



DISEÑO Y FABRICACIÓN DE PRÓTESIS DENTALES PARA RUMIANTES MAYORES Y ÓSEAS PARA PEQUEÑOS ANIMALES UTILIZANDO ESCANEÓ E IMPRESIÓN 3D

TEMA: Investigación

SUBTEMA: La Expresión Gráfica en las distintas disciplinas del diseño

Ing. ARAYA, Pablo – Ing. AZCONA, Pablo – Ing. FRUCCIO, Walter – Ing. MUÑOZ, Juan

Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de La Pampa

l3c@ing.unlpam.edu.ar

PALABRAS CLAVES:

Diseño – Prótesis – Funcionalidad

ABSTRACT:

The laboratory of CAD-CAE-CAM (LAB 3C) of the Faculty of Engineering of the UNLPam was created from its beginnings, year 2010, to respond to the need to give design solutions and specific training in software related to it to the different departments or chairs of the faculty. Through the inter-community agreements or the Common Educational Experiences (EEC), it has been possible to work together with teachers from the same house, obtaining more than satisfactory results. Expanding the field of action, the members of the LAB 3C are in the gestation of a research group with teachers and researchers from the Faculty of Veterinary Sciences of UNLPam, in particular, working on the development and design, for further testing and manufacturing, of dental prostheses to be used by major and minor ruminants, as well as in the generation of bone pieces for, in principle, domestic animals.

RESUMEN:

El laboratorio de CAD-CAE-CAM (LAB 3C) de la Facultad de Ingeniería (FI) de la UNLPam fue formado desde sus inicios para brindar soluciones de diseño y formación específica en programas relacionados al mismo a los diferentes departamentos de la facultad. A través de las Experiencias Educativas Comunes (EEC) se ha podido trabajar en forma conjunta con docentes de la misma casa, obteniéndose resultados más que satisfactorios. Ampliando el campo de acción, los integrantes del LAB 3C nos encontramos en la gestación de un grupo de investigación junto a docentes e investigadores de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la misma universidad, en particular, trabajando en el desarrollo, para posterior prueba y fabricación, de prótesis dentales a utilizar por rumiantes mayores y menores, así como en la generación de piezas óseas para, en principio, animales domésticos. Los estudios realizados por nuestros colegas justifican el diseño de los implantes dentales, para prolongación de la vida de los *pacientes*, que trae beneficios directos desde un punto de vista productivo en la cantidad de pariciones que cada hembra puede tener, y el tiempo de vida útil de los machos para fecundar a las hembras. Por otro lado, la generación de piezas óseas permitirá mejorar la calidad de vida de los pacientes.

El diseño de las piezas mencionadas anteriormente será necesariamente adaptado a cada paciente, por esto, el relevamiento de la geometría de cada prótesis, tan complejo, se obtendrá mediante escaneo 3D. Lograr una adecuada integración entre las piezas fabricadas y cada *paciente* será otro de los desafíos a cubrir. Los materiales a utilizar serán directamente los que puedan imprimirse (polímeros) por su fácil obtención y costo reducido, para lo cual será necesario realizar pruebas para evaluar lo relacionado con resistencia, funcionalidad, ergonomía, etc.

Una actividad como la propuesta en los párrafos anteriores permite vincularnos de manera activa con otros campos disciplinares; acercar el universo de la representación gráfica y el diseño a los mismos, posibilitarnos entrar en otro campo de acción, salir de lo habitual, para resignificar la práctica docente, y finalmente transferir al medio productivo soluciones tecnológicas comprobadas.



1.- INTRODUCCIÓN

La pérdida de piezas dentales en rumiantes mayores es un problema habitual, tanto en grandes como en pequeños productores. Existen algunas empresas en el país que se dedican a la fabricación de este tipo de piezas. Sin embargo, los pequeños productores no suelen implementar estas prácticas por el costo que tiene el conjunto del tratamiento: costos de los insumos más los propios de los servicios de medicina veterinaria. De encontrar un sustituto a lo existente, más económico y de fácil aplicación, se obtendría una solución para estas economías familiares. Los servicios de medicina veterinaria, serían solventados desde el equipo de médicos que realizan prácticas veterinarias con fines sociales.

