kg
 Ganancia por hora: \$2826.70

Tomando en cuenta los materiales anteriores con sus respectivos procesos, se considera tomar al mismo tiempo factores que se ven envueltos directamente, como son el impacto ecológico que se genera y la energía empleada para desde el momento en que se produce cada uno de los procesos hasta que el producto es desechado, con lo que se obtuvieron los resultados de las imágenes 11 y 12.

Considerando los valores anteriores y los resultados que fueron arrojados en cada fase en la que se fueron considerando diferentes aspectos de los materiales y procesos, se puede concluir en que el mejor material y proceso para el producto es la "Forja con Acero de Baja Aleación", ya que es el que constantemente superó comparativamente al resto de procesos y materiales. Por otro lado, aun cuando los resultados hayan arrojado ese resultado, se considera que el material apropiado que prolongaría la vida útil del producto, considerando sus características relacionadas con el agua, así como las propiedades mecánicas, se considera que el acero inoxidable sería el material más viable para ser empleado, el proceso de forja es el mejor a nivel económico, mientras que el impacto energético y ambiental es menor con la fundición en arena de molde, así que se podría escoger dependiendo del objetivo que se desea tener por parte del productor, ya sea económico o ambiental.

5. Bibliografía

GÁRATE ARIAS, A., CCAHUANA VÁSQUEZ, V., & CHANG SUAREZ, C. (2012). CONDICIONES FAVORABLES PARA EL DESEMPEÑO DE PRÓTESIS SOBRE IMPLANTES UTILIZANDO CONEXIONES EXTERNAS. [EBOOK]. PERÚ. RETRIEVED FROM [HTTP://FILE:///C:/Users/LU153/Downloads/PROTESIS.PDF](http://file:///C:/Users/LU153/Downloads/PROTESIS.PDF)

GIL, L., ARENAS, F., & DOMINGUEZ, E. (2019). ANÁLISIS DE LAS CAUSAS DE LAS FALLAS DE IMPLANTES /// BIOMEDICOS UTILIZADOS EN CIRUGIA ORTOPEDICA Y TRAUMATOLÓGICA [EBOOK]. VNEZUELA. RETRIEVED FROM [HTTP://FILE:///C:/Users/LU153/Downloads/RLMM%20ART-98V18N1-P61.PDF](http://file:///C:/Users/LU153/Downloads/RLMM%20ART-98V18N1-P61.PDF)

6. Anexos

Propiedades mecánicas			
	Minimum	Maximum	
Modulo de Young	95		GPa
Modulo a cortante			GPa
Módulo en volumen			GPa
Coefficiente de Poisson			
Límite elástico	950		MPa
Resistencia a tracción			MPa
Resistencia a compresión			MPa
Elongación			% strain
Dureza-Vickers	300		HV
Resistencia a fatiga para 10^7 ciclos			MPa
Tenacidad a fractura	50		MPa.m ^{0.5}
Coefficiente de pérdida mecánica (tan delta)			

Figura 1. Se muestran los parámetros utilizados en busca de materiales

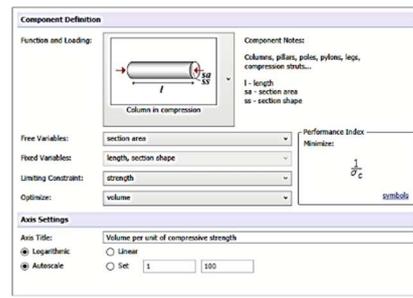


Figura 2. Se muestra la función que tendría el producto al momento del funcionamiento

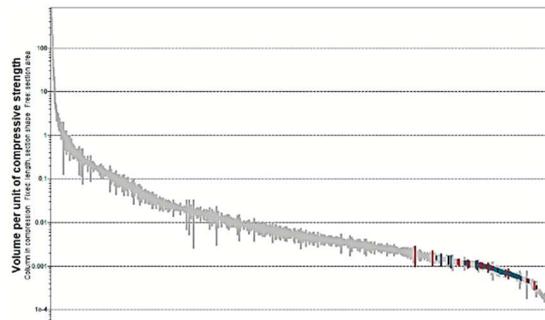


Figura 3. Se muestran materiales que arrojó el programa con los parámetros que se han seleccionado

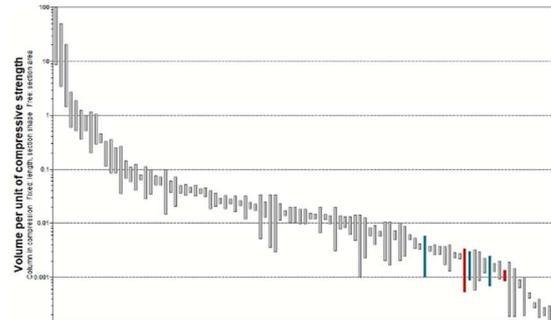


Figura 4. Se muestran los materiales reducidos para una óptima selección de materiales

2. Selection Stages

Chart Limit Tree

Stage 1: Volume per unit of compressive strength

Stage 2: Modulo de Young, Límite elástico, Dureza-Vickers, Tenacidad a

Stage 3: Metales y aleaciones

3. Results: 5 of 100 pass

Show: Pass all Stages

Rank by: Stage 2: Young's modulus (GPa)

Name	Young's modulus (GPa)
Titanium alloys	110 - 120
Nickel-based superalloys	150 - 245
Stainless steel	189 - 210
High carbon steel	200 - 215
Low alloy steel	205 - 217

Figura 5. Se muestran los filtros realizados junto con los materiales arrojados

How to use a tree stage

Trees

MaterialUniverse

- MaterialUniverse
 - Ceramics and glasses
 - Hybrids: composites, foams, natural materials
 - Metals and alloys
 - Polymers and elastomers

Choose and insert records from the MaterialUniverse tree. The chosen records will pass the selection.

Selected records: [MaterialUniverse:Metals and alloys]

