



Diseño y Construcción de un dispositivo de movilidad para un can con atrofia en sus extremidades delanteras

Design and construction of a mobility device for a dog with atrophy in its front limbs

Projeto e construção de um dispositivo de mobilidade para um cão com atrofia nos membros anteriores

Segundo Manuel Espín-Lagos ^I
sespin@uta.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-8049-452X>

Diego Sebastián Jácome-Chávez ^{II}
diegojacome0811@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0007-6328-7175>

Vanessa Fernanda Morales-Rovalino ^{III}
vf.morales@uta.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-8844-8544>

Diego Rafael Freire-Romero ^{IV}
dr.freire@uta.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0007-9735-0822>

Correspondencia: sespin@uta.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 23 de abril de 2025 * **Aceptado:** 12 de mayo de 2025 * **Publicado:** 03 de junio de 2025

- I. Ingeniero Mecánico, Magíster en Diseño Mecánico, Docente Investigador de la Universidad Técnica de Ambato de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Carrera de Mecánica, Ambato, Ecuador.
- II. Ingeniero Mecánico, Investigador Independiente, Ambato, Ecuador.
- III. Ingeniera Mecánica, Máster en Ingeniería Matemática y Computación, Mestre em Engenharia Mecânica - Producao Industrial, Docente Investigadora de la Universidad Técnica de Ambato de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Carrera de Mecánica, Ambato, Ecuador.
- IV. Ingeniero Mecánico, Magíster en Ingeniería Mecánica mención en Diseño de Sistemas Mecánicos, Hidráulicos y Térmicos, Técnico Docente de la Universidad Técnica de Ambato de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Ambato, Ecuador.

Resumen

El presente artículo trata de investigar alternativas sobre dispositivos de asistencia aplicados en extremidades caninas; en el Ecuador la implementación de prótesis no tiene mucha acogida a pesar de tener varios animales que nacen con malformaciones, sin extremidades tanto traseras como delanteras o las pierden a causa de accidentes o enfermedades irreversibles. El objetivo principal es diseñar y construir un dispositivo de movilidad para un can con atrofia en sus extremidades delanteras. Para ello, se empleó una Metodología donde se identificó la necesidad de la mascota, se propuso tres alternativas de diseño y se seleccionó la más funcional en función de las medidas corporales y antropométricas, se diseñó y modeló en un software CAD para posteriormente mediante manufactura aditiva imprimir en 3D y realizar pruebas de funcionamiento.

Los resultados muestran que se ponderó tres alternativas de coches similares: Caso 1 – Mía; caso 2 - TurboRoo y caso 3 - Tomasa, obteniendo este último una ponderación de 13 puntos, siendo el de mayor valor y sobre el que se tomó como ejemplo para el diseño. Para el diseño se obtuvieron los datos del can que tiene aproximadamente 3 años de edad con atrofia en sus extremidades delanteras, se realizó el diseño y cálculos del dispositivo de movilidad, se imprimió en 3D utilizando el polímero ABS por ser resistente al impacto, se diseñó y construyó la estructura ejes y pasadores, posteriormente se realizó pruebas de funcionamiento.

Teniendo como finalidad, conforme a los dispositivos de asistencia aplicados en extremidades delanteras se ponderó y se seleccionó la silla de ruedas del caso Tomasa, debido a que es el mejor que se adapta a las necesidades del can beneficiario. El dispositivo de movilidad se diseñó y construido resiste una carga mínima de 32.34 N, lo que corresponde al 60% del peso total del can, de manera que es seguro y estable al movimiento de la mascota. La construcción del dispositivo de asistencia se realizó a través de manufactura aditiva por impresión 3D, utilizando un filamento de polímero ABS por sus excelentes propiedades mecánicas. El dispositivo de movilidad fue evaluado por un médico veterinario, quien verificó que la anatomía del can no se vea afectada con el uso de esta.

Palabras clave: Dispositivo de movilidad; can; malformación; diseño; manufactura aditiva 3D.

Abstract

This article investigates alternatives for assistive devices applied to canine limbs. In Ecuador, the implementation of prostheses is not widely accepted despite having several animals born with malformations, missing both hind and fore limbs, or losing them due to accidents or irreversible illnesses. The main objective is to design and build a mobility device for a dog with forelimb atrophy. To achieve this, a methodology was used to identify the pet's needs, propose three design alternatives, and select the most functional one based on body and anthropometric measurements. The model was designed and modeled using CAD software, followed by additive manufacturing, 3D printing, and functional testing.

