

Designing and manufacturing of a canine wheelchair for its rear extremities of up to 4 Kg through 3D printing.

Diseño y fabricación de una silla de ruedas para miembros posteriores de canes de raza pequeña hasta 4 Kg mediante impresión 3D.

Danitza Genoveva Paredes Baldeón¹

Diego Xavier Bustos Cervantes²

¹Danitza Paredes, Instituto Superior Universitario Central Técnico, Quito, Ecuador

E-mail: dparedesb@istct.edu.ec

²Diego Bustos, Instituto Superior Universitario Central Técnico, Quito, Ecuador

E-mail: dbustos@istct.edu.ec

RECIBIDO: 2024-05-24

ACEPTADO: 2024-06-18

APROBADO: 2024-06-19

RESUMEN

El presente proyecto consiste en la fabricación de una silla de ruedas para canes de raza pequeña con un peso de hasta 4 kilogramos que presentan dificultades para desplazarse debido a hernias discales, accidentes o problemas congénitos, mediante el diseño industrial, técnicas digitales y materiales disponibles en el país.

La metodología aplicada abarca el diseño asistido por computadora, el Análisis de tensión mediante el criterio de Von Mises y la impresión 3D con uso del Ácido Poliláctico como único material. Para obtener un producto funcional se realizó tres propuestas de diseño en los cuales se evaluó diversas características de impresión, lo que otorgó una apertura en la mejora de los procesos relacionados con la materialización de las piezas protéticas. Por lo tanto, se determinó que se cumple con los requerimientos de diseño que son ligereza, comodidad, seguridad y resistencia a la tracción, dando como resultado un producto apto para canes de raza pequeña. De tal manera que se conserva necesario trabajar en alternativas económicamente más viables, pues, se confirmó que los elementos protéticos ayudan a mejorar la autonomía y la calidad de vida de los canes que presentan problemas de movilidad.

Palabras clave: 3d, Canes, Impresión, Movilidad, Pequeña, Prótesis, Raza, Ruedas, Silla, Sustitutiva.

ABSTRACT

This current project consists of a wheelchair manufacture for small breed dogs weighing up to 4 kilograms that have difficulties in moving due to hernia discs, accidents, or inherited problems, by means of industrial design, digital techniques, and local resources available in the country.

The methodology applied includes computer-aided design, strain analysis using the Von Mises criterion and 3D printing with the Polylactic Acid use as the only material. To obtain a functional product, three design proposals were made in which different printing characteristics were tested, which provided an opening in the process's improvement related to the prosthetic pieces manufacture. Therefore, it was determined the design requirements of lightness, comfort, safety, and resistance to traction were fulfilled, resulting in a suitable product for small breed dogs. Consequently, it is necessary to improve economically viable alternatives, since it was confirmed a prosthetic element helps to improve the autonomy and quality of life of dogs with mobility problems.

Key Words: 3d Breed, Canines, Mobility, Printing, Prosthesis, Small, Surrogate, Wheelchair.

1. INTRODUCCIÓN

La fabricación de piezas de movilidad sustitutiva para todo tipo de animales, (en especial los de compañía), es un campo en desarrollo que parece ganar cada vez más adeptos. Un reportaje del Diario La Hora, asegura que en el Distrito Metropolitano de Quito, hasta agosto de 2022 existía un promedio de 183 canes “vagabundos” por kilómetro cuadrado, es decir 770.000 aprox, una cifra que con seguridad ha aumentado pues en un estudio de la Universidad San Francisco de Quito (2018), estima que hay de uno a diez abandonos al día, información que es importante de tener en cuenta, pues los animales especialmente en situación de calle son propensos a sufrir diferentes tipos de accidentes que provocan mutilaciones y amputaciones a sus miembros posteriores e inferiores; otros también se ven afectados por condiciones congénitas y enfermedades que perjudican su salud y merman su movilidad.

Las prótesis suelen ser usadas para suplir esta carencia, enfocándose principalmente hacia el área ortopédica y de rehabilitación de los animales, pues éstas le otorgan al paciente la posibilidad de vivir una vida cotidiana digna, dónde estas piezas ayudan al movimiento autónomo del mismo (Cubillo, 2016).

A nivel local, algunas investigaciones han evidenciado que este es un campo incipiente con escaso desarrollo, debido a que la información teórica que se encuentra disponible acerca del mismo es insuficiente, factor que sumado a la carencia de datos acerca de su costo y adquisición, imposibilitan el aprovisionamiento de las mismas en el mercado general. Sin embargo, la mejora creciente de la consciencia colectiva acerca del bienestar animal, ha traído consigo un interés por la búsqueda que alternativas que permitan la producción de artefactos de movilidad sustitutiva, que les den una segunda oportunidad.