Figura 6. Se muestra el filtrado de árboles que se realizó

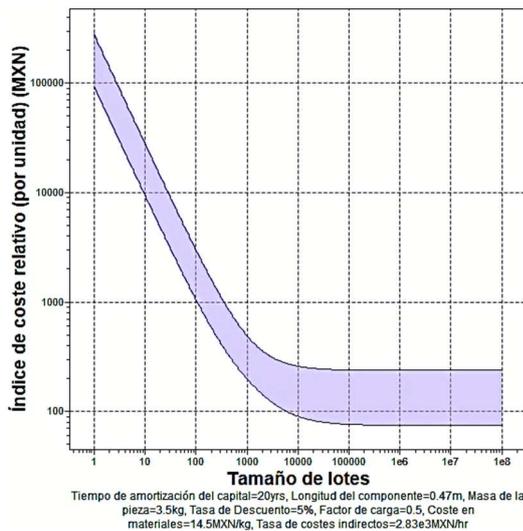


Figura 7. Costo/cantidad de Forja con acero de baja aleación

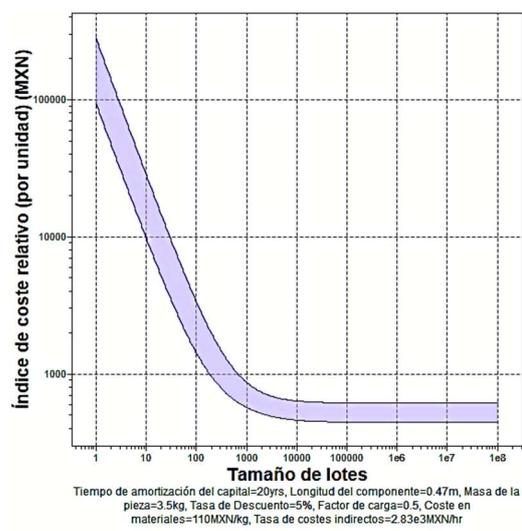


Figura 8. Costo/cantidad de Forja con acero inoxidable

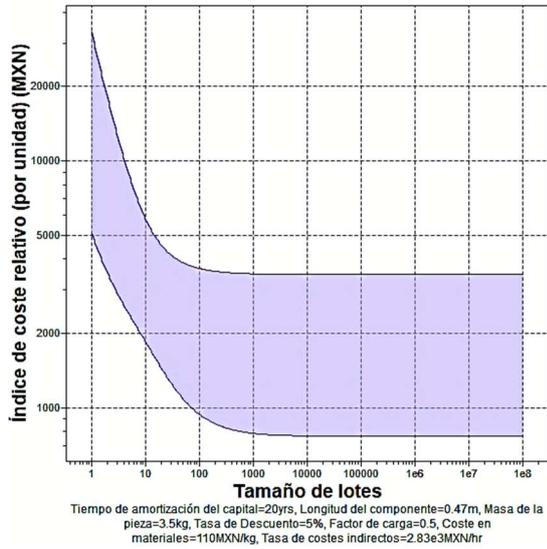


Figura 9. Costo/cantidad de Fundición en arena de molde acero inoxidable

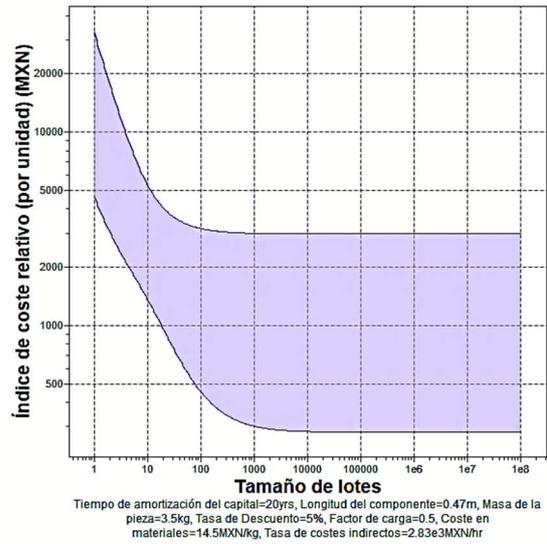


Figura 10. Costo/cantidad de Fundición de Acero de baja aleación

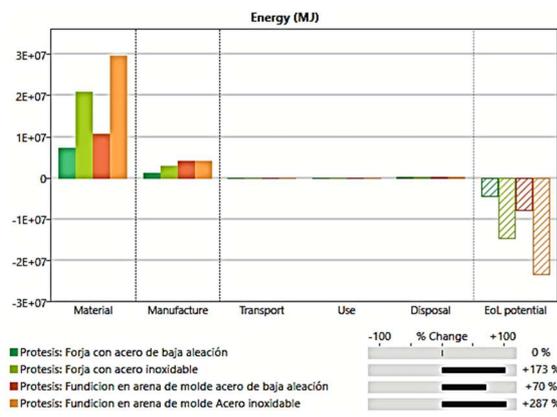


Figura 11. Se grafica la energía empleada para antes, durante y después de la producción del producto

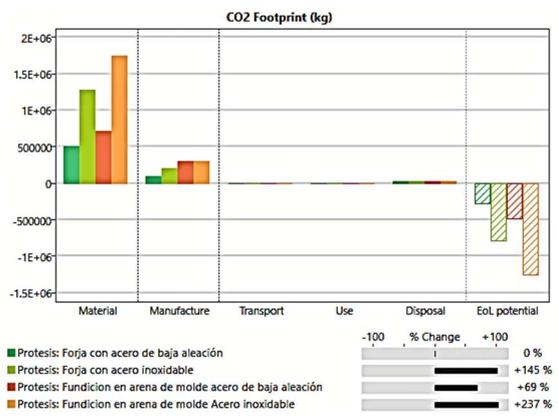


Figura 12. Se grafica el impacto ecológico que se genera para el producto

Selección de materiales para techos de hogares que mejoren la calidad de vida

Universidad EAFIT,
Medellín, Colombia

Tutor/a:

Santiago Gil Durán

Alumnos/as:

Mariana Flórez Urrego

Valentina Gómez Vega

Felipe López Restrepo

Resumen

En la materia, Materiales, del pregrado de Ingeniería de producción se planteó la idea de sustituir un material de algún elemento ya existente, el cual generará algún beneficio económico y/o ambiental, o maximizará una propiedad necesaria. En el siguiente trabajo se mostrará como los materiales escogidos mejorarán la calidad de vida de los residentes de los hogares. Este análisis se hizo con la ayuda de la herramienta CES EduPack y la teoría vista en clase.

GRANTA
TEACHING RESOURCES



© Granta Design, 2019
For reproduction guidance, see back page

The Teaching Resources website aims to support teaching of materials-related courses in Design, Engineering and Science.
Resources come in various formats and are aimed primarily at undergraduate education.

Contenido

1.	Objetivos	182
2.	Planteamiento del problema.....	182
3.	Solución propuesta.....	183
4.	Resultados y Conclusiones	184
5.	Bibliografía.....	185
6.	Anexos	186

1. Objetivos

El proyecto tiene como objetivo principal encontrar la combinación ideal de materiales que, en su conjunto, tengan las condiciones suficientes para mejorar la calidad de vida de los residentes.

Para esto se necesita de capas que cumplan con propiedades térmicas, las cuales impidan el paso de altas y bajas temperaturas; acústicas, para que aíslen la contaminación sonora del exterior; ópticas, para que mejoren la iluminación de la vivienda y que su vez, estos materiales tengan alta resistencia a la corrosión y bajo porcentaje a la humedad.

2. Planteamiento del problema

Una casa está compuesta principalmente por vigas, paredes y techo. Del último, depende gran parte de la comodidad de sus habitantes, ya que, según el tipo de material y sus propiedades, se verá afectada en gran medida la iluminación, la temperatura interna y la contaminación sonora de la vivienda. Además, también se afectarán algunos aspectos de la salubridad, pues en estos a veces habitan hongos y/o bacterias que generan malos olores y perjudican las propiedades del material. Actualmente, los tejados están contruidos en cerámica no técnica, barro cocido, cobre, acero inoxidable, acero galvanizado, acero recubierto de silicón y aluminio.

Debido a lo anterior, las personas normalmente optan por conductas dañinas con el ambiente, lo cual incrementa la huella de carbono. Entre estas se presentan: prender las luces durante el día; implementar el aire acondicionado, el cual puede consumir en promedio 1,320kw por hora; tener constantemente los ventiladores prendidos, con el agravante de que esto puede generar enfermedades respiratorias; funcionar los equipos de sonido con alto volumen para contrarrestar el ruido del exterior, lo cual afecta la salud auditiva. Además, hay circunstancias contra las que los residentes no pueden hacer prácticamente nada, como lo es la filtración del agua lluvia y el óxido del tejado metálico.

3. Solución propuesta

Con base en los requerimientos mencionados en el planteamiento del problema y en los objetivos del trabajo, se decidió que era necesario diseñar un material compuesto de múltiples capas. Con estas se espera que cada una, aporte una característica diferente, las cuales finalmente maximicen el rendimiento del techo.

Para la capa 1, se realizó en el software *CES EduPack 2017 – Nivel 2* en la herramienta de *Limit* un filtrado inicial. En este se utilizó la propiedad transparencia y durabilidad en entornos construidos, donde se estableció que el material debía ser translucido, tener buena calidad óptica y una buena resistencia a la radiación UV. Este filtrado arrojó que la familia de los polímeros y de los compuestos son los que mejor cumplen con estas características. (Ver anexo 1)

Para la capa 2, los parámetros para filtrar los materiales fueron que tuviera alto rendimiento, alta rigidez, resistencia y capacidad para soportar el calor el calor, y que su proceso de fabricación fuera extrusión. Según estos parámetros la familia de los polímeros es un buen candidato.

Para la capa 3, tuvimos en cuenta múltiples parámetros, ya que esta capa es la que le dará la mayor resistencia al techo. Tiene que tener un alto módulo de Young, buena resistencia a la tracción y alta tenacidad a la fractura. Para este filtrado también utilizamos la herramienta de *Limit* y *Chart*, allí arrojó que los mejores candidatos eran aleaciones de aluminio o zinc. (Ver anexo 2)

Se propone una vez se termine con la capa 3, que la capa 4 sea igual a la capa 2 y la capa 5 igual a la capa 1.

4. Resultados y Conclusiones

Después de realizar una gráfica de Densidad vs Tenacidad a la fractura, con los candidatos para la capa 1, se determinó que el material que mejor cumple la propiedad tanto mecánicas como funcionales para esta capa es el material compuesto SMC (chapa de fibras en matriz de poliéster). Este además es un buen aislante térmico, tiene buena moldeabilidad y mecanizabilidad.

Para la capa 2, después de analizar los polímeros, se encontró que el PEEK (termoplástico de cetona de poliéster y éter) era un buen candidato. Sin embargo, es altamente costoso, lo que limita su aplicación, por tanto, se escogió el polímero PP (Polipropileno). Este material tiene un punto de fusión alto y una temperatura en servicio favorable para su uso en los techos de hogares.

Para la capa 3 escogimos la aleación de aluminio para forja no envejecible. Esto es debido a que, de todos los candidatos, es la que presenta menor densidad comparado con la resistencia que ofrece debido a su endurecimiento por envejecimiento. Para esta capa se recomienda un proceso de galvanizado, el cual potencialice su anticorrosión.

Después de definir los materiales idóneos para las capas, el modelo de las tejas sería como se muestra en el anexo 3.

Con la herramienta *Eco Audit del software CES EduPack*, se evaluó la energía y la huella de CO2 que produciría la realización de dichas tejas (Ver anexo 4). Allí se encontró que, comparando las tejas diseñadas contra unas tejas de cerámica de pizarra, en cuanto a consumo energético, la cantidad de energía necesaria sería mucho mayor, sin embargo, se debe analizar que las nuevas tejas tienen mayor durabilidad que las de pizarra, que tan sólo tienen una vida útil de 25 años. Además, las tejas de pizarra no tienen las características térmicas, acústicas, y corrosivas, las cuales si tienen las tejas diseñadas.