The results show that three alternatives of similar cars were considered: Case 1 - Mía; Case 2 - TurboRoo; and Case 3 - Tomasa. The latter received a score of 13 points, being the highest value and the one used as an example for the design. For the design, data was obtained from the dog, which is approximately 3 years old with atrophy in its front limbs. The mobility device was designed and calculated. It was 3D printed using ABS polymer because it is impact-resistant. The structure, axles, and pins were designed and built, and then functional tests were performed.

Based on the available assistive devices for the front limbs, the wheelchair used in the Tomasa case was considered and selected because it best suited the needs of the recipient dog. The mobility device was designed and built to withstand a minimum load of 32.34 N, which corresponds to 60% of the dog's total weight, ensuring it is safe and stable during movement. The assistive device was constructed using additive manufacturing via 3D printing, using an ABS polymer filament for its excellent mechanical properties. The mobility device was evaluated by a veterinarian, who verified that the dog's anatomy would not be affected by its use.

Keywords: Mobility device; dog; malformation; design; 3D additive manufacturing.

Resumo

Este artigo investiga alternativas para dispositivos de assistência aplicados a membros caninos. No Equador, a implementação de próteses não é amplamente aceita, apesar de vários animais nascerem com malformações, ausência de membros posteriores e anteriores, ou perda destes devido a acidentes ou doenças irreversíveis. O objetivo principal é projetar e construir um dispositivo de mobilidade para um cão com atrofia dos membros anteriores. Para isso, foi utilizada uma

metodologia para identificar as necessidades do animal, propor três alternativas de projeto e selecionar a mais funcional com base em medidas corporais e antropométricas. O modelo foi projetado e modelado utilizando software CAD, seguido por manufatura aditiva, impressão 3D e testes funcionais.

Os resultados mostram que três alternativas de carros semelhantes foram consideradas: Caso 1 - Mía; Caso 2 - TurboRoo; e Caso 3 - Tomasa. Este último recebeu uma pontuação de 13 pontos, sendo o valor mais alto e o utilizado como exemplo para o projeto. Para o projeto, os dados foram obtidos do cão, que tem aproximadamente 3 anos de idade e atrofia nos membros anteriores. O dispositivo de mobilidade foi projetado e calculado. Ele foi impresso em 3D usando polímero ABS, por ser resistente a impactos. A estrutura, os eixos e os pinos foram projetados e construídos, e então foram realizados testes funcionais.

Com base nos dispositivos de assistência disponíveis para os membros anteriores, a cadeira de rodas utilizada no caso Tomasa foi considerada e selecionada por ser a mais adequada às necessidades do cão receptor. O dispositivo de mobilidade foi projetado e construído para suportar uma carga mínima de 32,34 N, o que corresponde a 60% do peso total do cão, garantindo sua segurança e estabilidade durante o movimento. O dispositivo de assistência foi construído por manufatura aditiva via impressão 3D, utilizando um filamento de polímero ABS por suas excelentes propriedades mecânicas. O dispositivo de mobilidade foi avaliado por um veterinário, que verificou que a anatomia do cão não seria afetada por seu uso.

Palavras-chave: Dispositivo de mobilidade; cão; malformação; design; manufatura aditiva 3D.

Introducción

Al igual que los humanos, los animales también tienen el derecho de tener una vida plena y cómoda. Sin embargo, en Ecuador la implementación de prótesis no tiene mucha acogida a pesar de tener muchos animales que nacen con malformaciones, sin extremidades tanto traseras como delanteras o las pierden a causa de accidentes o enfermedades irreversibles. Dentro del país, existe un déficit en el mercado veterinario referente a la fabricación de prótesis o dispositivos como un coche de asistencia. por lo que las personas no presentan el deseo de cuidar o adoptar mascotas con discapacidad, lo cual causa un tipo de discriminación para estos seres vivos (Romero Salazar, P. D. 2016),

Los materiales que se utilizan para la realización de prótesis o dispositivos de movilización de canes son diversos, pero usualmente la gran parte de estos productos son fabricados con aluminio, termoplásticos, polímeros, madera incluso metales, que se aplica en la estructura principal, componentes y accesorios complementarios, todo en dependencia de las condiciones y especificaciones en las que se encuentra el animal, considerando todas las características y medidas necesarias, ya que al diseñar sin tomar en cuenta los aspectos mencionados puede provocar otro tipo de problemas como es la fatiga, incomodidad, dolor, heridas o aceleración de un proceso de desviación columnar.