Nuestra parte del trabajo consiste en caracterizar correctamente las propiedades de los materiales imprimibles, para contrastarlos con las exigencias reales que serán aportadas por los colegas veterinarios, y responder a la pregunta de si a través de esta técnica pueden obtenerse prótesis dentales que satisfagan dichas exigencias. De igual manera, nos interesa realizar una comparación con valores resultantes de ensayos similares para identificar qué variables afectan en mayor medida los productos obtenidos con esta técnica.

El trabajo realizado está centrado en el uso de la tecnología de escaneo e impresión 3D para generación de piezas óseas o dentales con materiales imprimibles. A continuación se mostrará el estado del arte, luego la recopilación de datos obtenidos a través de ensayos y experimentación, se realizará un análisis de los datos obtenidos para contrastarlos con otros existentes, para darle paso finalmente a las conclusiones. El trabajo en adelante descrito se encuentra en su etapa inicial, y se presentarán en consecuencia los avances obtenidos hasta la fecha.

2.- TECNICA EMPLEADA Y MATERIALES UTILIZADOS

La generación de piezas a través del Modelado por Deposición Fundida FDM (Fused Deposition Modeling, marca registrada por Stratasys Inc.), también denominada Fabricación con Filamento Fundido FFF (Fused Filament Fabrication) se encuentra ampliamente difundida en la actualidad. Existen varios fabricantes nacionales, al igual que proveedores de impresoras, equipamientos, servicios, insumos, etc. Los materiales más

utilizados para la impresión de piezas, son PLA (Ácido Poliláctico $(C_3H_4O_2)_n$) y ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno $(C_8H_8C_4H_6C_3H_3N)_n$), serán estos los que ensayaremos, aunque existen otros materiales, todos polímeros, como el Nylon, ULTEM (Polieterimida $C_{37}H_{24}O_6N_2$), PET (Tereftalato de polietileno $(C_{10}H_8O_4)_n$), PTFE (Teflón), etc. que cuentan con otras propiedades y costos. En nuestro caso nos centraremos en caracterizar las propiedades mecánicas del PLA y ABS, por ser los más utilizados, de fácil adquisición en el mercado y costo reducido.

3. MARCO EXPERIMENTAL PARA CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES IMPRIMIBLES

3.1. Sobre el contexto

Uno de los problemas que motiva el presente trabajo surge de una necesidad concreta del sector primario agrícola de la región cercana, en particular de pequeños productores. Con esta definición hacemos referencia a producciones o emprendimientos familiares, que no cuentan con empleados permanentes, sólo temporales, quienes en muchas ocasiones tienen dificultades para afrontar los servicios de medicina veterinaria para sus animales, o servicios de asesoramiento técnico y comercial que les permita potenciar su producción para posterior venta. Según datos estadísticos estas economías familiares existen en gran cantidad en la región centro del país [5]. Los esfuerzos a los que se verán sometidas las prótesis resultantes, requieren la realización de ensayos de tracción, compresión y dureza, que podemos realizar en conjunto con el laboratorio de materiales antes mencionado, y ensayos de compatibilidad biológica y/o química, para garantizar la ausencia de rechazo de los pacientes, que serán materia de análisis de los colegas veterinarios. En base a estos resultados se podrán sacar conclusiones a la hora de decidir que material utilizar para cada caso particular.

Es importante destacar que debido a la complejidad de algunas piezas, se volvió necesaria la adquisición de un escáner 3D. De esta forma la obtención de las características dimensionales está en parte resuelta, aunque la prótesis pueden no ser tener idéntica forma a las piezas reales a reemplazar, sobre todo cuando no se cuenta con el modelo real producto del desgaste o la pérdida del mismo.



