



POLITÉCNICA

Contents lists available at POLI-RED

IngeniaMateriales

Journal homepage: http://polired.upm.es/index.php/ingenia_materiales



Suelas de zapatillas de algas

R. de Miguel, J.S. Zamudio, J.D. Túquerrez, N. Sánchez

E.T.S.I. de Caminos, Canales y puertos, Universidad Politécnica de Madrid, C/ Profesor Aranguren 3, E28040, Madrid, Spain

INFORMACIÓN

Información del Proyecto:

Entrega anteproyecto 15 marzo 2021

Entrega Proyecto 21 mayo 2021

Disponible online 1 junio 2021

Keywords:

Poliuretano
Aceite de algas
Polímero

ABSTRACT

En este proyecto se ha tratado de lograr hacer un material apto para su uso como suela de zapatos. Las suelas de zapatillas suelen producirse a partir de una matriz de poliuretano reforzado con petróleo. El petróleo es una de las causas de los problemas del cambio climático. Por ello, vamos a tratar de sustituir el petróleo por otra sustancia, en este caso el aceite de algas. El aceite de algas aparte de hacer que suelas se degraden mejor su extracción es más ecológico, ya que hay sobresaturación de algas en zonas como la costa de Miami y su producción industrial contrastaría problemas ecológicos causados por la industria.

© 2021 ESTRUMAT 2.0. All rights reserved.

1. Introducción

Este proyecto fue propuesto para conseguir sustituir el uso de combustibles fósiles en el proceso de producción de las suelas de zapatos por aceite de algas, dotando al material de un procedimiento mucho menos dañino para el medio ambiente.

La experimentación se ha centrado en comprobar si las propiedades de dicho material ecológico consiguen llegar a igualar, o incluso superar, las del material original en lo que a zapatería se refiere. Buscamos que el material sea resistente, cómodo y lo suficientemente elástico para propiciar un uso prolongado de la suela y, en esencia, del propio calzado.

Nuestras expectativas sobre el material no eran muy sólidas ya que nos inspiramos en un proyecto real realizado por la Universidad de California (UC San Diego) por estudiantes de biología en el que realizan tablas de surf con aceite de algas, biocombustible estudiado por ellos mismos y puesto en marcha previamente en un taller mezclado con un catalizador y silicatos en las proporciones adecuadas.

Para que pueda ser el material aplicado a una suela o media suela de un zapato debe de ser mucho más resistente y cómodo que el de una tabla de surf, la rigidez de esta no permite movilidad alguna. Tras realizar nuestro experimento a ciegas de los resultados que podríamos obtener y con muchos intentos de por medio encontramos una fórmula para que el material funcionase, quedase con la homogeneidad adecuada y la rigidez perfecta para permitir movilidad.

El material se ha realizado de manera casera, su composición principal es poliuretano. Los poliuretanos son materiales los cuales tienen una amplia variedad de estructuras y propiedades. Estos pueden ser desde elastómeros con alta elongación hasta termoplásticos o pueden formar una red termo rígida. Todo ello depende de los reactivos del poliuretano en cuestión, pero los dos están formados a su vez por diisocianatos y polioliol.

1.1. Disocianato

La estructura molecular del diisocianato es un factor determinante en las propiedades finales del poliuretano y es un factor importante que

afecta a la cristalinidad y propiedades mecánicas finales. Otras propiedades como la biodegradabilidad o biocompatibilidad, cinética de reacción o carácter hidrofílico también varían con el tipo de diisocianato empleado en su preparación. Los diisocianatos tienen además propiedades adhesivas muy apreciadas. Sin embargo, debido a su estructura aromática con dobles enlaces conjugados a lo largo de la cadena del segmento rígido, presentan inconvenientes como inestabilidad a la radiación ultravioleta, que los hacen amarillear a corto plazo.

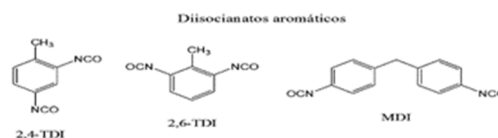


Fig. 1. Estructura química de algunos diisocianatos aromáticos comúnmente empleados en la síntesis del poliuretano

La mezcla de nuestro proyecto se compone de prepolímero de TDI (tolueno diisocianato) modificado con MDI (difenilmetano 4,4'-diisocianato). Para empezar, cabe destacar que el TDI y el MDI son isocianatos aromáticos, que son más reactivos y separan las fases de manera más eficiente que los alifáticos. Sin embargo, estos isocianatos forman aminas aromáticas de elevada toxicidad como subproductos de degradación.