Desarrollo

Revisión de la Literatura

En la investigación elaborada por Arauz et al. (2021), con el tema “New technologies applied to canine limb prostheses”, redactan que en la actualidad el interés por el desarrollo de prótesis para extremidades caninas y sistemas de asistencia es uno de los temas tratados por la medicina veterinaria con la ayuda de alternativas tecnológicas avanzadas, las cuales son diseño y modelado asistido por computadora y aplicación de procesos biomecánicos de fabricación mediante mecanizados, infusión al vacío, impresión 3D, inyección, etc., se pueda obtener prótesis o dispositivos de asistencia de acuerdo a las medidas y necesidades exactas del animal, con el objetivo de omitir la opción de un sacrificio y ofrecer una amputación de las extremidades en el mayor de los casos y reemplazo de las mismas con prótesis, para la restauración de la función normal de las extremidades con métodos de rehabilitación y adaptación.

En el trabajo desarrollado por Rojas y Walker (2012), con el tema “Malformaciones Congénitas: Aspectos Generales y Genéticos”, se detalla que el 10% de las malformaciones en el mundo se dan por causas ambientales, el 25% por factores genéticos en la etapa teratógena donde la mayor parte de órganos y sistemas se están formando en el periodo de gestación y el 65% se da por factores multifuncionales como accidentes y enfermedades catastróficas o leves. Las malformaciones son muy complicadas de establecer ya que se deben a factores genéticos asemejados a defectos del tubo neural o un síndrome de CHARGE, los cuales alternan los genes del feto, en muchos de los casos los animales que nacen con este tipo de condiciones son sacrificados o se adaptan a su condición de vida, como es el caso de animales sin extremidades traseras o delanteras, pero a lo largo de su vida desarrollan deformaciones o desviaciones de la columna vertebral.

Según el artículo científico de César et al. (2018), con el tema: “Uso y aplicación de la tecnología de impresión y bioimpresión 3D en medicina”, redactan que la tecnología por adición se volvió una opción de prototipado inmediato que se puede aplicar a todas las áreas de la ciencia e industria, brindando ayuda indispensable a la medicina para todo ser vivo, bajo el proceso de bioimpresión 3D, formando extremidades, órganos, tejidos, dispositivos de asistencia y prótesis personalizadas, mediante la utilización de un equipo y software especializado, donde a partir de las necesidades del paciente se crea un diseño y modelo tridimensional, el cual la impresora reconoce el código y empieza el proceso de construcción por adición “capa por capa” con el material seleccionado (filamentos de fibras, polímeros o metales). Para un proceso de impresión 3D es importante estudiar y conservar en su totalidad la anatomía del paciente.

En la investigación realizada por Blake et al. (2019), con el tema: “Medical Three-Dimensional Printing in Zoological Medicine”, afirman que, para la modelación de un diseño tridimensional anatómico biológico es importante desarrollar una secuencia de actividades con la utilización de aplicaciones de software (diseño asistido por computadora), debido a que se requiere una codificación para que una impresora 3D especializada cree el modelo anatómico. La impresión 3D ha creado un amplio campo en la medicina humana y veterinaria debido a su capacidad de poder desarrollar prótesis, implantes, instrumentación quirúrgica, modelos anatómicos, sistemas de asistencia, tejidos, órganos, etc. En el campo de la veterinaria la impresión tridimensional ha sido aplicada en especies no tradicionales, pero los casos con un mayor índice de atención son los perros y gatos debido a su capacidad de adaptación.