Además de utilizar el scanner 3D para obtener los modelos en tres dimensiones, también es posible adquirir esos datos utilizando un software para reconstrucción de modelos mediante imágenes, mediante la captura de imágenes con una cámara fotográfica digital común, a lo que se le adiciona la posibilidad de la generación de modelos 3D mediante radiografías del paciente en cuestión. Para estas tareas se cuenta con la licencia educativa del software Recap Pro.

3.2. Elección de variables de estudio

Para realizar el estudio de materiales nos centramos en aquellos que sean de fácil adquisición, tengan bajo costo, y sean imprimibles. Esta última característica se encuentra ligada también a los parámetros de impresión que nos permite el equipo con el que contamos. Los materiales así elegidos son PLA o ácido poliláctico, que tiene la particularidad de obtenerse a partir de la sacarosa proveniente de azúcar de caña y remolacha azucarera, cuyo ácido láctico se produce por la fermentación de la dextrosa, que procede del almidón hidrolizado [3] y el ABS, que se encuentra dentro del grupo de los plásticos llamados “de ingeniería”, y cuenta con características particulares como rigidez, resistencia a ataques químicos y a los impactos, dureza y estabilidad a las altas temperaturas, no es biodegradable y le afecta la exposición a los rayos UV. Se dejará como inquietud futura el análisis del Nylon, Teflón y el polipropileno PP (C₃H₆)_n obtenido del reciclado de tapas realizado por la Fundación del Hospital Garrahan, que son los materiales disponibles en el laboratorio.



Fig. 1- Materiales utilizados para impresora 3D.

3.3. Técnicas de estudio utilizadas y caracterización de materiales

Para la obtención de datos relevantes a los fines del trabajo nos hemos centrado en la realización de ensayos de tracción y compresión de los distintos materiales con las

propiedades descritas en el párrafo precedente. Se contrastarán los valores obtenidos con los valores conocidos para estos materiales con procesos de obtención similares. La intención es obtener las propiedades resultantes de la impresión con el equipamiento con el que contamos.

3.4. Técnicas de estudio utilizadas y caracterización de materiales

Para la obtención de datos relevantes a los fines del trabajo nos hemos centrado en la realización de ensayos de tracción y compresión de los distintos materiales con las propiedades descritas en el párrafo precedente. Se contrastarán los valores obtenidos con los valores conocidos para estos materiales con procesos de obtención similares. La intención es obtener las propiedades resultantes de la impresión con el equipamiento con el que contamos.

3.5. Equipamiento utilizado

Para la fabricación de probetas, la obtención de datos dimensionales, y realización de ensayos el LAB 3C junto al Laboratorio de Materiales de Facultad de Ingeniería cuentan con equipamiento suficiente que será descrito a continuación:

Impresora con tecnología 3D

- Marca: Createbot Max con doble extrusor
- Tipos de filamentos admitidos: PLA, ABS, PETG, TPU, PVA, FLEX, NYLON, los demás a comprobar.
- Formato de archivos 3D: STJ, OBJ, DAE, BMP, JPG
- Software: Createbot Cura.



Fig.2 - Impresora 3D.

Escáner 3D:

- Marca SENSE 3D SYSTEM



- Modo de conexión a PC: por puerto USB 3.0
- Formato de archivos obtenidos: STL, OBJ y PNG.
- Software: Sense for INTEL, RealSense



Fig.3 - Escáner 3D.



Fig.4 - Proceso de escaneo de pieza ósea – Falange de equino sana



Fig.5 - Interface del software e imagen – Falange de equino con artrosis

Las probetas fueron modeladas con el software Solid Works. Una vez completado el modelo 3D se extrajo el código ISO G para la impresión de las mismas utilizando el programa Createbot Cura. Las dimensiones de las probetas de tracción y compresión se definieron según la norma ISO 527-1:2012 [9] y la ISO 604:2002 [10] respectivamente. Finalmente se optó por fabricar probetas de PLA color azul, y ABS color magenta.