Según el blog de NFNatcane (2019) los canes que hacen uso de prótesis, recuperan autonomía,

mejoran su estado emocional, aumentan su apetito, reducen problemas de estreñimiento y mejoran su digestión, facilitando su cuidado y protección a largo plazo; el estudio demuestra que con su uso los animales en situación de vulnerabilidad por problemas de movilidad, mejoran su calidad de vida.

Generalmente es complicado acceder a este tipo de partes sustitutivas, en buena medida porque localmente, al ser un terreno de poco desarrollo, con una búsqueda de compra a través de internet, se observa su costo suele ser elevado oscilando entre \$80 a \$200, imposibilitando su adquisición a todos los responsables de los canes que las necesiten. Planteando así, la necesidad de incursionar en nuevas formas de producir dichas piezas prostéticas, para que sean asequibles a los animales con problemas de movilidad.

En este caso, la tecnología de impresión y escaneo 3D se presenta como una alternativa (adecuada para cumplir con este cometido), considerando que este es un proceso de creación de objetos tridimensionales usando datos de un modelo digital. (Ludor Engineering, 2018) Muestra características favorables respecto a los beneficios costo – elaboración, diseño, ensamblaje y personalización.

En particular, el objetivo principal de esta investigación se centra en la construcción de una silla de ruedas para canes de raza pequeña con un peso de hasta 4 kg que presenten problemas de movilidad en sus miembros posteriores, mediante la implementación de métodos de diseño industrial, y técnicas digitales a fin de mejorar la calidad de vida del animal.

1.1. Impresión 3D

Las impresoras 3D datan desde los años 80's, la empresa 3D-System ideó una técnica sustentada en el uso de resinas líquidas ftopoliméricas, construyendo capa por capa un objeto cuando el aditivo está expuesto a una luz ultravioleta emitida por un láser. Estas han ido evolucionando hasta

llegar a las técnicas que se conocen y comúnmente se usan en la actualidad (Gile, 2015).

1.2. Utilidad

Las impresoras 3D hacen posible la creación de objetos caseros, material e instrumental médico, implantes, entre otros artículos de utilidad. (Bustamante, 2015) Dado que estas impresoras son instrumentos que permiten obtener diferentes objetos a menudo con un proceso simple de montaje, en este caso son útiles para elaborar sillas de ruedas caninas, pues se obtienen piezas como los soportes laterales, traseros, y de altura que permiten ensamblar el aparato de movimiento auxiliar.

1.3. Diseño asistido por computador (CAD)

El diseño de la pieza que ha de ser materializada a través de la impresión 3D es usualmente creada por un CAD - Diseño Asistido por Computadora, entre estos existen varios programas con nombres y características propias como, por ejemplo: Blender, SketchUp, AutoCAD, SolidWorks, Maya, Photoshop, ThinkerCad. (Barra, 2019)

1.4. Manufactura asistida por computador (CAM)

Luego de tener los archivos en CAD, con las especificaciones determinadas, se procede con la impresión a través de la Manufactura Asistida por Computadora (CAM), ambos establecen una relación complementaria en donde uno el CAD traza y el CAM materializa. (Suárez, Suárez, & Calderón, 2015)

sustitutiva, más específicamente sillas de ruedas.

Por otra parte, se lleva a cabo la praxis de la investigación documental con la parte experimental de la misma, materializando el diseño realizado de la silla de ruedas a través del uso de materiales como el filamento PLA y la impresora 3D, convirtiendo a la pieza de movilidad sustitutiva en una realidad palpable, dicha información se muestra esquematizada en el diseño del método de la investigación de la figura 1.

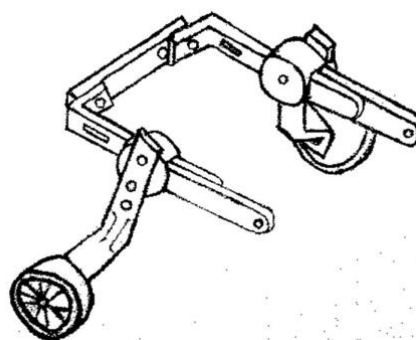
Figura 1: Esquema método de investigación



2.1. Proceso de impresión 3D

- **Boceto:** Plasmar la idea para posteriormente diseñarla.

Figura 2: Boceto



2. MÉTODOS

La investigación aplica un método de cualitativo mixto, en donde se abordan procedimientos de recolección de información.

Al ser un tema de interés focalizado, se entrevistaron a profesionales de la salud veterinaria y médicos zootecnistas, quienes aportaron datos relevantes desde su experiencia, respecto a la utilización de piezas de movilidad

- **Diseño CAD:** Crear el diseño mediante el apoyo de un programa CAD (Inventor).
- **Slicer 3D:** Abrir el archivo en un slicer como Ultimaker Cura.