De acuerdo con el artículo científico de Pinar YILGÖR HURİ, Çağdaş OTO (2021), redactan los principios básicos de la tecnología por adición (3D) y aplicaciones en el campo educativo, experimental y medicina veterinaria, detallando que el aumento de la aplicación del proceso de impresión en 3D, es un avance tecnológico que el campo de la medicina está aprovechando al máximo, debido al prototipado inmediato y conformado de componentes funcionales gracias a la gran variedad de materiales para el conformado, los cuales llegan a ser no tóxicos al estar en contacto directo con un ser vivo. El artículo afirma que para un modelado se puede hacer uso de programas CAD y toma de medidas especificadas, reconstrucción de datos mediante imágenes transversales, resonancias magnéticas, ultrasonidos, rayos X o escáneres de superficies en 3D.

Por todo esto el presente trabajo de investigación se centra en el estudio y desarrollo de los parámetros necesarios para del diseño y construcción de un coche de asistencia destinado al can y mejorar las condiciones de vida del mismo.

Metodología

La metodología utilizada fue: bibliográfica, experimental, cuantitativo, descriptivo, exploratorio y explicativo que se detalla a continuación:

- Identificación de la necesidad del can
- Investigación de alternativas de diseño
- Selección del dispositivo de asistencia
- Toma de medidas del can
- Diseño y modelado del dispositivo de movilidad utilizando software CAD
- Selección de alternativa de manufactura
- Análisis de impresión 3D
- Obtención de materia prima
- Definición de parámetros de impresión
- Conformado e impresión 3D
- Verificación de los componentes impresos
- Ensamble del dispositivo de movilidad
- Pruebas de funcionamiento

Resultados y Discusión

Para la elaboración del dispositivo de asistencia se analizó tres alternativas, tanto para el diseño del dispositivo de movilidad, el proceso de manufactura y el material de impresión en 3D. Se procedió a ponderar las alternativas del dispositivo de movilidad, de acuerdo con los criterios de Resistencia, seguridad, ergonomía, sujeción y peso, se seleccionó la alternativa mayor puntuada. Los valores de ponderación fueron: 1 = Deficiente, 2 = Moderado y 3 = Excelente. Dicha ponderación se muestra en la Tabla N°1.

Tabla N° 1 Ponderación del dispositivo de asistencia para extremidades delanteras

CRITERIOS	ALTERNATIVAS		
	Alternativa 1 Caso Mia	Alternativa 2 Caso TurboRoo	Alternativa 3 Caso Tomasa
Resistente	3	2	3
Seguro	3	1	3
Ergonómico	2	1	2
Sujeción	2	3	2
Peso	1	3	3
TOTAL	11	10	13

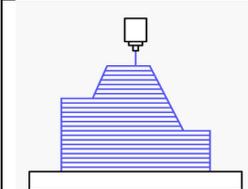
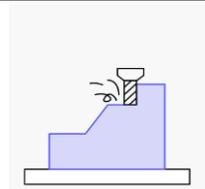
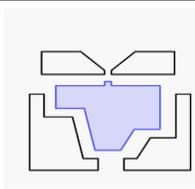
Elaborado: Autores

Conforme a la ponderación de los dispositivos de asistencia para extremidades delanteras se selecciona la alternativa 3, que corresponde al caso Tomasa, debido a que tiene un valor de 13, que la mayor en comparación a los demás dispositivos.

Alternativas de proceso de manufactura

Dentro de las alternativas de los procesos de manufactura se tiene tres tipos: manufactura aditiva, manufactura sustractiva y manufactura formativa, a través de los cuales se puede fabricar un dispositivo protésico. A continuación, en la Tabla N° 2, se detalla en resumen cada una de estas alternativas.

Tabla N° 2 Alternativas de procesos de manufactura

Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Manufactura Aditiva	Manufactura Sustractiva	Manufactura Formativa
Es el proceso de fabricación capa por capa, donde el extrusor funde el material y va posicionándolo conforme a la geometría deseada.	Es el proceso de fabricación por arranque de viruta, donde el herramienta va desbastando el material de un broque en bruto para ir dando la forma deseada. Trabaja a través de trayectorias generadas por un computador CAM.	Es el proceso de fabricación a través de un molde, puede ser de inyección, fundición o conformado al vacío. Donde el material adquiere la forma gracias a la presión y al calor suministrado.
		

Fuente: by H. Protolabs Network, «What is 3D printing? How does 3D printing work?», Hubs. Accedido: 11 de enero de 2024

Selección del proceso de manufactura

En la Tabla N° 3, se evalúa cada una de las alternativas de procesos de manufactura de acuerdo con los criterios planteados.