1.2. Polioliol

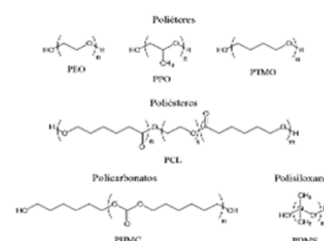


Fig. 2. Estructura química de algunos polioliol comúnmente empleados en la síntesis de poliuretanos

La mezcla de polioles proporciona al material flexibilidad y regulan la biodegradabilidad o estabilidad. Son usualmente poliésteres o poliésteres alifáticos terminados en grupos hidroxilo los que se usan en la industria. Dependiendo de los grupos funcionales y la longitud de la cadena nos encontramos con estructuras de diferente flexibilidad.

1.3. Reacción del diisocianato con el poliol

Cuando el diisocianato se mezcla con un grupo hidroxilo forma uretano. Por otro lado, si el diisocianato reacciona con grupos aminos se forma urea. Así pues, existe un balance entre ambas reacciones, que a su vez depende de la cantidad de polioles con los distintos grupos químicos, para que la espuma contenga celdas de estructura estable.

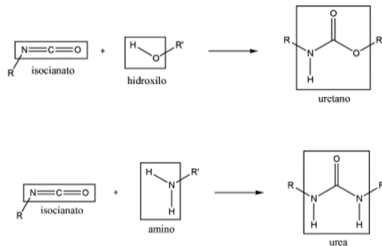


Fig. 3. Reacción de formación de un grupo funcional uretano (superior) y de urea (inferior)

1.4. Microestructura del poliuretano

Estos monómeros se juntan entre sí formando poliuretano, la estructura de este se divide en una fase blanda y una fase dura. La fase blanda puede ser amorfa o semicristalina dependiendo de la longitud de las cadenas de los polioles, está constituida por cadenas de macrodiol (es decir el poliol) y tiene una temperatura de transición vítrea por debajo de la temperatura ambiente. Por otro lado, la fase dura está formada por una distribución de unidades de diisocianato, su temperatura de transición vítrea o de fusión está por encima de la temperatura ambiente y a igual que la fase blanda pueden ser amorfos o semicristalinos. Además, la fase dura actúa como punto de entrecruzamiento físico reversible por cristalización, mientras que la fase blanda, como ya se ha mencionado antes, proporciona flexibilidad.



Fig. 4. Microestructura del poliuretano

1.5. Adición de maicena

La adición de maicena al material le proporciona a este mayor flexibilidad y menor compacidad. La maicena al ser un polisacárido con características hidrófilas hace que el material sea menos compacto, pudiendo haber moléculas de agua y proporcionando así mayor volumen y siendo menos compacto. Deducimos que la maicena reacciona con el poliol. Puede explicarse que las cadenas polisacáridas del almidón reaccionan y se juntan en enlaces hidroxilo con los radicales de los polioles en enlaces hidroxilo. Pensamos que puede ser principalmente con poliésteres y policarbonatos, principales componentes de los polioles en el poliuretano.

1.6. Adición de aceite de algas

Una de las razones de la disminución de tamaño de la muestra, que contiene únicamente aceite de algas, es el comportamiento hidrófobo que tiene el aceite. Esto lo comprobamos cuando mezclamos el compuesto A con el aceite y lo dejamos reposar hasta que se formaron micelas. El comportamiento hidrófobo del aceite de algas puede expulsar el agua del material, haciendo que sea más compacto. También creemos que los componentes del aceite de algas, principalmente el ácido algínico, reaccionan con el poliol, formando enlaces hidroxilo y cristalizando el segmento blando. Creando así una estructura más ordenada. Cuanto más aceite de algas se introduzca más cristaliza el material.