Figura 3: Diseño CAD

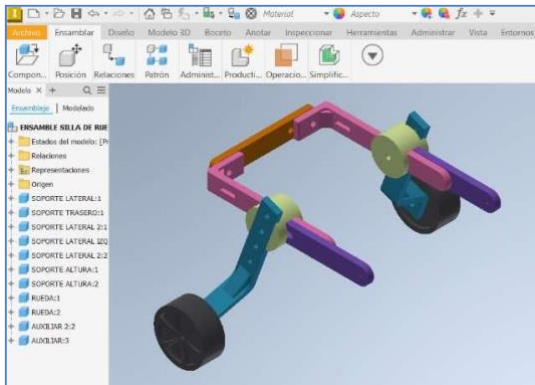
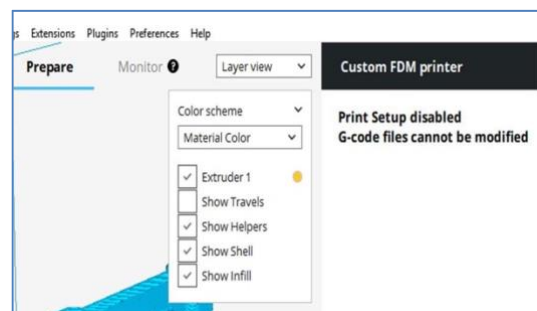
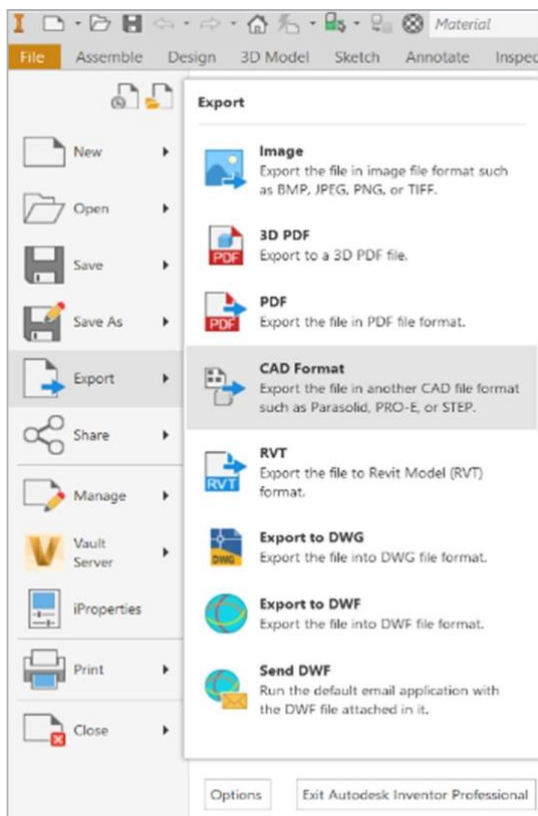


Figura 5: Ultimaker Cura



- **Formato .STL:** Descargar el archivo en el formato .stl ya que es el formato estándar para la creación rápida de prototipos.
- **G-code:** Exportar el archivo con la extensión G-code.

Figura 4: Formato .stl



- **Impresión 3D:** Cargar el G-code en la impresora mediante una tarjeta SD.

Figura 7: Impresión 3d



2.2. Prototipos

Aunque que en la ciudad de Quito la incursión en impresión 3D de carros ortopédicos o prótesis de movilidad sustitutiva para canes es incipiente, a nivel global ya existen varios desarrolladores que ya han mostrado interés en la puesta en práctica de proyectos de esta índole como los que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1

Desarrolladores de sillas y prótesis 3D.

PROYECTOS PREVIOS			
Empresa	País	Diseño	Material
Hurakan Tecnocenter ¹	México		Fibra de carbono
Propaw Lab ²	Argentina		PET
CULTS 3D ³	EEUU		PLA
Magia 3D ⁴	España		PLA

Fuente: Elaboración propia con información tomada de ¹Rojas (2022), ²Quintela (2019), ³UNILA (2020), ⁴Anradéz (2019)

2.3. Prótesis de movilidad sustitutiva

Existen prótesis de movilidad sustitutiva y otras con características móvil y fija.

A breves, rasgos una prótesis es una extensión artificial que reemplaza o provee una parte del cuerpo que falta por diversas razones, entre ellas

por amputación. (Galli & Pelozo, 2017)

Se muestra a continuación un esquema con sus variaciones.

Figura 8: Prótesis móviles y fijas



Fuente: P&O LATAM. (2017).

En este caso puntual, se desarrolla una prótesis móvil, pues las sillas de ruedas se colocan y retiran a conveniencia.