Tabla N° 3 Ponderación del proceso de manufactura

CRITERIOS	ALTERNATIVAS		
	Alternativa 1 Manufactura Aditiva	Alternativa 2 Manufactura Sustractiva	Alternativa 3 Manufactura Formativa
Costo de fabricación	3	1	1
Acabado superficial	2	3	3
Tiempo de fabricación	2	1	3
Impacto en el medio ambiente	3	1	2
Disponibilidad del proceso	2	2	2
TOTAL	12	8	11

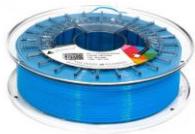
Elaborado: Autores

Conforme a la ponderación de los procesos de manufactura se selecciona la alternativa 1 manufactura aditiva, presenta un valor mayor en comparación a los demás procesos.

Alternativas del filamento de impresión 3D

Dentro de las alternativas de filamentos en 3D se encuentran cuatro tipos de materiales que son empleados en la industrial aditiva, cada uno de ellos cuenta con propiedades características que los hace diferentes. A continuación, en la Tabla N° 4, se detalla en resumen cada una de estas alternativas.

Tabla N°4 Alternativas de filamentos de impresión 3D

Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
PLA	ABS	PETG	ASA
Es un tipo de filamento biodegradable, resistente, poco flexible, empleado en elementos para decoración, prototipos estéticos	Filamento de ingeniería por su excelente resistencia, rigidez y dureza. Empleada en la industria para la fabricación de componentes automovilísticos, prótesis médicas, y juguetes. Tiene la capacidad de ser mecanizable y postprocesado.	Filamento flexible, empleado en la industria para la elaboración de productos alimenticios debido a que no es tóxico y resiste ataques químicos.	Filamento con excelentes propiedades de resistencia en condición de intemperie, ideal para componentes de vehículos o piezas mecánicas expuestas al ambiente.
Es un tipo de filamento biodegradable, resistente, poco flexible, empleado en elementos para decoración, prototipos estéticos	Filamento de ingeniería por su excelente resistencia, rigidez y dureza. Empleada en la industria para la fabricación de componentes automovilísticos, prótesis médicas, y juguetes. Tiene la capacidad de ser mecanizable y postprocesado.	Filamento flexible, empleado en la industria para la elaboración de productos alimenticios debido a que no es tóxico y resiste ataques químicos.	Filamento con excelentes propiedades de resistencia en condición de intemperie, ideal para componentes de vehículos o piezas mecánicas expuestas al ambiente.
			

Fuente: Filament2Print, «PLA Smartfil Negro». Accedido: 15 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://filament2print.com/es/pla-smartfil/721-pla-smartfil-negro.html>

Selección del filamento de impresión 3D

En la Tabla N° 5, se evalúa cada una de las alternativas de dispositivos de asistencia de acuerdo con los criterios planteados.

Tabla N° 5 Ponderación de los filamentos de impresión en 3D

CRITERIOS	ALTERNATIVAS			
	Alternativa 1 PLA	Alternativa 2 ABS	Alternativa 3 PETG	Alternativa 4 ASA
Propiedades mecánicas	2	3	3	3
Facilidad de impresión	3	2	2	1
Durabilidad	1	3	3	2
Disponibilidad	3	3	2	2
Costo	2	2	1	1
TOTAL	11	13	11	10

Elaborado: Autores

Conforme a la ponderación de filamentos de impresión en 3D se selecciona la alternativa 2 ABS, debido a que tiene un valor mayor en comparación a los demás filamentos.

Resumen de alternativas seleccionadas

En la Tabla N° 6, se detalla las alternativas que fueron seleccionadas para el diseño y construcción del dispositivo de asistencia (silla de ruedas) para extremidades delanteras.