2. Materiales y métodos

2.1. Objetos usados en el proyecto

En el proyecto hemos usado distintos objetos: báscula para medir el peso de los componentes, una pipeta de 1 ml de volumen para precisar la cantidad del aceite de algas, varios tapers desechables, un calibre eléctrico para las medidas de los ensayos, un detector térmico por infrarrojos, pinzas de la ropa, pistola de silicona, cuerda y una bolsa para los ensayos de tracción; diversos tetrabriks para el ensayo de compresión y un cúter y un soplete de repostería para cortar las probetas. Además de los reactivos mencionados anteriormente.

2.2. Reactivos usados en el proyecto

2.2.1. Componente A

Consiste en una mezcla de polioles, que contiene además catalizadores, ignífugantes y agentes espumantes. Este producto lo compramos en la tienda Plastiform.



Fig. 5. Componente A (izquierda) y componente B (derecha)

2.2.2. Componente B

Se trata del prepolímero TDI modificado con MDI. El contenido de este aceite es extracto de Fucus Vesiculosus, aceite de girasol y Acorbyl palmitate.

Tabla 1. Características de los componentes químicos

Características	Unidades	Comp.A	Comp.B
Peso específico 25 °C	g/cm ³	1.20	1.05
Viscosidad 25 °C	MPa.s	230	600
Temp. Inflamación C>200>170 (°C)	Temp. Inflamación °C>200>170	Temp. Inflamación °C>200>170	Temp. Inflamación °C>200>170
Contenido NCO libre	%	26,7	-



Figura 6. Aceite de algas (izquierda) y harina de maíz utilizada (derecha)

2.2.3. Maicena

Compuesta de almidón de maíz.

2.3. Procedimiento de la creación del material

Para la preparación del material había que usar un gramo del componente B por cada dos gramos del componente A, con ello se obtenía poliuretano. Después de crear el poliuretano, hicimos diversas variables según la cantidad de aceite de algas y para que este espesase echamos maicena.

Usamos envases desechables como recipientes para la reacción del poliuretano y medimos la cantidad de las mezclas con una báscula de cocina. El aceite de alga también lo pesamos con la báscula al igual que la maicena. Para tratar de homogeneizar la mezcla de mejor posible usamos cucharillas desechables de plástico.

Comenzábamos pesando 50 gramos del componente A, después lo mezclábamos con la maicena y el aceite, por último, añadimos el componente B. El orden de mezcla de los reactivos no es importante, solamente que uno de los componentes A o B se mezcle con el aceite y la maicena antes de mezclarlo con el otro componente debido a la rapidez de reacción del poliuretano (esto fue una recomendación del dueño de la tienda en la que compramos los materiales).

Tras diversas muestras, decidimos elegir las que mostraban las cualidades más aptas a simple vista. A lo largo del informe se mostrará en algunos ensayos comparaciones con una muestra de poliuretano sin más reactivos.



Fig. 7. Fotografía de diferentes muestras del material.

La primera muestra es solo poliuretano mezclando 50 gramos del compuesto A y 25 gramos del compuesto B. (Figura 1-Objeto 1)

El segundo objeto se mezcló la misma fórmula de la mezcla 1 con 2 gramos de aceite de algas. A esta muestra se la denominará a lo largo del informe probeta o muestra de poliuretano con aceite de algas. (Figura-Objeto 2)

La mezcla 2 nos hizo darnos cuenta de que necesitábamos un espesante que hiciese que la mezcla fuese mucho más homogénea y más flexible, utilizamos harina de trigo y el trabajo que hicimos funcionó, pero debido a que se nos acabó la harina de trigo utilizamos maicena pensando que tendríamos el mismo resultado, pero obtuvimos una mezcla todavía más homogénea y más rígida que la

anterior, pero con la flexibilidad necesaria, la anterior era más espumosa.

Tabla 2. Especificaciones del sistema

Especificaciones	Unidades	FOAM FLEX
Tiempo de crema	s	8 ± 1
Tiempo de gel	s	47 ± 5
Densidad libre	g / l	48 ± 4

Después de varios intentos encontramos la fórmula original del proyecto formada por 50 gramos de compuesto A, 25 gramos de compuesto B, 5 gramos de aceite de algas y 6 gramos de maicena cuya función es la de espesante.