En cuanto a huella de carbono, se tiene que también es mayor. Esto es debido a que las tejas diseñadas contienen varias capas, y en el *Nivel 2 del software CES EduPack* no se encuentra la herramienta de *Synthesizer* del *Nivel 3*, que permite evaluar un material compuesto por múltiples capas, con este se podría medir con mejor exactitud la verdadera huella de carbono del material diseñado.

Se concluye que el material diseñado si bien puede ser más costo y que puede generar mayor

5. Bibliografía

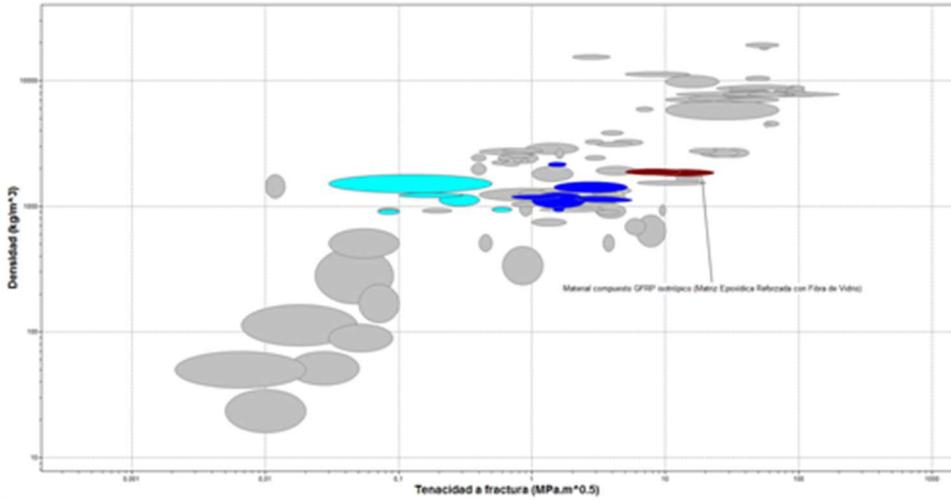
¿cuánto pesa una hoja de pizarra, peso 7 y 8 ondas de - Blog sobre reparación. (2018). Retrieved from <http://es.blog-oremonte.ru/techo/cuanto-pesa-una-hoja-de-pizarra-peso-7-y-8-ondas-de.html>

Ajover. (2018). Retrieved from <http://www.ajover.co/wp-content/uploads/2016/07/fichastecnicascubiertaajoveronduladaajover.pdf>

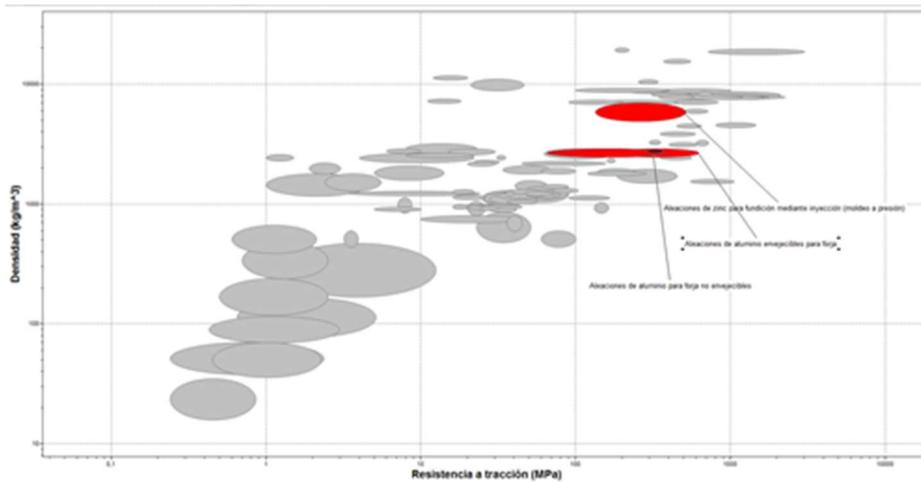
Manual para el diseño y ejecución de cubiertas de teja cerámica. (2019). Retrieved from <http://www.hispalyt.es/cd2/materiales/mate.htm>

6. Anexos

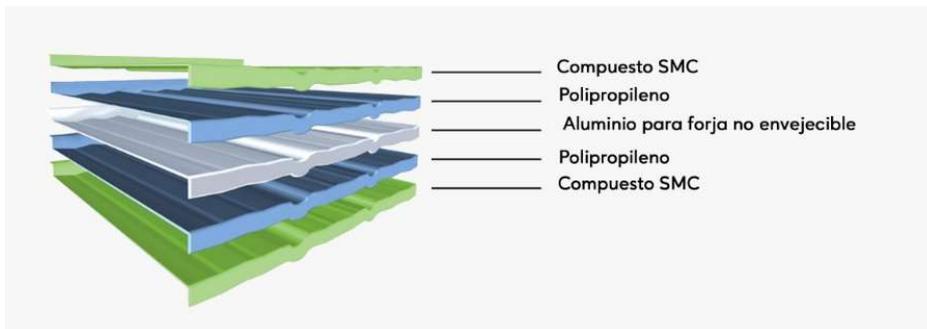
Anexo 1. Relación entre la tenacidad a la fractura y la densidad para la selección del material



Anexo 2. Relación entre la resistencia a la tracción y la densidad para la selección del material



Anexo 3. Diseño de las capas

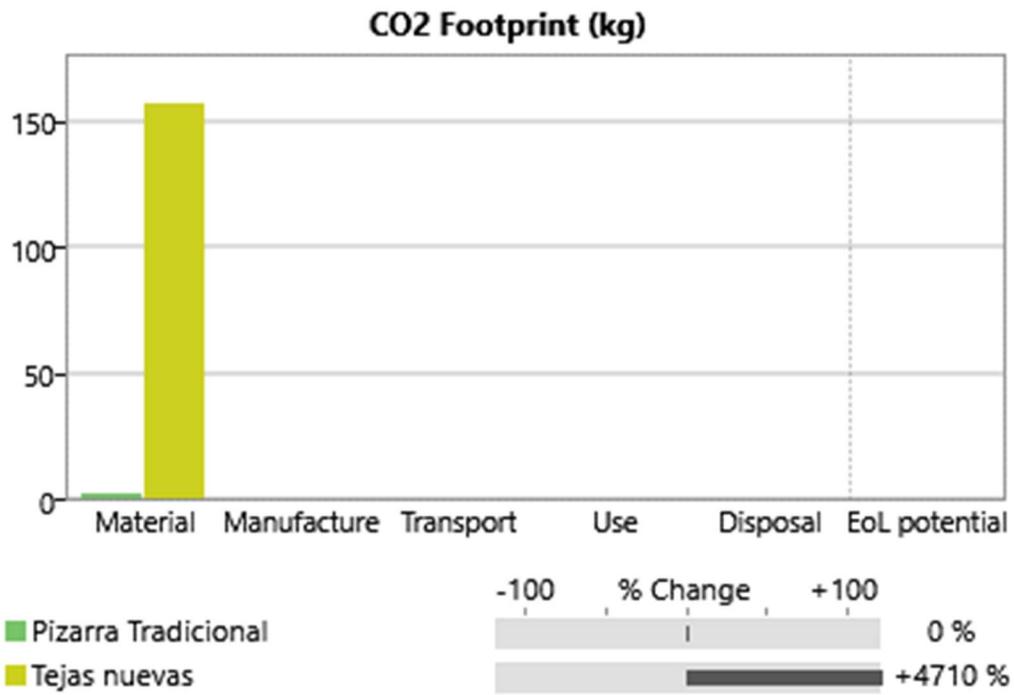
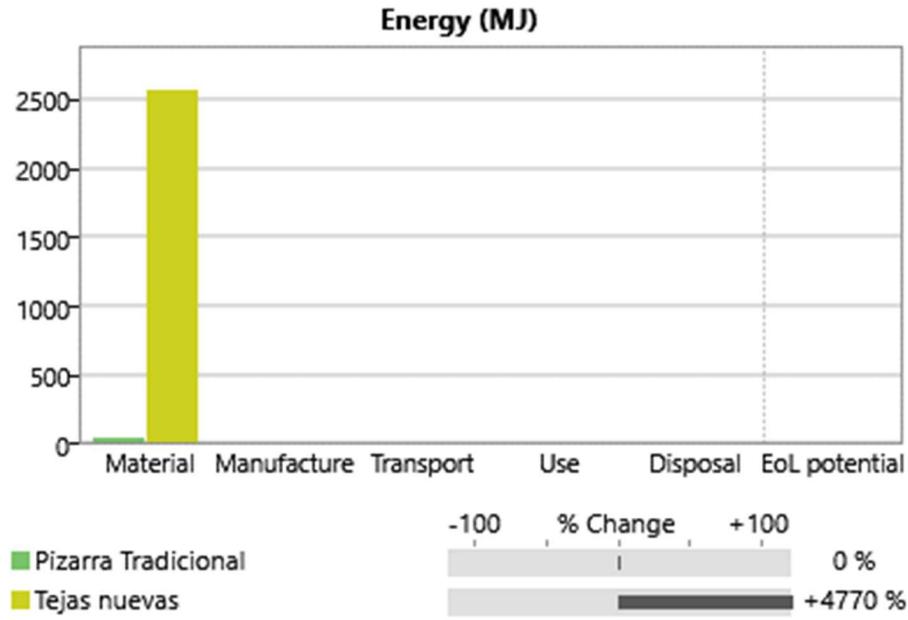