Tabla N° 6 Alternativas Seleccionadas

INDICADOR	ALTERNATIVAS	
Dispositivo de asistencia	Alternativa 3	Caso Tomasa
Proceso de manufactura	Alternativa 1	Manufactura Aditiva
Material de impresión 3D	Alternativa 2	Filamento ABS

Elaborado: Autores

Identificación de la necesidad del can

El proyecto técnico se basa en la discapacidad de movilidad que presenta Neno, el can de raza mestiza de aproximadamente 3 años. Mantiene una deformidad en sus dos extremidades anteriores, esto por motivos de una mala formación genética producidos por el cruce entre perros de su mismo círculo. Por tal razón, desde su nacimiento ha tenido que movilizarse de manera errónea, adaptándose a su discapacidad a través de arrastramientos empujados por sus extremidades posteriores.

Ilustración N° 1 Condición física de Neno



Requerimientos y mediciones del can

Neno al no poseer sus dos extremidades anteriores requiere de un dispositivo que le pueda asistir en su movilidad, de manera eficiente, confortable y que no le cueste moverse de un lado a otro y también que le permita realizar sus actividades normales. Para esto se tuvo en consideración los lineamientos y medidas que presenta el can, las mismas que se detallan en la Tabla N°7.

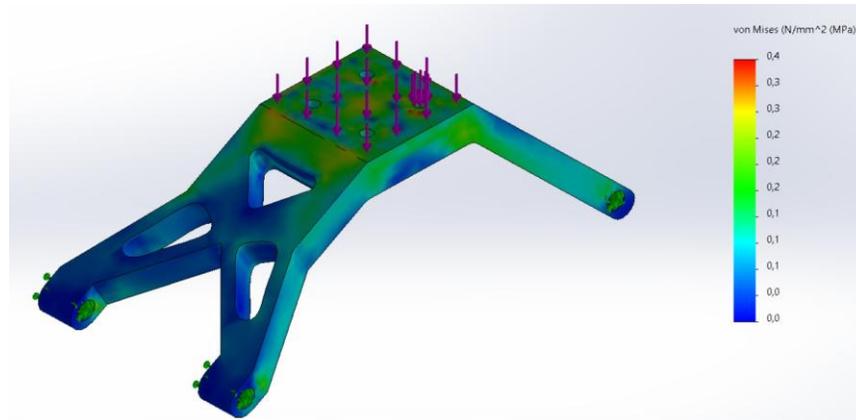
Tabla IN° 7 Medidas del can

DESCRIPCIÓN	MEDIDA
Diámetro del cuello	63.7 mm
Diámetro del pecho	130.5 mm
Diámetro del abdomen	114.6 mm
Diámetro de la extremidad anterior	73.2 mm
Longitud comprendida entre el inicio del cuello y el inicio de la cola	330 mm
Altura Lomo-piso	255 mm
Longitud comprendida entre extremidad anterior y extremidad posterior	220 mm
Ancho del can	200 mm
Peso	5.5 kg

Cálculo del esfuerzo-deformación de la estructura

A través de un programa CAE se realizó el análisis del esfuerzo de la estructura, como se puede observar en el Gráfico N° 1.

Gráfico N° 1 Simulación del esfuerzo en la estructura



Elaborado: Autores

Dando como resultado un esfuerzo de Von Mises de 0.4 MPa , lo que significa que la estructura soportará sin problema alguno toda la carga ejercida por la caja torácica del can.

A continuación, se procede a calcular el factor de seguridad de la estructura aplicando la Ec. 3

Datos:

$$\sigma_{\text{compresión-ABS}} = 45 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{estructura}} = 0.4 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{\sigma_{\text{compresión-ABS}}}{\sigma_{\text{estructura}}}$$

$$n = \frac{45 \text{ MPa}}{0.4 \text{ MPa}}$$

$$n = 112.5$$

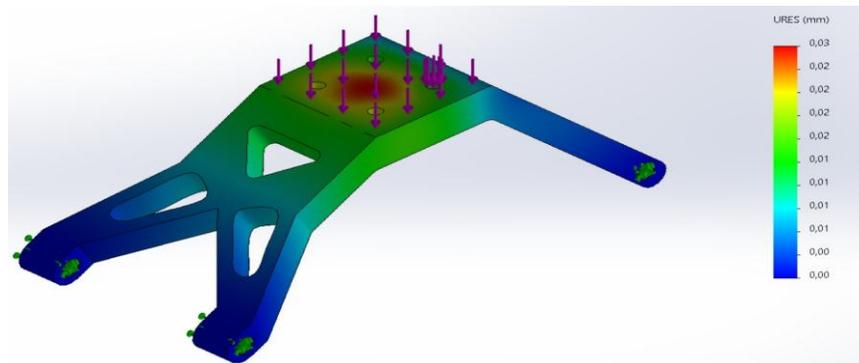
Si $n > 1$ el elemento resiste

$$112.5 > 1$$

La estructura resiste a la carga.