Tabla 3. Especificaciones del sistema

Características	Unidades	FOAM FLEX
Densidad aplicada	kg/m ³	50
Resistencia Tracción alargamiento a rotura	kg/cm ² %	1.1 130
R.Desgarro	N/mm	0.5
Dureza compresión	KPa	3.2 9.5
Compresión set	%	6
Reacción al fuego	-	M4

2.4. Procedimiento de la realización de los experimentos

2.4.1. Resistencia al fuego

Para comprobar la resistencia del material al fuego utilizamos un soplete de cocina y prendimos fuego al material.

El objetivo de este ensayo era conocer su comportamiento antes altas temperaturas, es decir, si el material y el fuego creaban una combustión o si el material se fundía.

Si el material se fundía llegábamos a la conclusión de que era un termoplástico, de lo contrario descartábamos esta opción dejándonos con el grupo de los termoestables y los elastómeros.

2.4.2. Conductividad térmica

Tras introducir las probetas en el congelador, se mide la temperatura de la probeta dentro del congelador, se extrae del congelador y se pone encima de una superficie que se encuentra a 22,5°C. Se mide como se eleva la temperatura, con un detector térmico de infrarrojos, con el tiempo hasta que esta llega a las condiciones ambientales. Hemos representado en gráficas los datos obtenidos.

Con este ensayo queremos saber cómo puede variar la temperatura de nuestro material, si este puede funcionar como aislante térmico o si mejora con respecto al poliuretano original.

La principal idea para realizar este ensayo era meter el poliuretano en un horno y estudiar su variación, pero no se ha podido realizar ya que el poliuretano es muy tóxico debido a que es cancerígeno y mutagénico por el uso del TDI y el MDI que son diisocianatos aromáticos que son perjudiciales para la salud.

2.4.3. Conductividad Eléctrica

En este ensayo se mide la resistencia eléctrica para comprobar si se trata de un material conductor. Para ello, hemos utilizado multímetro para medir la resistencia de una muestra del material y dos trazos de papel de aluminio, debido a su baja resistencia y así pueda propagar la señal eléctrica, que funcionarán como electrodos. La resistencia de un material depende de la longitud, la sección y la resistividad del este según la siguiente fórmula:

$$\rho = R \cdot S / l \quad (1)$$

Siendo ρ la resistividad medida en Ohmios metro Ωm , R la resistencia medida en Ohmios (Ω), S la sección transversal medida en metros cúbicos (m^2) y l la longitud medida en metros (m). El procedimiento

consiste en colocar dos electrodos (el papel de aluminio) a los lados de la muestra, de manera que estemos midiendo toda la sección del material al poner los lados al mismo potencial. A estos electrodos se conectan los terminales del multímetro para medir la resistencia en Ohmios despejando con las medidas de la muestra, se podrá obtener un cálculo aproximado de la resistividad del material.

2.4.4. Ensayo de porosidad

En este ensayo se corta el poliuretano en forma de cubo o una figura tridimensional regular, medimos sus dimensiones, calculamos su volumen con el uso de un calibre y posteriormente pesamos el material con una báscula. Con estas dos medidas se puede conocer la densidad del poliuretano.

No se hace según el principio de Arquímedes debido a que nuestro material es menos denso que el agua y por ello flotaría.

Posteriormente se introduce el material en un recipiente con 100 ml de agua. Se deja que absorba toda el agua posible. Tras sacarlo del agua, se deja que gotee y se vuelve a pesar para ver cuánto ha aumentado su masa, para mayor precisión se vuelve a calcular el volumen del agua y se resta por los 100 ml originales para conocer la cantidad de agua que ha absorbido nuestro material.

2.4.5. Ensayo de tracción

En este ensayo usamos múltiples objetos de uso diario, entre los cuales se encuentran: una bandeja de plástico, dos pinzas de la ropa, una cuerda, una bolsa y varias bolsitas de arroz previamente pesadas.

La probeta se sujeta a cada lado con una pinza. Una de las pinzas está pegada a la bandeja y la otra está suelta sujetando la bolsa. La bandeja en la que está pegada la pinza se pega a la pared para que esté en vertical y rígido para poder realizar el ensayo.

Antes de empezar el ensayo se realiza en la probeta las marcas, que habrán sido medidas con el calibre para conocer su longitud inicial. Se coloca la probeta en la pinza de la bandeja y la se sujeta la otra parte de la probeta con la otra pinza.