Anexo 4. Eco Audit para energía y huella de carbono de la pizarra tradicional

Phase	Energy (MJ)	Energy (%)	CO2 footprint (kg)	CO2 footprint (%)
Material	2,57e+03	99,9	157	99,8
Manufacture	0	0,0	0	0,0
Transport	1,12	0,0	0,0792	0,1
Use	0	0,0	0	0,0
Disposal	2,63	0,1	0,184	0,1
Total (for first life)	2,57e+03	100	157	100
End of life potential	0		0	

Eco Audit para energía y huella de carbono del material propuesto

Phase	Energy (MJ)	Energy (%)	CO2 footprint (kg)	CO2 footprint (%)
Material	42,8	81,1	2,57	78,6
Manufacture	0	0,0	0	0,0
Transport	2,98	5,6	0,211	6,5
Use	0	0,0	0	0,0
Disposal	7	13,3	0,49	15,0
Total (for first life)	52,8	100	3,27	100
End of life potential	0		0	



Selección del mejor material para el espéculo vaginal

Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de
Monterrey,
Puebla, México

Tutor/a:

Conrado Rosales

Alumnos/as:

Renato García Rodríguez

Diana Laura García Aguilar

Karla Guadalupe Santiago Cruz

Resumen

En el presente documento se exhibe el caso de la elección de un nuevo material para el espéculo vaginal, haciendo notar la necesidad de encontrar una mejora posible y factible que genere cambios positivos a la usuaria, y la invite a realizarse el Papanicolaou con la confianza de que no vivirá una experiencia incómoda y dolorosa.



Contenido

1.	Objetivos	190
2.	Planteamiento del problema	190
3.	Solución propuesta.....	191
4.	Resultados y Conclusiones	192
5.	Bibliografía	192
6.	Anexos.....	193

1. Objetivos

El espéculo es una herramienta utilizada en mujeres de 21 años para la realización del Papanicolaou, dicha herramienta tiene el objetivo de facilitar la detección de enfermedades o células cancerígenas; sin embargo, dicho procedimiento no ha sido mejorado con el paso de los años, así mismo no se han explorado nuevos materiales causando incomodidades o daños en el útero. Por ello se precisa:

- Buscar materiales cuyas propiedades beneficien a la comodidad y utilidad para dicho procedimiento.
- Buscar el material óptimo que facilite el proceso de manufactura y reduzca los costos.
- Encontrar un material hipoalergénico y que sea capaz de ser esterilizado para su reutilización.
- Elegir material con menor impacto ambiental.

2. Planteamiento del problema

En los espéculos, los casos de falla que pueden presentar son el mal ensamble de fábrica (espéculos desechables) pues al ser utilizados por primera vez en una paciente, éste se puede desplazar ligeramente a la izquierda o a la derecha, dañando las paredes vaginales del usuario.

También se sabe que los seguros de los espéculos no son tan resistentes, y a mitad de procedimiento, se rompen, provocando que el espéculo se cierre y por consecuencia, el procedimiento se vea interrumpido provocando incomodidad y en algunos casos, malestar para el usuario.

En el caso de los espéculos metálicos se registra una incomodidad a la paciente debido a que es un material muy frío y rígido, que de igual manera puede llegar a dañar a las paredes vaginales.

3. Solución propuesta

Para el rediseño del objeto, se consideraron distintas variantes que podían ser buenas ideas para ser implementadas al espéculo vaginal, pero se descubrió que la mayor problemática de este objeto es que algunos de ellos son fabricados de acrílico, siendo un termoplástico transparente, es altamente contaminante ya que es un material sintético, y por ser un polímero muy estable no es un material que se degrade rápidamente. No es un material biodegradable.

Con la información antes escrita, se concluyó que el mejor rediseño que se le puede aplicar al espéculo es manteniendo la estructura principal y agregando un aditamento de silicona removible, capaz de ser reutilizado después de haber sido sometido al proceso de esterilización, con el fin de hacerlo más cómodo al tacto y darle un mayor tiempo de vida.

Para encontrar el material ideal, se empezó realizando una clasificación de materiales por medio de límites de acuerdo a la función que cumplirán las fundas para el espéculo vaginal, los parámetros que fueron considerados son: precio, el módulo de Young, límite elástico, resistencia a la tenacidad y la máxima temperatura a la que podrá ser expuesta el material.

Como se ve en las figuras I y II los límites se establecieron de acuerdo al 80% del desempeño máximo y en casos específicos de acuerdo al promedio entre min. y máx. Permittiéndonos generar un primer filtrado por 688 materiales de 4026 en nivel 3 de CES EduPack 2019 (figura III).

Teniendo en cuenta que se busca un material hipoalergénico, suave, reutilizable, ligero y de bajo costo, se realizó un filtrado de materiales de acuerdo a su índice de desempeño (figura IV), basándonos principalmente en sus propiedades térmicas ya que, para un proceso de esterilización correcto, es necesario soportar temperaturas mayores a los 100° C por periodos prolongados de tiempo.

Nos centrándonos en termoplásticos, debido a que son materiales que cumplen con el mayor número de características ya antes descritas de acuerdo a los límites en máximos y mínimos, y su índice de desempeño, fue así que mediante el filtrado de árboles (figura V) encontramos que la Silicona (SI,Q) es el material óptimo para el desarrollo de las fundas protectoras.

Para finalizar se realizó la ecoauditoría (figura VI), la cual nos ayudó a comparar entre tres polímeros cuyas características eran similares, pero, cada uno contaba con diferente huella ecológica, por ello se optó por el polímero con el menor daño al medio ambiente, que una vez más resulto ser la Silicona (SI,Q).

4. Resultados y Conclusiones

Sabiendo la importancia que tiene el espéculo vaginal en nuestra sociedad hoy en día, se decidió la exploración y la mejora del producto, ya que su diseño estructural ha sido el mismo desde su invención y la selección de su material, no es pensado en la comodidad de la paciente, pues el material con el que está hecho es muy rígido, frío y es propenso, a causa de sus fallas, a lastimar las paredes vaginales del usuario. Con esto y con la investigación previa, se concluyó que el recubrimiento de silicón es la mejor opción para el mejoramiento de diseño del espéculo, añadiendo comodidad, seguridad y mejora en su estructura, reduciendo el malestar y/o incomodidad que ocasiona al paciente al ser utilizado, pues el silicón seleccionado es un material hipoalergénico, noble y suave. Al mismo tiempo se tomó en cuenta el impacto ecológico que pudiera generar, esperando que, al poder ser esterilizado, se pueda reutilizar y con ello aplicarlo en espéculos ya existentes, disminuyendo la producción de espéculos desechables y mejorando la calidad de los espéculos metálicos.

5. Bibliografía

- 1.- Universidad de Navarra. (s.f). Espéculo Vaginal. Marzo del 2019, de Universidad de Navarra
Sitio web: <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/especulo-vaginal>
- 2.- Paula L. (enero 25 del 2018). ¿QUÉ ES UN ESPÉCULO VAGINAL Y PARA QUÉ SIRVE?
Marzo del 2019, de Iberomed Sitio web: <https://www.iberomed.es/blog/2018/01/25/que-es-especulo-vagina-para-que-sirve/>
- 3.- María de GirodMedical. (18 de mayo del 2017). Espéculo vaginal: los diferentes modelos.
Marzo del 2019, de Girod Medical Sitio web: https://www.girodmedical.es/blog_es/especulo-vaginal-los-diferentes-modelos/

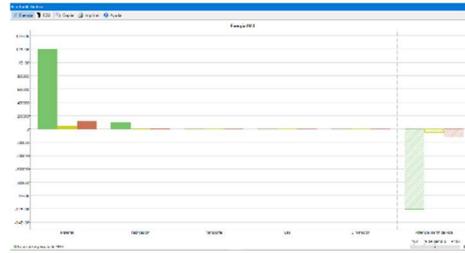
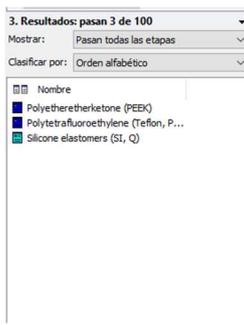


Fig. V Captura pantalla CES EduPack 2019 Filtrado de árbol en nivel 3

Captura pantalla CES EduPack 2019 Comparación CO2 generado para producción de funda para espejo con materiales PEEK, silicona y politetrafluor

3D Printed sneaker sole

Universidad Politécnica de Madrid,
Madrid, España

Tutor/a:

Elena M^a Tejado Garrido

Alumnos/as:

Isabel Gómez Palos

Daniel Pérez Gallego

Egor Pichuguin

Resumen

El uso de calzado o zapatillas es un hecho imprescindible y necesario sea cual sea la actividad que vayamos a realizar en nuestro día a día, por lo que la comodidad y durabilidad de estos productos han de ser la mejor posible. Sabemos que existen numerosos modelos en el mercado con diferentes tallajes en función del tamaño de pie del usuario. Sin embargo, el hecho de elegir una zapatilla que se ajuste a un “número” no indica que se ajuste en cuanto a comodidad, dado que intervienen más factores a parte del tamaño del pie como pueden ser la forma del mismo, el tipo de pisada del usuario o el hecho de presentar diferentes características en cada uno de los pies. Por esta razón, surge la idea de que cada cliente pudiese obtener un modelo de zapatillas personalizado teniendo en cuenta dos factores: la estética y la mayor comodidad posible.