La silla de ruedas para perros es un aparato que permite que los animales con movilidad limitada, se sobrepongan al dolor y los impedimentos físicos y vivan una vida lo más plena y feliz posible. (OrtoCanis, 2020)

2.4. Canes de raza pequeña

Las razas de perro de tamaño pequeño son aquellas que pesan menos de 10 kg, suelen ser las que se observan más frecuentemente en los hogares y además se considera que tienen una esperanza de vida más larga. (Malacara, 2011)

A continuación, se detallan las razas más comunes de perros pequeños y sus características morfológicas de acuerdo a su medición, recolectadas de un estudio realizado por la Federación de Cinología Internacional (2021), expuestas en la tabla número 2.

CARACTERÍSTICAS

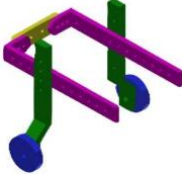

Razas	(A) Altura (cm)	(P) Peso Kg	Esperanza de vida (años)
Chihuahua	15-20	1-3	14-18
Pomerania	15	1-3	12-16
Yorkshire terrier	13-15	2-3	12-16
Maltés	12-16	3-4	15-18
Spaniel japonés	13-15	2-7	10-12
Papillón	12-15.6	3-5	13-16
Caniche toy	15.7	3-4	10-18
Fox terrier toy	15	1.5-3	13-15
Miniatura ruso	12-15	1.3-2.7	11-13
Salchicha	13-15.5	3.5-15	12-15
Shih tzu	15-28	4-7	10-16
Pekínés	14-16	3.6-4.5	13-15

Fuente: Elaborado propia a partir de información de la Federación de Cinología Internacional (2021)

Lo que sigue es un proceso detallado de diseño y desarrollo, que revela los procesos evolutivos y pruebas que influyeron en el diseño final.

Tabla 3

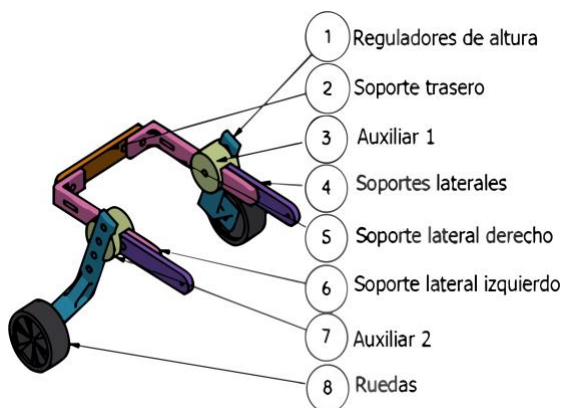
Propuestas de diseño

PROPUESTA 1	VENTAJAS	DESVENTAJAS
	Amplio alcance de regulación (altura y largo).	Ajuste limitado por orificios prediseñados.
	Diseño liviano, fácil de mover por el can.	No tomar en cuenta la postura del can (muy rígido).
	Ensamblaje sencillo.	Posible rotura del material al regular la altura.
PROPUESTA 2	VENTAJAS	DESVENTAJAS
	Diseño más estable y seguro.	Limita las posturas.
	Facilidad de impresión debido al modelo desmontable.	Complejidad media en el ensamblaje.
	Múltiples ajustes permiten que sea adaptable.	No apto para terrenos irregulares.

Tras analizar las necesidades de los canes se buscó la manera de solucionar estos problemas y se elaboró una silla de ruedas con las siguientes características:

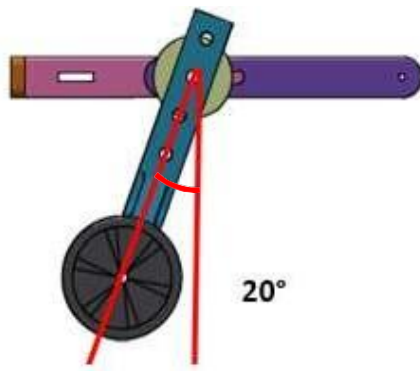
- El ajuste versátil le permite regular la altura, el ancho y la longitud para canes de raza pequeña con un peso menor a 4 Kg.
- Nervaduras en los soportes y los reguladores de altura para reforzar su estructura.
- Utilización de filamento PLA ya que es un material ligero, resistente y biodegradable.

Figura 9: Propuesta de diseño final



- Se implementó un ángulo de 20° en los reguladores de altura y los auxiliares como se muestra en la figura 11 con la finalidad de mejorar la postura y movilidad del can.

Figura 10: Inclinación de los reguladores de altura



REQUERIMIENTOS PARA EL DISEÑO

2.5. Requerimientos del material:

- Inocuo
- Económico
- Ligero
- Resistencia a la tracción

2.6. Requerimientos funcionales:

- Adaptable a las diferentes razas y los distintos tamaños (< 4 Kg).
- Brindar comodidad y seguridad a través de un diseño ergonómico.

3. MATERIALES

3.1. Impresora 3D

La impresora Creality Ender 3V2 que se muestra en la figura 11, tiene un sistema de extrusión Bowden, idóneo para imprimir filamentos rígidos tiene un volumen de construcción de 220 x 220 x 225 mm.