Cada vez que se va añadiendo una nueva bolsa de arroz, que pesa 50 o 100 gramos (dependiendo de la bolsa) se vuelve a medir la distancia entre marcas de la probeta.

Al final del ensayo se vuelve a medir la distancia entre marcas de la probeta rota para conocer la longitud final.

2.4.6. Ensayo de compresión

Para este ensayo se ha usado distintos tetrabriks y jarras de agua para el peso, para las medidas hemos usado un calibre.

Antes de comenzar el ensayo, mediamos la longitud de la probeta, esta irá variando a lo largo del ensayo.

Comenzamos a poner encima de la probeta distintos pesos y a cada peso se vuelve a medir la probeta con el peso encima. Así hasta que resulte difícil calcular la longitud de la probeta.

2.5. Creación de probetas

El poliuretano es una espuma que podría desgarrarse y crear grietas, este era nuestro principal problema en el ensayo de tracción, al mismo tiempo era difícil cortarlo de forma regular con unas tijeras.

Por ello, tuvimos que encontrar una manera de cortar nuestro material de la forma más precisa posible sin crear grietas.

Los utensilios utilizados fueron un soplete de cocina y un cúter.

Se calentaba el cúter hasta que el metal de este estuviese rojo y después cortábamos las probetas de la forma más precisa posible, cauterizando el material.

Para las probetas de ensayo de tracción, primero realizábamos un corte longitudinal en la probeta para poder reducir su sección y que

rompiese con mayor facilidad en el ensayo y a continuación cortábamos la probeta en forma de hueso.

Para las probetas del ensayo de resistencia a la humedad hacíamos un cubo lo más regular posible.

3. Resultados

3.1. Resistencia al calor

En este ensayo como se ha explicado anteriormente se usa un soplete de cocina para quemar las probetas. Como se puede observar en el video que hay a continuación, la probeta que contiene maicena y aceite de algas (la de la derecha) arde. En cambio, la de la izquierda cuyo contenido es poliuretano y aceite de algas, en vez de arder se funde.

El fuego lo que hace es aportar energía en forma de calor, esta energía trata de romper los enlaces de estos materiales. La probeta de la derecha arde debido a la facilidad que hay al romper los enlaces. En cambio, la probeta de la izquierda, la energía aportada por el fuego se agota antes de romper los enlaces y la probeta se funde. Esto último es una de las características de los termoplásticos.

3.2. Conductividad térmica



Fig. 8. Resultados del ensayo de calentamiento de la probeta de poliuretano (P.P.), de la probeta de poliuretano con aceite de algas (P.P.A.A.) y de la probeta de poliuretano con aceite y maicena (P.P.A.A.M.)

En estas gráficas se observa el cambio de temperatura gradual desde la congelación hasta la temperatura ambiente. Esto también puede ser descrito como el movimiento atómico de los enlaces desde su punto más bajo hasta que está en equilibrio con el ambiente.

Tabla 4. Datos de ensayo de calentamiento de la probeta de poliuretano (P.P.), de la probeta de poliuretano con aceite de algas (P.P.A.A.) y de la probeta de poliuretano con aceite y maicena (P.P.A.A.M.)

Tiempo (s)	P.P. (°C)	P.P.A.A. (°C)	P.P.A.A.M. (°C)
0	-9,7	-11,1	-9,3
5	-3,1	5	8,1
10	-1,7	7	10,4
15	0	9	11
20	3	14	13,1
30	4,8	13,7	15,8
40	5,7	14	16,1
50	5,2	16,2	14,8
60	7,3	17,4	15,9
70	9,5	18,2	17,5
80	10	19,3	18,1
90	10,5	20	17,7
100	11,7	20,1	18,8
120	13,2	20,6	18,6
150	14	21,3	20
180	15,7	21,7	20
210	18,7	21,7	20,7
240	19,01		20,9
270	19,7		21,1
300	19,9		21,2

Como se puede observar la muestra que contiene maicena y aceite tiene un comportamiento similar al que tiene el poliuretano, esto se puede deber a la microestructura que suponemos que es elastomérica.

A su vez la muestra que contiene aceite únicamente tiene muchos poros y grandes que se pueden ver a simple vista. Por ello al encontrarnos ante un ordenamiento con estructuras más separadas la transmisión vibracional de la energía tarda más que en los otros compuestos y a escala molecular se traduce en menos compacidad y poros más grandes.