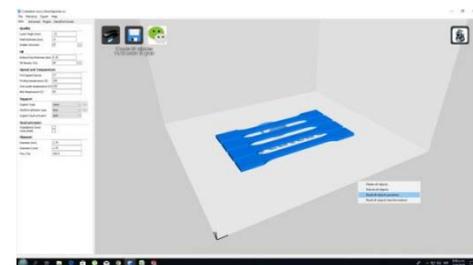
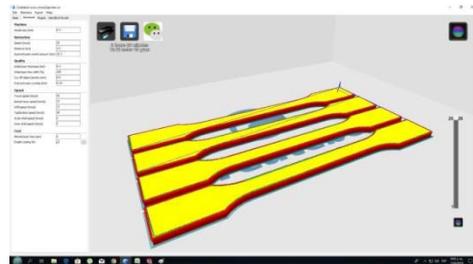


Fig.6 y 7 - Software Createbot Cura

Para que la obtención de probetas con buena terminación superficial, que no presenten separación de capas ni desprendimiento entre ellas y la cama de impresión (warping), y que a su vez mantengan las dimensiones definidas por la norma, se estableció los siguientes parámetros de impresión



Fig.8 – Probetas para tracción PLA

4.- DISEÑO E IMPRESIÓN DE PROBETAS



Fig.9 – Probetas para compresion PLA



Fig.10 – Probetas para tracción ABS



Fig.11 – Probetas para compresion ABS

5.-CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL PLA Y ABS

Según los esfuerzos a los que se verán sometidas las piezas impresas, se definen como ensayos principales los de tracción y compresión

5.1. Resultados del Ensayos de tracción para PLA y ABS

De todos los gráficos resultantes solo se presenta uno de cada tipo.

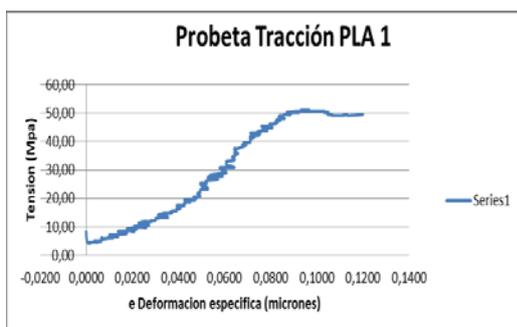


Fig.12 – Grafico Ensayo de tracción probeta PLA

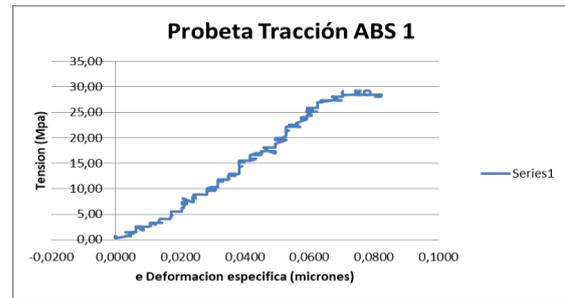


Fig.13 – Grafico Ensayo de tracción probeta ABS

5.1. Resultados del Ensayos de compresión para PLA y ABS

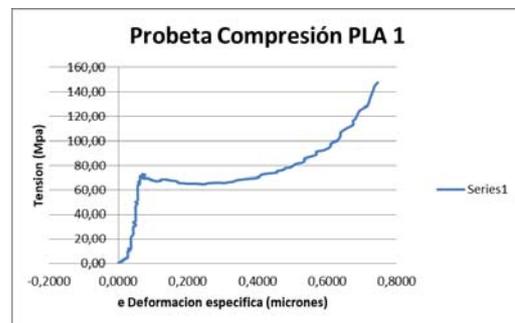


Fig.14 – Grafico Ensayo de compresión probeta PLA

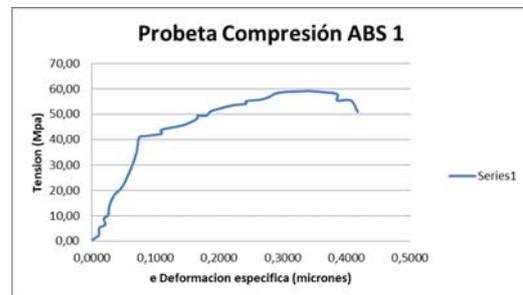


Fig.15 – Grafico Ensayo de compresión probeta ABS

A través de los gráficos anteriores (solo se muestra uno de cada tipo), la sistematización de los mismos, y la preparación del análisis estadístico sobre las tablas proporcionadas por la máquina universal de ensayos.