Figura 11: Impresora Creality Ender 3v2



3.2. Materiales de impresión

Para una correcta selección del material se analiza las propiedades físicas y mecánicas de tres filamentos diferentes como se muestra en la tabla 4, con la finalidad de conocer cuál es la mejor opción para este proyecto.

Tabla 4
Características de los filamentos.

PROPIEDADES	PLA	ABS	HIPS
Densidad [g/cm ³]	1.25	1.05	1.04
Temperatura de fusión [°C]	205	220	230
Resistencia a tracción [MPa]	48	45	24
Módulo de elasticidad [GPa]	3.37	2.3	1.65
Resistencia al impacto [kJ/m ²]	5	14	5.13
Alargamiento en la rotura [%]	35	45	52
Coefficiente de Poisson	0.3	0.33	0.39

Fuente: (Benítez, 2015)

Después de analizar las propiedades de los polímeros se determina que el material óptimo para este proyecto tomando en cuenta que la impresora consta con un sistema Bowden, es el Ácido Poliláctico (PLA) debido a las siguientes características:

- Resistencia a la humedad y a la grasa
- Baja inflamabilidad
- Alta rigidez
- Fácil adquisición en el país
- Biodegradable
- Resistencia a los rayos ultra violeta

4. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

La silla de ruedas está diseñada con el propósito de soportar el peso del can, por lo cual se realiza un análisis de tensión para mostrar los efectos de cargas de movimiento, deformaciones y tensiones para uno o varios componentes.

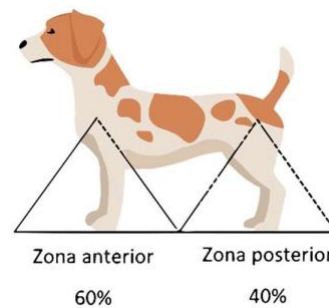
Para la ejecución de este análisis es mediante el módulo de simulación de inventor profesional.

4.1. Fuerza

La fuerza aplicada es el peso del perro dividida para sus miembros traseros, en la biomecánica canina el

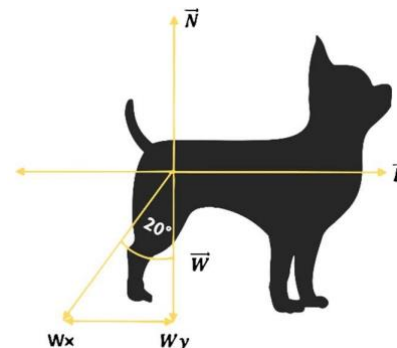
peso está distribuido de la siguiente manera: en la zona delantera se encuentra un 60% de los esfuerzos durante el movimiento (debido al peso de la cabeza) y en la zona trasera un 40% sobrante como se muestra en la figura 12. Esto quiere decir que, en caso de una carencia de las extremidades posteriores el can cargara con todo su peso en sus patas delanteras generando así un sobreesfuerzo que puede llegar a producirle un traumatismo. (Jimenez, 2017).

Figura 12: Biomecánica canina (peso)



Para conocer la fuerza que se presenta en cada una de las extremidades del can, se parte de un análisis de la biomecánica del peso, por lo tanto, los 4 kg del can se dividen de la siguiente forma, 2.4 kg corresponde a la parte delantera y 1.6 kg a la parte posterior por lo tanto cada miembro delantero pesa 1.2 kg y cada miembro posterior 0.8 kg entonces se realiza el diagrama de cuerpo libre para determinar las fuerzas que actúan en la silla de ruedas.

Figura 13: Diagrama de cuerpo libre



Debido a la falta de ejercicio hay la posibilidad de un aumento de peso en el usuario por lo que se ha impuesto un factor de seguridad de 1.5 por si se genera cualquier alteracion en las fuerzas ejercidas por el can, como, por ejemplo el descenso de una irregularidad del suelo. (Tovar, 2020)

$$\vec{W} = m \times F_s \times g \quad (1)$$

$$\vec{W} = 1.6 \text{ kg} (1.5) 9.8 \text{ m} / \text{s}^2$$

$$\vec{W} = 23.52 \text{ N}$$

Donde:

\vec{W} = Peso de la zona posterior del can. [N]
 m = Masa del cuerpo. [kg]
 F_s = Factor de seguridad
 g = Aceleración de la gravedad. [m / s²]

$$\sum F_x = 0 \quad (2)$$

$$-W_x(\text{Sen}(20^\circ)) + \vec{F} = 0$$

$$-23.52 \text{ N}(\text{Sen}(20^\circ)) + \vec{F} = 0$$

$$\vec{F} = 8.04 \text{ N}$$

Donde:

$\sum F_x$ = Sumatoria de fuerzas en x.
 W_x = Peso del can [N]
 \vec{F} = Fuerza aplicada. [N]

$$\sum F_y = 0 \quad (3)$$

$$-W_y (\text{Cos}(20^\circ)) + \vec{N} = 0$$

$$-23.52 \text{ N}(\text{Cos}(20^\circ)) + \vec{N} = 0$$

$$\vec{N} = 22.10 \text{ N}$$

Donde:

$\sum F_y$ = Sumatoria de fuerzas en y.
 W_y = Peso del can [N]
 \vec{N} = La normal. [N]

Para realizar el respectivo análisis de la silla de ruedas se aplican las siguientes fuerzas:

- Una fuerza de 23.52 N correspondiente al peso del can.
- Una fuerza de 22.10 N equivalente a la fuerza normal.
- Una fuerza de 8.04 N correspondiente a la fuerza aplicada.