En el presente proyecto se propone el uso de la impresión 3D para la fabricación de suelas de zapatillas personalizadas para solucionar el problema propuesto. Para seleccionar aquellos materiales que puedan cumplir nuestro propósito se han definido una serie de restricciones en cuanto a sus propiedades, como la rigidez del material, su conductividad eléctrica y térmica, durabilidad, densidad o la facilidad para ser empleado en impresión 3D.

Una vez realizada la selección de posibles materiales se han definido como posibles candidatos cuatro tipos de materiales poliméricos: Poliamida 11 (PA11), Polietileno reticulado (XLPE), Elastómero Termoplástico de Poliéster (TPC) y Poliuretano Termoplástico (TPU). Tanto el precio como las propiedades que tienen cada uno de estos materiales son muy similares entre ellas. Sin embargo, si estudiamos el impacto medioambiental que presentan, los materiales dentro del grupo del XLPE son aquellos con menor contribución en la huella de carbono y menor consumo de agua en su producción, por lo que este tipo de material podría ser el ideal para la fabricación de suelas de zapatillas por impresión 3D.



Contenido

1.	Objetivos	196
2.	Planteamiento del problema	196
3.	Solución propuesta.....	197
4.	Resultados y Conclusiones	198
5.	Bibliografía	199
6.	Anexos.....	200

1. Objetivos

The main objective of this project is to find the best material to produce customizable soles for casual sneakers using 3D printing techniques to provide special treatment to customers. 3D printing can make this process easily and accurately, fabricating shoes that match exactly with the customer feet and necessities (feet conditions, size differences, etc.) and also cover the fashion industries highest exigencies.

The basic functions of the material to be searched in this project: Flexibility, Durability, Isolation, Compression supporting, City weather resistant, 3D Printable (different shape and size).

In addition to these characteristics, there are some desirable functions or functions to optimize, that can give a plus to the product: Ecological, Low cost, Light weighted.

2. Planteamiento del problema

All the required functions respond to certain properties (mechanical, physical, chemical, etc.) of the material. It is necessary to delimit the ranges in which these properties can vary to maintain the desired objectives. Reference materials, such as EVA, PA12, PUR, NBR and HNBR that are already used in shoe soles, were analysed to find the average, maximum and minimum values for the properties. For the properties that allowed a product to be 3D printed, PSU, PLA and other polymers were taken as references.

Mechanical properties: Young's Modulus (1 MPa to 1000 MPa), Specific stiffness (0.01 to 0.5 MN.m/kg)

Durability: Water resistant (Acceptable)

Isolation: Electrical resistivity ($> 1017 \mu\text{ohm} \cdot \text{cm}$), Thermal conductivity ($< 0.5 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$)

3D printable: Extrusion (Acceptable), Melting point (150-250 °C)

Daily use: Temperature resistant (-50 °C to 100 °C), UV radiation (Fair-Good)

Light Weighted: Density (800 to 1200 Kg/m³)

3. Solución propuesta

For the material selection analysis, we used Granta software CES EduPack 2018 [2], this software has large databases and tools for compare, graph and find different kind of materials and processes.

The first step was selecting the database, we choose the level 3 advanced one in order to have more materials and information about them. Inside the ProcessUniverse we searched “3D printing”, we decided to work with a shortened database, reduce to those materials with the properties required to be jetted. This gave us 726 possible materials with a lot of different properties. *Fig. 1* presents all the materials distributed by density and elastic modulus, divided by elastomers and plastics, some labels are shown to give examples of material.

Now, we could apply other filters matching our material constraints. For qualitative constraints (extrusion compatibility, water and UV resistance) we used the function “limit” that eliminates all the materials that doesn’t meet the features selected. With this action we were able to reduce the number to 113 possible materials (*Fig. 2*).

The next step was to apply the quantitative constraints one by one, we decided to make it with a graphic method, so it could be easier to see the reduction in the number of eligible materials. The first limit set were density and Young’s modulus, for this, we inserted index lines at the limits to each property and giving the line the objective to maximize or minimize the index. This limitation gave us a reduction to 48 materials (*Fig. 3*). Then the limits for maximum and minimum service temperature were set (*Fig. 4*). This procedure led us with only 19 possible materials. The last filter was the thermal conductivity and melting point of the material (*Fig. 5*), this reduce the options to 14 materials, of which 4 are different and the others are variation of the same material, PA11, PE, TPC and TPU.

Once we know the main characteristics of each materials that could be appropriate to the purpose of this project, we are going to carry out a comparison between them to select the material that fits the best to our requirements.

The next step is determining the useful one for shoes. To achieve that goal, we have to select the material with the highest features such as stiffness and elasticity among these materials.

For calculation of necessary properties, we create the model of a situation with some certain parameters. During the walking when man step to one foot and all the weight focused in the front of shoe, considering 80 Kg and a rectangular sole (0.3 x 0.1 x 0.03 m).

To determine the stiffness of a sole it is necessary to calculate normal deformation of it under the external force (compression force).

$$\Delta s = \frac{\text{mass} \cdot g \cdot \text{thickness}}{\text{area} \cdot E}$$

To determine the elasticity of a sole it is necessary to calculate axial strain of it under the external force.

$$\Delta l = \frac{\sigma_{lim} \cdot \text{loaded length}}{E}$$

4. Resultados y Conclusiones

The results of calculation are presented in the next table:

Table 1. Results of the calculation.

Material	Young's modulus	Elastic limit	Δs	Δl
PA11	0,48 GPa	30 MPa	0,049 mm	18,75 mm
PE cross-linked	0,545 GPa	10 MPa	0,004 mm	5,50 mm
TPC	0,09 Gpa	8 MPa	0,026 mm	26,27 mm
TPU	0,15 GPa	15 MPa	0,016 mm	30,00 mm

The most suitable material is **Crosslinked polyethylene**, it has the best stiffness and enough elasticity index to use it for sole of our shoes.

Regarding all other properties, all the materials selected using the software are in the same range. Except for electrical isolation, a notable difference appears between XLPE and the rest, but all the values will be enough for our purpose.

Another difference that could be remarkable is the value of the Young's modulus. TPC and TPU are less stiff than the others, so they could be more limited depending on the utilization.

An important aspect to considering is the price. XLP and TPU are cheaper than PA11 and TPC (more or less the half amount).

If we study the environmental impact that these materials cause, we can observe remarkable differences between them. We can observe that the family of PE is the group eco-friendlier compared with the rest. PA11 has also a low amount of CO2 foot print, but in its production a lot of energy is consumed (to produce 1 kg of this material is necessary to spend 8900 litres, unlike the consumption of water to produce the others, which this value is between 80 and 350 l/kg).

In conclusion, XLPE could be the best option to fabricate the sneaker's soles due to the lowest price and the lowest environmental impact. The rest of the properties on this material are also better than the others: lighter, stiffer, more electrical and thermal isolation and lower melting point (easier to melt it to carry out the extrusion process).

5. Bibliografía

Bernt Ersson, Shoe analysis, 2002.

<http://www.shoedoc.se/skoeng.asp>

Granta software CES EduPack2018

<https://www.grantadesign.com/>

Resinex ®. Kind of polymers

<http://www.resinex.es/tipos-de-polimeros/pa.html>

6. Anexos

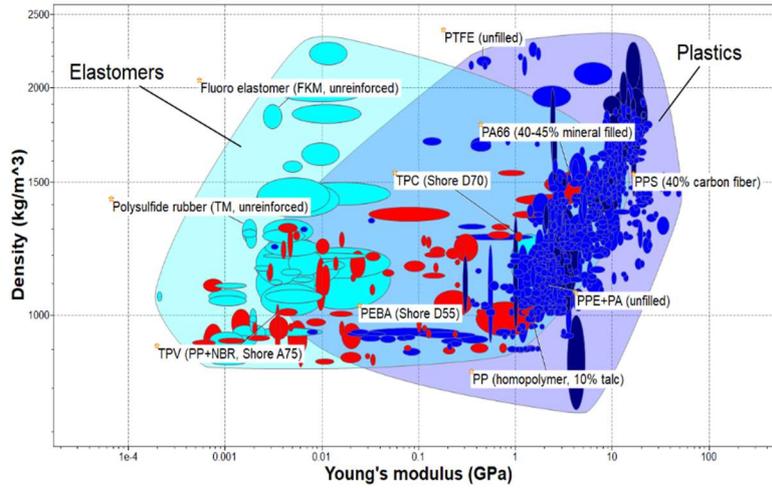


Fig. 1. Materials available for jetting.