Es decir, este comportamiento puede ser debido a su microestructura atómica o molecular.

3.3. Conductividad Eléctrica



Fig. 9. Ensayo de conductividad eléctrica con probeta de poliuretano con aceite de algas y maicena (izquierda) y con sólo aceite de algas (derecha)

La muestra de poliuretano con maicena y aceite tiene un volumen de 900,76 mm³. Los resultados que nos da el multímetro es que tiene una resistencia superior a los 2 Mega Ohmios. Por ello, se concluye que la muestra no conduce electricidad.

La muestra de poliuretano con aceite tiene un volumen de 1243,89 mm³. Los resultados que nos da el multímetro es que tiene una resistencia superior a los 2 Mega Ohmios. Por ello, se deduce que la muestra conduce la electricidad.

3.4. Ensayo de porosidad

Debido a que la cantidad de agua que absorbe el material por cada metro cúbico de este es bastante alta (el 56 % en caso de la muestra de poliuretano con aceite y un 23 % en caso de la muestra de poliuretano con aceite y maicena), se deduce que este material no sería un buen aislante contra la humedad. Esto puede deberse a la alta porosidad del material, dentro de estos poros el agua puede meterse. Se puede explicar que la muestra de poliuretano con aceite absorbe más agua porque sus poros son mayores. Si este material se usase como suela de zapatillas habría que recubrirlo con algún tipo de material.

Tabla 5. Datos de densidad

	Masa	Volumen	Densidad
Aceite	7 gramos	2,664 x 10e-5 m ³	262,72 kg/m ³
Aceite y maicena	2 gramos	2,633 x 10e-5m ³	75,96 kg/m ³

Debido a que la cantidad de agua que absorbe el material por cada metro cúbico de este es bastante alta (el 56 % en caso de la muestra de poliuretano con aceite y un 23 % en caso de la muestra de poliuretano con aceite y maicena), se deduce que este material no sería un buen aislante contra la humedad. Esto puede deberse a la alta porosidad del material, dentro de estos poros el agua puede meterse. Se puede explicar que la muestra de poliuretano con aceite absorbe más agua porque sus poros son mayores. Si este material se usase como suela de zapatillas habría que recubrirlo con algún tipo de material.

Tabla 6. Datos de ensayo de porosidad

	Masa después de absorber agua	Cantidad de agua absorbida	Cantidad de mililitros de agua absorbida por cada gramo del material	Cantidad de metros cúbicos de agua absorbida por cada m ³ del material
Aceite	18 gramos	15 ml	2,14 ml/gr	0,563 m ³ H ₂ O/m ³ poliuretano
Aceite y maicena	13 gramos	6 ml	3 ml/gr	0,228 m ³ H ₂ O/m ³ poliuretano

3.5. Ensayo de tracción

En este caso nos encontramos ante un ensayo de tracción con un comportamiento similar al de un cerámico que coincide con el comportamiento de un cerámico.

ENSAYO DE TRACCIÓN DE PROBETA DE POLIURETANO CON ACEITE

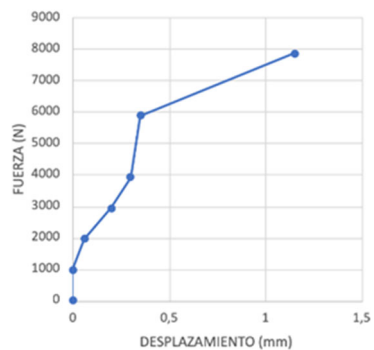


Fig. 10. Gráfica de ensayo de tracción con la probeta de poliuretano con aceite de algas

El material tiene una alta resistencia, la fuerza máxima obtenida es de 7840 N, aunque su deformación es de 0,076667 mm/mm, no tiene casi deformación plástica o elástica. Estamos ante un material que es duro, resistente, pero poco dúctil y poco tenaz.