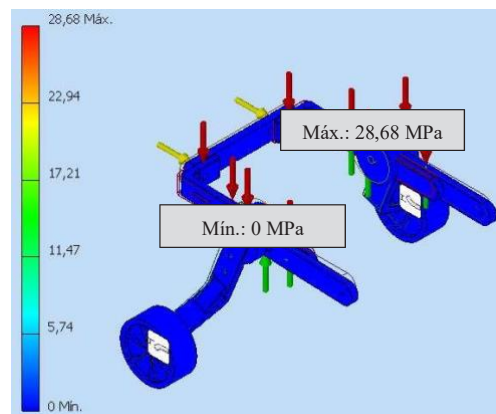
Figura 14: Cargas aplicadas en el carro ortopédico



4.2. Tensión de von Mises

El análisis de tensión realizado es bajo el criterio de von Mises una de las teorías de fallo es un criterio de resistencia estática, aplicado a materiales dúctiles, según el cual, el material no fluirá en el punto analizados siempre que la energía de distorsión por unidad de volumen en el punto no supere la energía de distorsión por unidad de volumen que se da en el momento de la fluencia en el ensayo de tracción. (Marta C. Mora, 2022).

Figura 15: Tensión principal



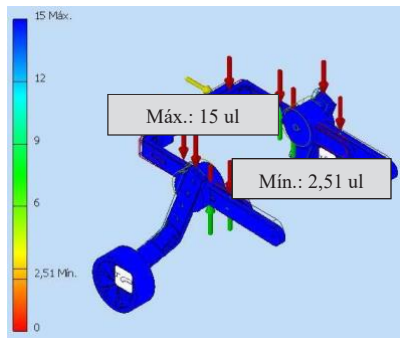
Fuente: Propia

4.3. Factor de seguridad

El Factor de Seguridad o FOS (Factor of Safety) en diseño mecánico se refiere a la relación entre la carga que puede soportar el equipo y el peso máximo que realmente soporta. Esto es importante porque previene problemas como roturas o daños en piezas y estructuras. Cuanto más preciso sea el número de factor de seguridad en el proyecto menor será la probabilidad de que falle. (SEAS, 2023)

Los resultados permiten verificar que el factor de seguridad según la figura 16, es mayor a la unidad ya que el factor de seguridad de 15. Este resultado asegura que no hay deformación de la silla de ruedas ni daño al material.

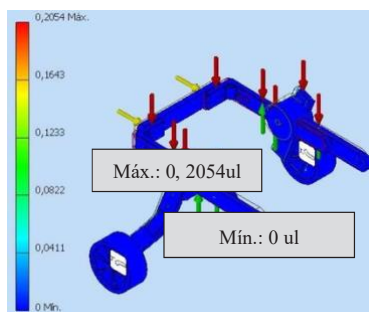
Figura 16: Factor de seguridad



4.4. Deformación

La deformación es el cambio en la forma de un objeto debido a la aplicación de una fuerza, que se mide por el cambio en su longitud. La figura 17 muestra la deformación estructural donde podemos observar que la deformación es de 0.2054 por lo tanto es casi nula.

Figura 17: Deformación principal



PROCESO DE FABRICACIÓN

Una vez realizados los análisis pertinentes, se procede a la fabricación de la silla de ruedas mediante una impresora Creality Ender 3v2.

4.5. Tipos de relleno

Tabla 5
Patrones geométricos

PATRÓN	DEFINICIÓN
Trihexagonal	Se genera mediante hexágonos con triángulos intercalados, lo que brinda una resistencia innumerable, ya que la densidad de la capa es muy alta.
Subdivisión Cúbica	Este patrón 3D presenta una variación cúbica apilados e inclinados y ofrece menos utilización de material.
Gyroid	Es una serie de patrones de relleno cruzados, proporciona estabilidad junto con flexibilidad y ofrece resistencia al corte.

Fuente: Elaboración propia con información tomada de Cinchilla, Góez, & Ossa, (2022) . Krear 3D (2021)

4.6. Parámetros de impresión

En este proceso se evalúan diferentes parámetros de impresión en los prototipos diseñados con la finalidad de conocer cuáles son los parámetros ideales para la fabricación de la silla de ruedas.