El diseño se está considerando en base a la rigidez del elemento, es decir a la deformación por ende el factor de seguridad es elevado. El análisis de la deformación de la estructura se lo determinó de igual manera a través de un programa CAE, como se puede observar en la Gráfico N° 2.

Gráfico N° 2 Simulación de la deformación de la estructura



Elaborado: Autores

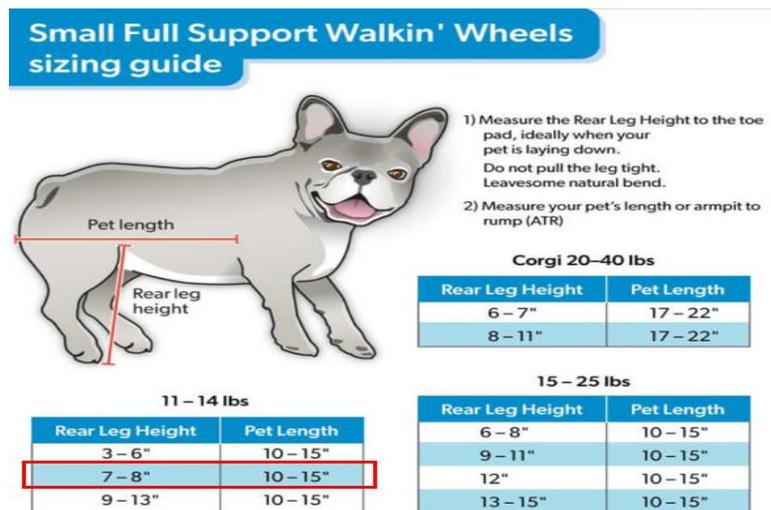
La deformación de la estructura tiene un valor de 0.03 mm lo que se le considera despreciable teniendo en cuenta que el elemento más crítico del dispositivo de asistencia es la estructura por las cargas que soporta.

Diámetro de las ruedas

Para determinar el diámetro que deben tener las ruedas se basó fundamentalmente en el principio de llegar a alcanzar la altura que normalmente tiene el can, Según (A. Bustos Aedo, 2023); recomienda que dicha distancia se la puede determinar midiendo en la parte trasera del can, desde el suelo hasta el lomo; obteniendo como resultado una altura de 25.5 cm . Además, (Walkin’Pets 2024), menciona que también es necesario considerar el peso del animal para determinar el diámetro correcto de las ruedas, como se puede observar en el Gráfico N° 3, detalla las dimensiones de la rueda acorde al peso y a la medida de sus extremidades.

El can beneficiario pesa 12.1 lb , por lo tanto, se requiere de una rueda de $7 - 8''$, transformando al SI da un diámetro de 20 cm para que una vez ensamblado todo el dispositivo de asistencia recupere su altura normal.

Gráfico N° 3 Diámetro de las ruedas acorde al peso del can



a. Ruedas Grandes

Las dos ruedas principales del dispositivo de asistencia fueron tomadas de un coche de bebé de la marca Happy Baby modelo (“Klaus” 2024). Debido a que este tipo de ruedas son livianas, resistentes y duraderas. Apropriadas para una silla de ruedas para un can de raza pequeña que no ejerce mucha fuerza sobre el dispositivo. A continuación, en la Tabla N° 8, se detalla las especificaciones de las ruedas grandes.

Tabla N° 8 2Especificaciones de la rueda delantera

RUEDA GRANDE HAPPY BABY “KLAUS”	
CARACTERÍSTICAS	REPRESENTACIÓN
Diámetro externo	200 mm
Diámetro interno	8 mm
Ancho	45 mm
Peso	171 g

Material	Goma Eva de alta densidad	
----------	---------------------------	--

b. Rueda pequeña

Se empleó una rueda pequeña tipo scooter de la marca Oxelo, la cual presenta una buena resistencia a la abrasión; perfecta para superficies de los suelos que tiene la Fundación Paquito donde el can habita actualmente. De igual forma cuenta con un rodamiento en su parte interna para que pueda revolucionar la rueda respecto al eje. En la Tabla N° 9, se detalla las especificaciones de misma.