6.-ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS Y CONCLUSIÓN

Los valores resultantes nos permiten definir las propiedades mecánicas que son motivo de análisis en el presente trabajo. Utilizando PLA y ABS comercial, adquirido en bobinas de 1 kg, e imprimiendo piezas con los parámetros antes presentados, obtenemos valores levemente por debajo de los establecidos para estos polímeros, cuando las probetas se preparan por otras técnicas diferentes a la del Modelado por



Deposición Fundida o modelado aditivo, aunque los valores resultantes sí están dentro del rango de lo esperado para la misma técnica. Con estos resultados estamos a la espera de los datos de requerimientos mecánicos de los implantes a realizar, para definir si la producción de prótesis es factible de llevar a cabo con esta tecnología. Para completar la caracterización es necesario realizar ensayos de flexión, fatiga y dureza, que no fueron en principio incluidos, pero seguramente serán motivo de trabajos posteriores, complementarios a este.

7.- AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo desean agradecer al ingeniero Diego Vicente, encargado del laboratorio de materiales de la facultad de ingeniería de la UNLPam, por el inestimable apoyo brindado en la realización de los ensayos.

8.- REFERENCIAS

- [1] Dizon John, Espera Jr. Alejandro Chen Qiyi, Advincula Rigoberto - Additive Manufacturing. Mechanical characterization of 3D-printed polymers - www.elsevier.com/locate/addma - USA - Diciembre de 2017.
- [2] Leyton Fabricio. Estudio y caracterización de las variables que afectan a la impresión 3D en la generación de objetos manipulables. Facultad de Arquitectura FARQ. Universidad de la República. Uruguay – 2016.
- [3] Del Medico Bravo Alejandro Javier - Propiedades Mecánicas de Componentes Fabricados mediante Modelado por Deposición Fundida – Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología – Sección de Ingeniería Industrial – Universidad de La Laguna – Julio de 2017
- [4] Roa Sierra Jairo Andrés - Caracterización de las Propiedades Mecánicas a tensión del ácido poliláctico PLA procesado por manufactura aditiva FFF Considerando la degradación por humedad y temperatura - Universidad Santo Tomás - Facultad de Ingeniería Mecánica - Bogotá D.C. – 2017.
- [5] Scheinkerman de Obschatko Edith, Foti María del Pilar, Román Marcela. Los Pequeños Productores en la República

Argentina, Importancia en la producción agropecuaria y en el empleo en base al Censo Nacional Agropecuario - Febrero 2007.

[6] Subiñas Arribas. Procedimiento y caracterización de probetas de plástico fabricadas mediante la impresión 3D. Trabajo Fin de Grado. Escuela Politécnica Superior, Universidad de Burgos. España. Julio 2016.

[7] Relaño Pastor. Estudio comparativo de piezas de ABS y PLA procesadas mediante modelado por deposición fundida. Proyecto Fin de Carrera. Escuela Politécnica Superior, Universidad Carlos III de Madrid. España. Octubre 2013.

[8] Garcés Hedo. Herramientas para la definición de diferentes estrategias de impresión en tecnología FDM. Trabajo Fin de Grado. Ensayos mecánicos. Escuela de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de Zaragoza. España. Noviembre de 2015.

[9] Norma ISO 527. Propiedades de Tensión de plásticos. ISO (International Standard Organization). Año 2012.

[10] Norma ISO 604. Propiedades de Compresión de plásticos. ISO (International Standard Organization). Año 2002.