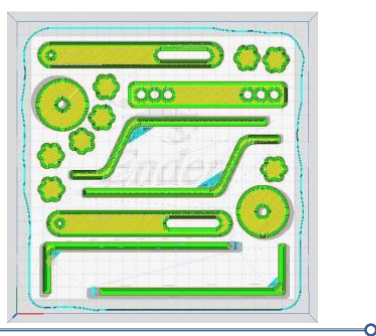
Tabla 6
Parámetros de impresión

PARÁMETROS	A	B	C
Patrón de relleno:	Subdivisión Cúbica	Trihexagonal	Gyroid
Grosor de la pared:	2 mm	2mm	3 mm
Porcentaje de relleno:	40%	40%	50%
Velocidad:	60 mm/s	50 mm/s	40 mm/s
Tiempo de impresión:	18 horas	24 horas	34 horas

Fuente: Propia

La orientación de las piezas desempeña un papel fundamental en varios aspectos clave, como la calidad del acabado superficial, la resolución del elemento y su resistencia. Por lo tanto, resulta crucial siempre tener en consideración la geometría con la que se está trabajando. Es importante tener en cuenta que las piezas impresas tienden a ser más frágiles en el eje z en comparación con el eje x.

Figura 18: Posición de las piezas



5. RESULTADOS

- Se elaboró una silla de ruedas y se comprobó su resistencia mediante un análisis de tensión utilizando el software Inventor Professional.

Los resultados mostraron una tensión máxima en la silla de 28,68 MPa, en comparación con la resistencia a la tracción del PLA, que es de 48 MPa. Esto indica que la silla de ruedas presenta una resistencia considerablemente inferior a la del material PLA, lo que sugiere que está a una distancia considerable de experimentar un fallo estructural.

- Se consultó con profesionales de la salud veterinaria acerca de la seguridad que brinda la

silla de ruedas, y se aseguró que el material utilizado no presenta ningún riesgo para el

paciente.

- La fabricación artesanal de sillas de ruedas utilizando materiales como el tubo de PVC es una práctica existente; sin embargo, resultan

inadecuadas para canes de razas pequeñas debido al exceso de peso que ejercen sobre sus extremidades posteriores. Por lo tanto, este proyecto ha priorizado el diseño de una silla de ruedas que sea ligera y que permita una fácil movilidad para el can.

- Se ha determinado que las dimensiones adecuadas de la silla de ruedas diseñada para canes de razas pequeñas de hasta 4 kg de peso son 210 x 300 x 180 mm. Esta selección de dimensiones tiene por objeto garantizar un producto óptimo y aumentar la seguridad del usuario, con referencia a los datos facilitados en la tabla 2.

6. CONCLUSIONES

Se cumplió con los objetivos planteados al inicio de la investigación y con el desarrollo de los mismos se obtuvo las siguientes conclusiones:

- El uso de piezas protésicas fijas o móviles contribuyen a mejorar la calidad de vida de un animal que ha sufrido amputaciones y tiene problemas para desplazarse por sí mismo, pues estas le devuelven su autonomía, alargan su esperanza de vida y mejoran su estado de ánimo y salud.
- El escaso desarrollo de prótesis caninas en la ciudad de Quito tiene grandes consecuencias,

entre las principales se encuentran el abandono animal, los accidentes de tránsito y la muerte, por lo que se trabajó junto a expertos en otros campos como la medicina veterinaria para la fabricación de la silla de ruedas con el propósito de ayudar a canes con limitaciones físicas y así reducir la tasa de mortalidad junto con el índice de abandono.

- El uso de PLA como material de impresión muestra resultados satisfactorios ya que al analizar las propiedades en la tabla 4 se observa que el ácido poliláctico presenta alta resistencia a la tracción y alta rigidez. También se toma en cuenta su fácil procesamiento y biodegradabilidad.
- Desarrollar este tipo de proyectos puede considerarse base o cimiento teórico para que a futuro puedan darse estudios más exhaustivos en dónde la tecnología de impresión en tres dimensiones contribuya al desarrollo de más alternativas en pro del bienestar animal.

7. RECOMENDACIONES

- Promover el uso de las sillas de ruedas para canes que requieren rehabilitación con el objetivo de reducir complicaciones a futuro y recordar que la adaptación del can a la silla de ruedas puede ir de 2 semanas en adelante dependiendo del tiempo de discapacidad.
- Imprimir las piezas de manera horizontal, ya que en posición vertical el extrusor de la máquina produce un esfuerzo axial que el elemento no soporta produciendo así deformaciones y/o roturas.
- Utilizar productos adhesivos en la cama de impresión como el pegamento en barra o fijador para evitar que las esquinas de los elementos se levanten.
- Realizar un proyecto enfocado en canes con un peso superior a los 4 Kg con la finalidad de brindar una segunda oportunidad a canes de razas.