Tabla 7. Datos de ensayo de tracción con la probeta de poliuretano con aceite de algas

Fuerza (N)	Desplazamiento (mm)
0	0
980	0
1960	0,06
2940	0,2
3920	0,3
5880	0,35
7840	1,15

Este comportamiento puede deberse a las elevadas zonas cristalinas o semicristalinas que produce el aceite de algas en el poliuretano. Como se ha explicado anteriormente el aceite de algas ordenará la fase blanda de poliuretano, haciendo que esta fase sea menos amorfa. Así pues, al haber menos zonas completamente amorfas, hay menos

cadenas que estirar y lo que acaba rompiendo es la fase mayoritariamente amorfa.



Fig. 11. Gráfica de ensayo de tracción con la probeta de poliuretano con aceite de algas y maicena

Tabla 8. Datos de ensayo de tracción con la probeta de poliuretano con aceite de algas y maicena

Fuerza (N)	Desplazamiento (mm)
0	0
490	0,52
980	1,19
1470	2,52
1960	3,34
2940	4,74

Como ya se ha mencionado anteriormente, creemos que la maicena eleva la zona blanda y el aceite de algas la zona blanda cristalizada. Por ello, se deduce que el poliuretano con estos dos componentes tiene un comportamiento elastomérico que además puede explicarse ya que la longitud inicial entre marcas de la probeta es de 15,09 mm, la longitud previa a la rotura (el último dato antes de que rompiese la probeta) es de 19,74 mm y la longitud entre marcas tras el ensayo es de 15,87 mm. Por ello, antes de la rotura de la probeta hay deformación plástica y elástica y después de la rotura queda la deformación plástica.



Fig. 12. Ensayo de tracción de probeta de poliuretano con aceite de algas y maicena con fuerza 2940 N (izquierda). Ensayo de tracción fin del ensayo de tracción medición de distancia entre marcas de probeta de poliuretano con aceite de algas y maicena (derecha).

3.6. Ensayo de compresión

Como se puede observar en las gráficas la probeta de poliuretano con maicena y aceite tiene mayor deformación por compresión que la probeta de poliuretano con aceite, pero la probeta de poliuretano con maicena y aceite aguanta mayores pesos.

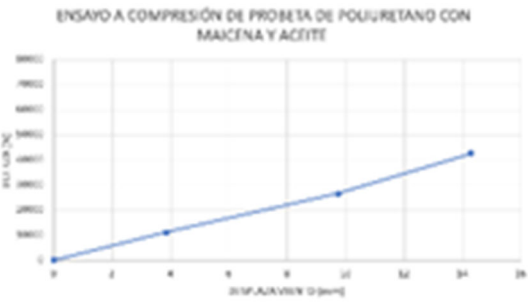
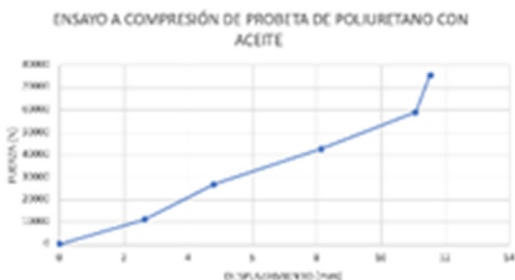


Fig. 13. Gráficas de ensayo de compresión. Probeta de poliuretano aceite de algas (arriba), probeta de poliuretano aceite de algas y maicena (abajo).

La probeta de poliuretano aceite de algas su sección se ve reducida a la mitad cuando es comprimida con 6012 gramos. En cambio, la otra probeta que contiene aceite de algas y maicena su sección se reduce a la mitad cuando aguanta cargas de aproximadamente 3000 gramos.

Tabla 9. Datos de ensayo de compresión con probeta de poliuretano con aceite de algas (P.P.A.A) y probeta de poliuretano con aceite de algas y maicena (P.P.A.A.M.)

Fuerza (N)	Desplazamiento (mm) de P.P.A.A.	Desplazamiento (mm) de P.P.A.A.M.
0	0	0
1124	3,86	2,65
2716	9,74	4,8
4348	14,3	8,16
6012		11,09
7706		11,54

4. Conclusiones

Tras los ensayos realizados hemos llegado a la conclusión de que nuestro material podría ser apto en diferentes circunstancias y con sus mejoras en los respectivos ensayos.

Para empezar, habría que encontrar una forma de reducir la porosidad de la muestra que contenía 2 gramos de aceite de alga (cuanto más aceite se echaba mayores eran los poros y también la dureza del material).