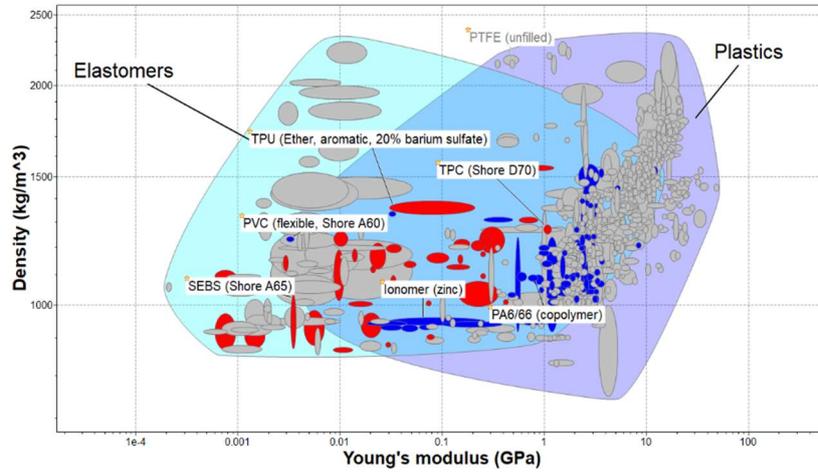


Fig. 2. Materials that meet the qualitative requirements.

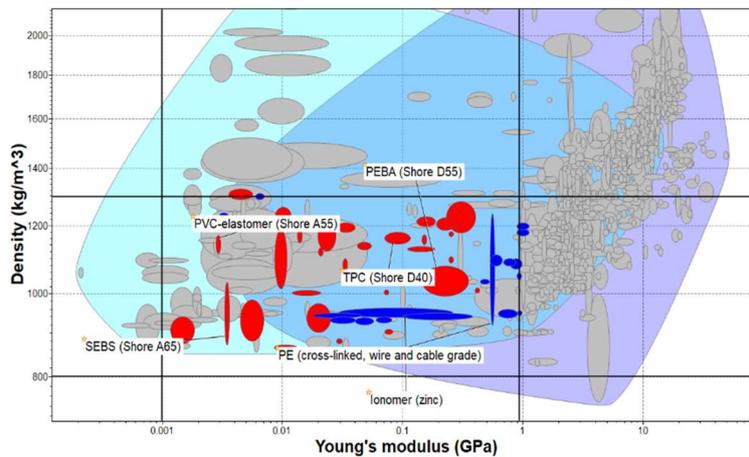


Fig. 3. Density and Young's modulus constraints applied.

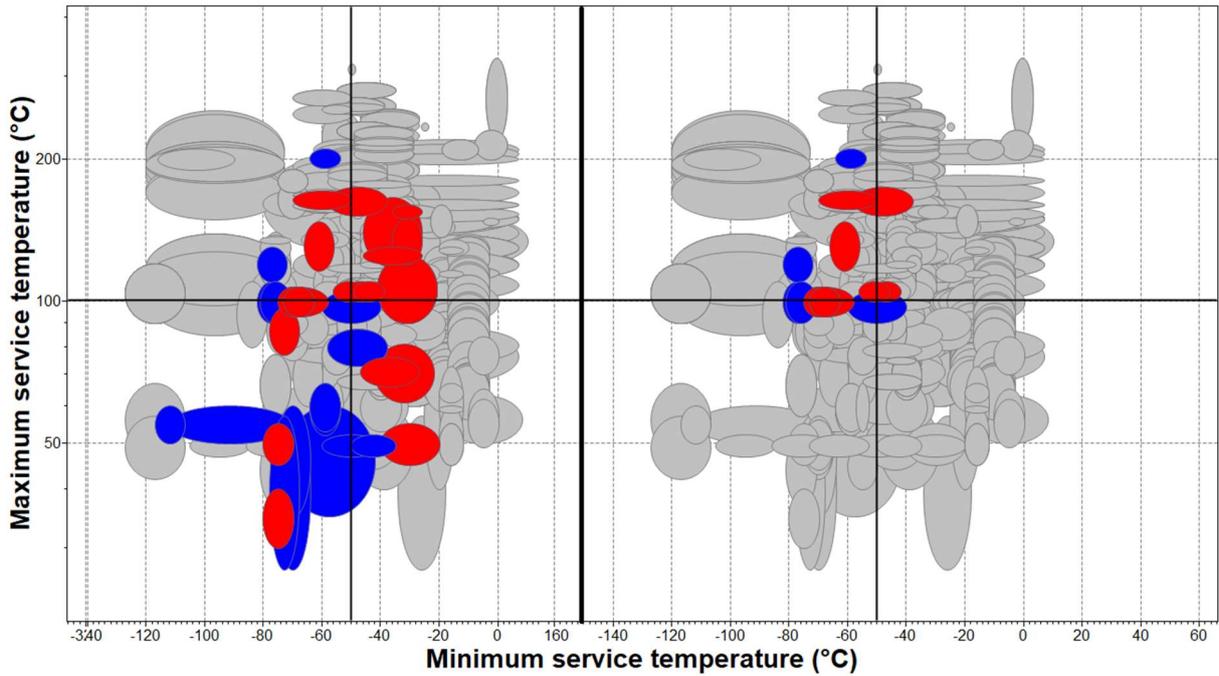


Fig. 4. Reduction of possible materials because of maximum and minimum service temperature limits.

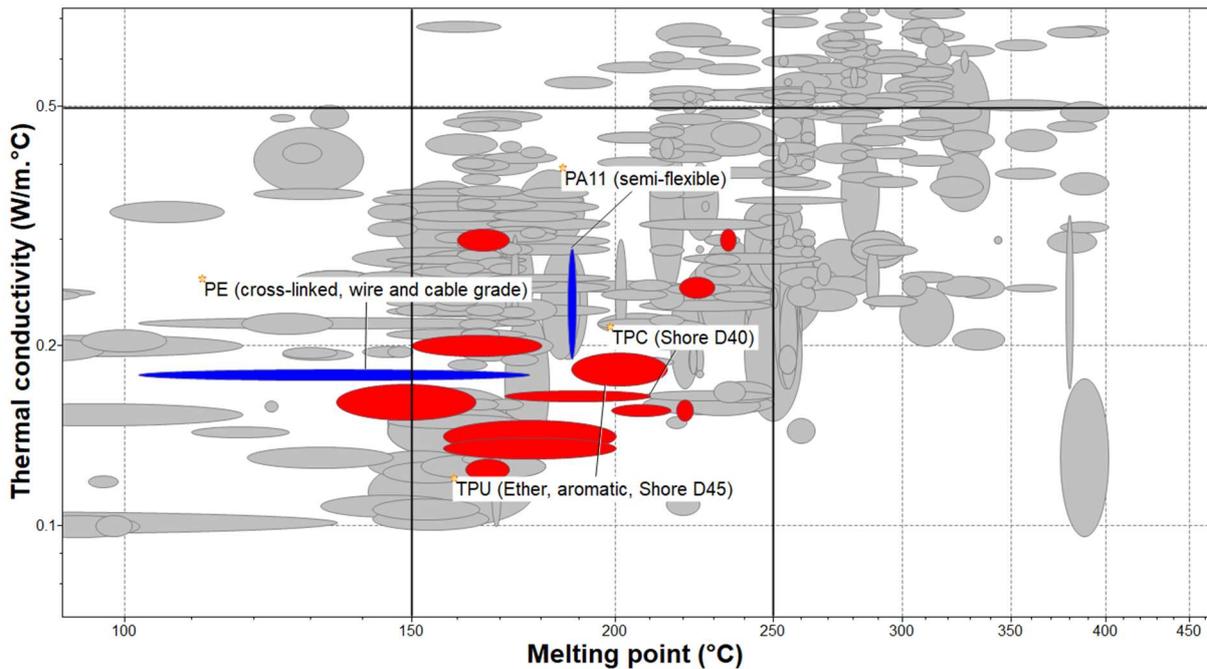


Fig. 5. Final list of materials filtered by thermal conductivity and melting point.

Trampas urbanas

Universidad Politécnica de Madrid,
Madrid, España

Tutor/a:

Álvaro Ramírez Gómez

Alumnos/as:

Beatriz García Navarro

Resumen

Las pinturas de tráfico son la principal manera, junto con las señales de tráfico, etc., de transmitir la información vial al conductor, por lo que su uso es obligatorio.

El problema reside en que, al aplicarse esa pintura, el coeficiente de rozamiento que ofrece el asfalto se ve drásticamente reducido.

Con este proyecto se pretende dar una solución al problema mediante la selección de materiales y el diseño industrial, ya que la solución que se plantea no es tan solo una alternativa en cuanto a materiales de las pinturas que se utilizan normalmente, sino que se trata de un producto nuevo.