8. REFERENCIAS

- Anradéz, J. (2019). *MAGIA 3D*. Obtenido de <https://www.magia3d.es/>
- Barra, A. (2019). *CAD - CAM Impresión 3D*. Universidad de San Sebastián. Obtenido de <https://acortar.link/6desDb>
- Benítez, F. M. (02 de julio de 2015). *Impresoras 3D*. Obtenido de Ingeniería y otras frikadas: <https://goo.su/NHXhzH>
- Bordignon, F., Iglesias, A., & Hahn, Á. (2018). *Diseño e impresión de objetos 3D*. Buenos Aires: Universidad Pedagógica Nacional. Obtenido de <https://goo.su/tZ4E>
- Bustamante, R. (2015). *Impresoras 3D y para que sirven*. Mastoner. Obtenido de <https://goo.su/l1ao3Rz>
- Cinchilla, L. S., Góez, L. B., & Ossa, J. V. (2022). Influencia de la densidad y de los parámetros de relleno en las propiedades mecánicas compresivas de probetas fabricadas en manufactura aditiva de PLA. *UIS Ingenierías*.
- Consejería de Educación del Gobierno de Canarias. (2013). *Orientaciones sobre el uso de la impresora 3D en el aula*. Canarias: Red de CEP's. Obtenido de <https://goo.su/pzQHHy>
- Cubillo, Y. Á. (2016). *Silla de ruedas para perros con elementos de impresión 3D*. Tenerife, España: Universidad de La Laguna .
- Diario La Hora. (4 de Agosto de 2022). Quito tiene 770.000 perros vagabundos. *La Hora*.
- Federación de Cinología Internacional. (2021). *Razas de perros pequeños*. Ciudad de México: Animal Fiel. Obtenido de <https://goo.su/hyVv>
- Galli, K., & Pelozo, S. (2017). *Órtesis y prótesis*. Auditoria médica. Obtenido de <https://goo.su/EeF9>
- Gile, I. (2015). *La impresión 3D y su alcance en la arquitectura*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. Obtenido de <https://goo.su/9sidV>
- Jimenez, A. (23 de Mayo de 2017). *Biomecanica*

- Canina*. Obtenido de <https://goo.su/D7zXOe>
- Krear 3D. (07 de abril de 2021). *El mejor patrón de relleno*. Obtenido de <https://acortar.link/PF2zf3>
- Llamas, L. (2020). *Ingeniería, informática y diseño*. Obtenido de Partes de una impresora 3D: <https://n9.cl/bqvmd>
- Ludor Engineering. (2018). *Introducción a la impresión 3D*. Programa Erasmus - Comisión Europea. Obtenido de <https://goo.su/lrLpz>
- Malacara, G. G. (2011). *Enciclopedia Canina*. Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios. Obtenido de <https://goo.su/XNKLiO2>
- Marta C. Mora. (29 de Julio de 2022). *Criterio de von Mises*. Obtenido de <https://goo.su/2fEFma>
- NFNatcane. (2019). *Sillas de ruedas para perros ¿Cuándo son necesarias?* Obtenido de <https://acortartu.link/2se43>
- OrtoCanis. (2020). *OrtoCanis*. Obtenido de Silla de ruedas para perros: <https://acortar.link/ddxAQO>
- P&O LATAM. (2017). *Protesis y ortesis*. Obtenido de <https://acortar.link/NUV0at>
- Quintela, J. (2019). *La solidaridad no está en crisis: fabrica sillas de ruedas para perros con impresión 3D*. Argentina: Revista El Clarín. Obtenido de <https://n9.cl/4w25j>
- Rojas, M. J. (2022). *Prótesis impresas en 3D para perros*. México: Nativos 3D. Obtenido de <https://n9.cl/e7ded>
- SEAS. (1 de Marzo de 2023). *Blog diseno_mecanico*. Obtenido de <https://acortar.link/xurKTW>
- Suárez, A., Suárez, A., & Calderón, P. (2015). *Aplicación de herramientas CAD/CAM para el diseño y fabricación de prototipos de moldes de inyección de plásticos*. Obtenido de <https://goo.su/KNnENMb>
- Tovar, A. E. (2020). *Análisis y diseño de una ortesis para animales. Silla de ruedas canina*. Universidad Alfonso X El Sabio, Madrid.
- UNILA. (2020). *Universidade Federal da Integração Latino-Americana*. Obtenido de Cults 3D: <https://acortar.link/waORg6>
- Universidad de Córdoba. (2017). *Estudio regional comparativo de proporciones corporales en animales*. Buenos Aires: UCO. Obtenido de <https://goo.su/qpRcnz6>
- Universidad San Francisco de Quito. (4 de Octubre de 2018). En Quito hay un perro abandonado por cada 22 personas. *El Comercio*.