La muestra que contiene maicena y aceite de algas podría servir como media suela, como en el caso de las zapatillas deportivas que llevan diferentes capas de espumas diferentes para su mayor comodidad.

Además, debido a la escasa resistencia a la humedad habría que solucionar el problema de la porosidad, como ya se ha mencionado antes, o crear una capa aislante de un material distinto e hidrófobo.

En cuanto a la microestructura del material, se ha podido llegar a la conclusión de que cuando se usa el aceite y la maicena estamos ante un elastómero, la prueba evidente está en el ensayo de tracción, en el cual tras ser ensayado la probeta reduce su longitud 3 mm, 1 mm menos que la inicial. Por otro lado, pensamos que la muestra de aceite es un termoplástico debido a que, en el ensayo de resistencia al calor, en vez de crear una combustión y arder, como la probeta de maicena y aceite de algas, se funde, característica de los termoplásticos, además de que en el ensayo de tracción no se comporta como un elastómero y tiene un comportamiento similar al de los cerámicos.

5. Agradecimientos

Para comenzar, querríamos agradecer a la Universidad Politécnica de Madrid, en concreto a la ETSI de Caminos, Canales y Puentes. También al profesorado que nos ha dado los conocimientos para realizar este proyecto, en concreto a Ygnacio Pastor Caño, que nos enseñó la tienda Plastiform para poder comprar los materiales.

Segundo, agradecer la ayuda de nuestros compañeros, amigos y familiares. Sin su ayuda no habríamos tenido algunos de los materiales

usados, además de su colaboración en los análisis y realización de estos.

6. Bibliografía

- [1] Post: Tablas de surf con aceite de algas publicado el 5 de mayo de 2015.
- [2] <https://www.di-conexiones.com/surfing-tablas-fabricadas-con-espuma-de-algas/>
- [3] Ficha de información técnica del CRONODUR FOAM FLEX de la tienda Plastiform Cronolab España S.L.
- [4] Pablo C. Caracciolo, Gustavo A. Abraham (2015) Poliuretanos Biomédicos: Síntesis, propiedades, procesamiento y aplicaciones. Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de Materiales, INTEMA (UNMDP-CO-NICET). <https://digitalisdsp.uc.pt/bitstream/10316.2/36868/3/Cap%C3%ADtulo%204%20-%20Poliuretanos%20biomédicos%20s%C3%ADntesis,%20propiedades,%20procesamiento%20y%20aplicaciones.pdf>
- [5] Artículo científico: Polyurethanes (1996) departamento de ciencia de materiales, universidad del sur de Mississippi. <https://pslc.ws/spanish/urethane.htm>
- [6] Post: Características de tracción y desgarro progresivo, probeta tipo pantalón. <https://www.zwickroell.com/es/sectores/plasticos/espumas-polimericas/propiedades-de-traccion-resistencia-al-desgarro-iso-1798/>
- [7] Francisco José Pérez García (2016) Síntesis y caracterización de poliuretanos sensibles al medio para aplicaciones biomédicas (Trabajo de fin de grado) Universidad de Sevilla, facultad de farmacia. <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/50490/Pérez%20Garc%C3%ADa%2C%20Francisco%20José.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [8] Post científico: Nadia Florencia Nagai (2018) Estudio de harinas de algas marinas comestibles y su incorporación en productos cárnicos. Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA). http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/73022/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [9] Zujey Berenice Cuevas Carballo (2017) Obtención y caracterización de almidones termoplásticos obtenidos a partir de almidones injertados con poliuretanos biodegradables (Tesis doctoral) Centro de Investigación Científica de Yucatán.
- [10] https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/466/1/PCM_D_Tesis_2017_Cuevas_Zujey.pdf
- [11] Post: Zwick Roell "Ensayo de tracción en plásticos". <https://www.zwickroell.com/es/sectores/plasticos/termoplasticos-y-materiales-termoendurecibles/ensayo-de-traccion-iso-527-1-2/>
- [12] Post científico: Paula Catalina Mazo, Alexander Franco, Luís Alberto Ríos, Gloria Restrepo (2007) "Obtención de espumas flexibles de poliuretano a partir de aceites de palma y castor modificados". https://www.researchgate.net/publication/26619736_Obtencion_de_espumas_flexibles_de_poliuretano_apartir_de_aceites_de_plma_y_castor_modificados