Contenido

1.	Objetivos	203
2.	Planteamiento del problema	203
3.	Solución propuesta	204
4.	Resultados y Conclusiones.....	205
5.	Bibliografía	206
6.	Anexos	207

1. Objetivos

Las pinturas de tráfico son una manera de transmitir la información a los conductores en muchos casos. Una de las situaciones en las que su uso se traduce en un problema es en los pasos de peatones.

El problema que se encuentra es que, al aplicar dicha pintura, desaparece la capacidad de agarre del asfalto, está totalmente cubierto por una capa de pintura plástica que reduce drásticamente el coeficiente de rozamiento del suelo.

Esto no solo perjudica a los peatones, sino también, y más gravemente, a los conductores de vehículos de dos ruedas, especialmente las motos, por ir dotadas de una mayor velocidad.

Para llevar a cabo la resolución de la cuestión, se tendrán en cuenta tres factores que componen la mayor parte de las pinturas utilizadas:

- Base
- Elemento reflectante
- Elemento antideslizante

2. Planteamiento del problema

Con este proyecto se pretende proponer una alternativa más segura a la pintura que se lleva utilizando hasta ahora, por medio de la selección de materiales, manteniendo o mejorando sus otras características de resistencia al desgaste y a las inclemencias de tiempo, teniendo en cuenta a la vez las limitaciones económicas que existen, ya que es un servicio contratado no por particulares sino por el ayuntamiento en la vasta mayoría de los casos.

Se planteará una alternativa que mejore la situación que existe actualmente, aunque no sea necesariamente una pintura, teniendo en cuenta las propiedades que debe tener tanto de refracción, coloración, adhesión al suelo, antideslizamiento etc.

3. Solución propuesta

Dentro de los cuatro materiales que cumplían con las especificaciones de durabilidad medioambiental, temperaturas de servicio y termoplaticidad, junto con otras especificaciones mecánicas y de impacto, se escogió aquella que, para un menor precio, tuviera una mayor dureza. La razón de esto fue que ésta está relacionada con el desgaste, y el mayor problema que existe dentro de las pinturas antideslizantes es que hay que cambiarlas con una asiduidad mucho mayor. El proceso de fabricación del producto comenzaría con una extrusión del TPU, para lo cual es un material más que adecuado, según su ficha técnica tiene una capacidad de extrusionado excelente. Para el segundo compuesto, pues como ya se ha indicado el producto ya solo iba a tener dos partes en vez de tres, las especificaciones fueron ópticas y de dureza, a la par que, de durabilidad medioambiental, igual que las que se exigieron con el material anterior.

Con esta búsqueda se logró seleccionar un número de materiales mucho mayor que con el anterior. Con estos materiales preseleccionados, y con la ayuda de tres gráficos de globos diferentes, se logró llegar a dos, que son el Aluminosilicato 1723, y Carburo de Silicio, por sus propiedades combinadas de dureza y refracción de la luz, en una proporción aproximada de 80% el Aluminosilicato y 20% el Carburo.

Se tuvo también en cuenta que la densidad de estos compuestos no debía ser demasiado mayor que la del TPU, ya que, si lo fuera, al calentarse a la hora de colocarlo se hundiría demasiado, al superar la tensión superficial y perdería las cualidades para la que se seleccionó, las ópticas y las de textura antideslizante, ambas inútiles si el material no se encuentra en la superficie sino en el interior de la señal horizontal.

4. Resultados y Conclusiones

Tras un extenso estudio del mercado actual y de las posibilidades que ofrece la señalización horizontal, se ha llegado a la conclusión de que la mejor opción sería un rollo de cinta preformada continua con el ancho de cada una de las bandas del paso de peatones de 2 mm de espesor. Esta cinta sería de poliuretano termoplástico (TPU).

Inicialmente se valoró el utilizar tres materiales, uno con la función de aglutinante, con la capacidad de ser coloreado, que sería el TPU que ya se ha comentado. El segundo y tercer material serían, respectivamente, para la refractabilidad de las señales horizontales, y para el antideslizamiento, para que aumente el coeficiente de rozamiento de la misma. La solución fue sencilla, ya que para que hubiera un mayor índice de refractabilidad se necesitaba una cobertura lo más total posible, la misma cobertura que debía ofrecer el material antideslizante. Sería mucho óptimo que el mismo compuesto fuera capaz de cumplir con ambas funciones. De ahí surgieron las especificaciones para el segundo material, que fue una combinación de Aluminosilicato 1723 y Carburo de Silicio en modo de gránulos, repartido uniformemente por toda la superficie de la banda por el proceso de proyección.

Las características de este poliuretano permiten colocarlo en el pavimento en un estado de líquido viscoso con temperaturas mucho menores que los otros tipos de termoplásticos que forman la matriz de las pinturas y preformas que se llevan utilizando hasta la fecha (139-181 °C frente a los más de 200 °C de otros termoplásticos). Se calentaría dos veces, una para la colocación en la zona que se quiera señalar como paso de cebra, y otra previamente en fábrica.

Para conformar la banda continua que se pretende crear, se deberá añadir a la tira de TPU un granulado fino de Aluminosilicato 1723 y Carburo de Silicio, que, mediante el proceso de proyección, como ya se ha comentado, se adherirá a la superficie del polímero ya calentado, de manera que cada grano se pueda incrustar ligeramente en la superficie de la tira de polímero, y más profundamente cuando se vuelva a calentar para colocarlo en su lugar definitivo.

Para su transporte y almacenamiento sin que se desprenda nada de esta arena, se enrollará en bobinas.

Su colocación será mucho más rápida y precisa que las pinturas que se utilizan hasta ahora, ya que no se tendrá que “dibujar” en el suelo cada rectángulo que forme el paso de cebra, sino que solo se tendrán que cortar las franjas de la tira del producto de la longitud que se desee, colocarlas en su lugar y calentarlas con una máquina para que se funda y adhiera al suelo.

5. Bibliografía

<http://www.signovial.pe/>

- <http://signovial.pe/blog/pinturas-trafico/>
- <http://www.signovial.pe/s/termoplasticos/>

<https://www.barpimo.com/>

<http://serviam.com.uy/senalizacion-y-seguridad-vial/>

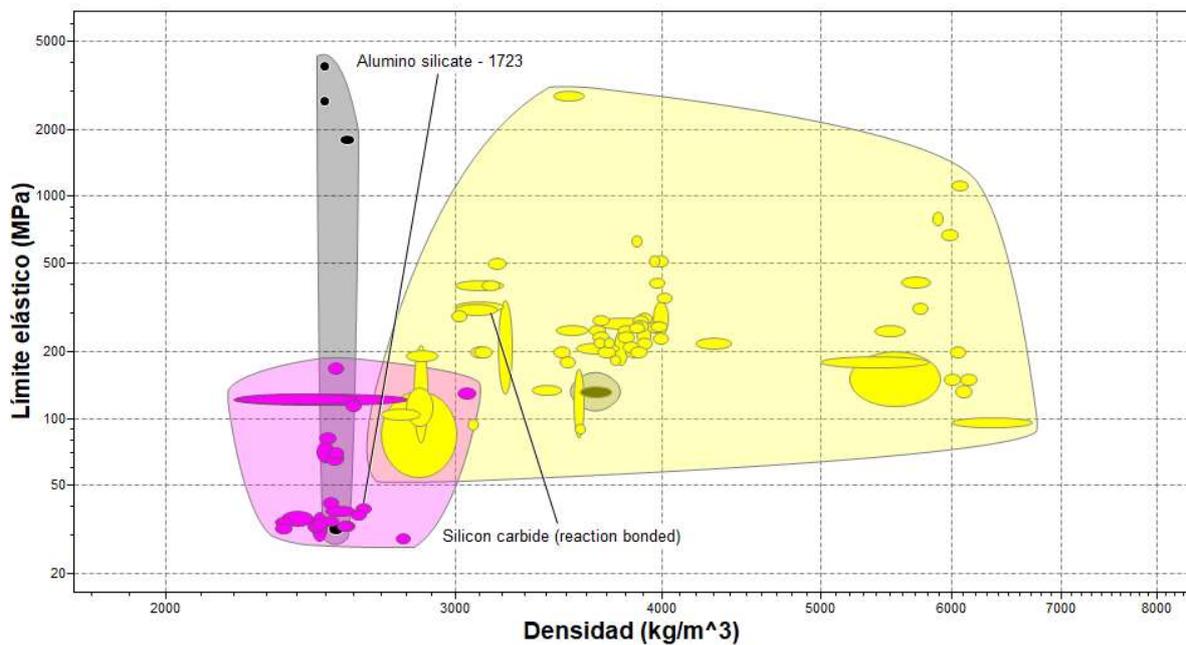
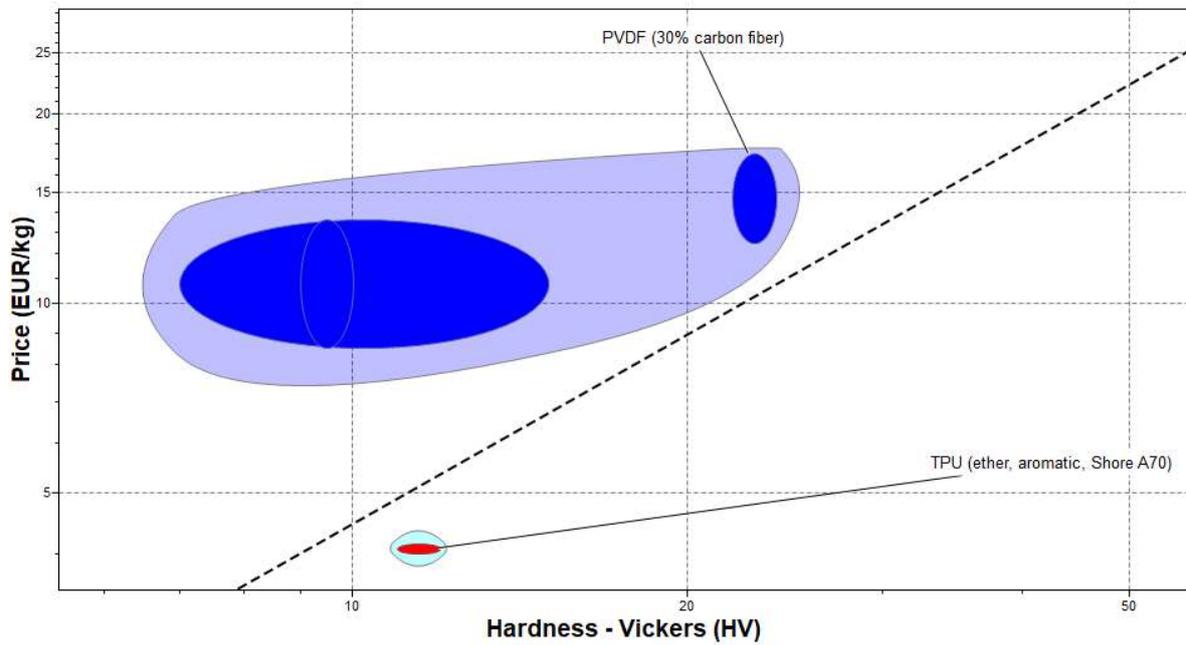
<http://www.bcn.cat/jornadasenyalitzacio/pdf/CMateriales-de-senalizacion-horizontal-y-resistencia-al-deslizamiento.pdf>

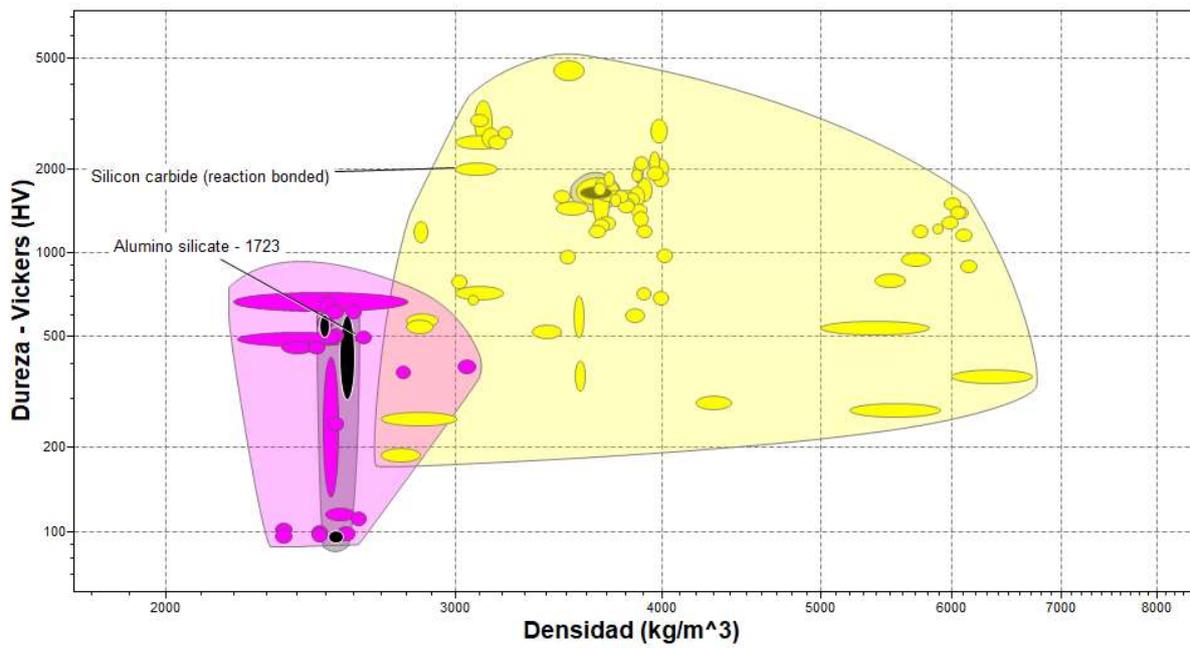
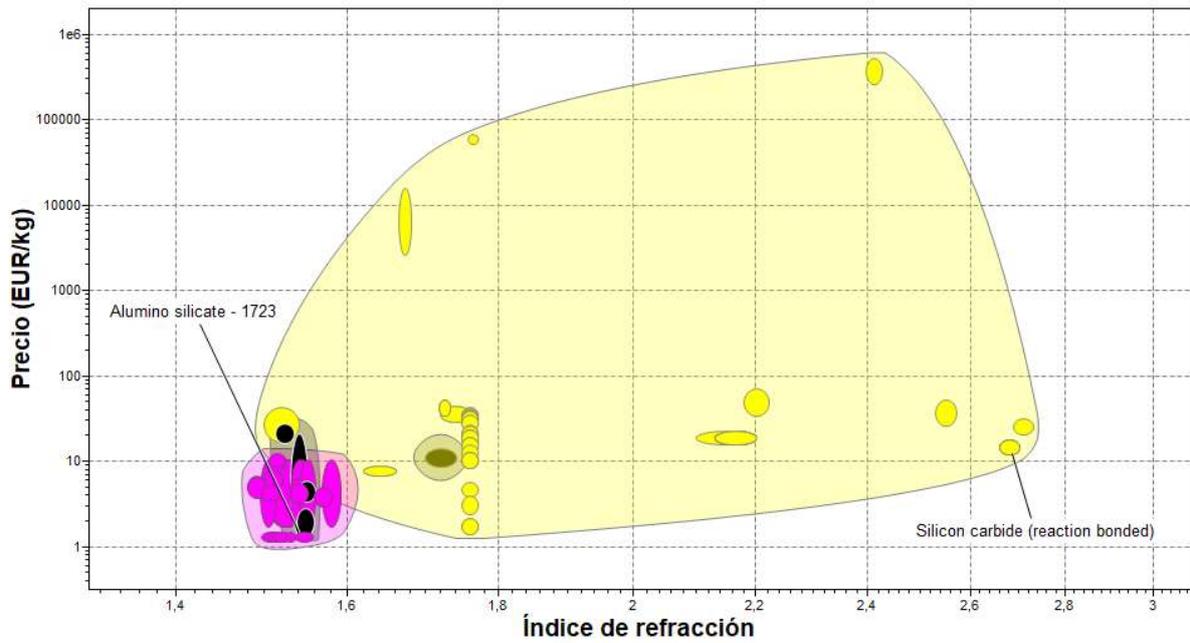
<http://www.faplisa.es/espproductos.asp?numerogrupo=%2701%27>

<https://www.ennisflintamericas.com/by-use/roads-streets-highways>

6. Anexos

Gráfico que relaciona el precio y la dureza de los cuatro polímeros que superaron las exigencias de selección.





Aprovecha estas dos páginas para poner gráficos, ecuaciones, formulas, imágenes...

Copyright Notes

Granta Design Ltd.
www.grantadesign.com

Reproduction

These reports can be reproduced in order to use with students. However, they remain copyright Granta Design. Please make sure that Granta Design is credited on any reproductions. You cannot use these for any commercial purpose.

Accuracy

We try hard to make sure these resources are of a high quality. If you have any suggestions for improvements, please contact us by email at teachingresources@grantadesign.com.

Open Educational Resources include:

- Interactive Case Studies
- Getting Started Guides
- Materials Property Charts
- Engineering Data Booklets

You can register for a username and password for these resources here:
<http://teachingresources.grantadesign.com>

Other Resources Available:

- 25 PowerPoint lecture units
- Exercises with worked solutions
- Recorded webinars
- Posters
- White Papers
- Solution Manuals



Granta's Teaching Resources website aims to support teaching of materials-related courses in Engineering, Science and Design.

The resources come in various formats and are aimed at different levels of student. This resource is part of a set of resources created by Professor Mike Ashby and Granta Design to help introduce materials and materials selection to students.

The Teaching Resources website also contains other resources donated by faculty at the ~1000 universities and colleges worldwide using Granta's CES EduPack and includes both resources that require the use of CES EduPack and those that don't.