Tabla N° 93 Especificaciones de la rueda trasera

Rueda pequeña Oxelo		
CARACTERÍSTICAS		REPRESENTACIÓN
Diámetro externo	76 mm	
Diámetro interno	8 mm	
Ancho	24 mm	
Peso	110 g	
Material	Poliuretano	
Rodamiento	Clase:	ABEC 5
	ISO:	Class 5

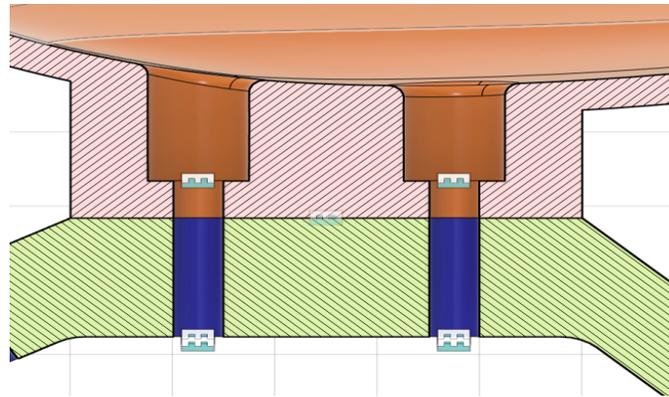


Selección de los tornillos, tuercas y arandelas de sujeción

Se ha considerado que una vez que los tornillos estén ajustados queden perdidos en la pechera con la finalidad de que no tengan contacto con la piel del can, debido a que esto provocaría rozamiento y daría lugar a infecciones en la piel del can.

Los tornillos que sujetan la pechera con la estructura se los selecciona en función al diámetro del agujero y a la longitud, como se puede observar en el Gráfico N°4, de tal manera que se necesita de un tornillo que atraviese los dos componentes y sirva como conexión, los mismos que son ajustados con una arandela y una tuerca al otro extremo dejándolos conectados.

Gráfico N° 4 Representación de la unión de la pechera con la estructura



Datos:

$$d = 5 \text{ mm}$$

Para determinar la longitud necesaria de los tornillos se suman los espesores que tendrían contacto con el mismo, entre ellos se encuentra la base de la pechera y la estructura como tal.

$$\sum L_{\text{mínima}} = e_{\text{base pechera}} + e_{\text{estructura}} + e_{\text{anadela}} + e_{\text{tuerca}}$$

$$\sum L_{\text{mínima}} = 5 \text{ mm} + 16 \text{ mm} + 4 \text{ mm} + 1 \text{ mm}$$

$$\sum L_{\text{mínima}} = 26 \text{ mm}$$

La longitud mínima que debe tener el tornillo es de 26 mm, por lo tanto, en el mercado se puede encontrar tornillos de 30 mm de longitud, el mismo que sería apropiado para la sujeción entre los dos componentes.

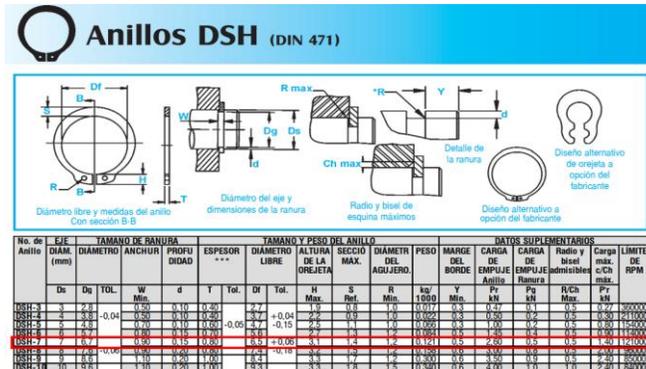
Gráfico N° 5 Selección de tornillos

TORNILLO MILIMÉTRICO GALVANIZADO		CÓDIGO:	DIÁMETRO:	LONGITUD:	MÁSTER (CT)
TIPO DE CABEZA: 	FAMILIA: TMGCM MEDIDAS: MILIMÉTRICA MATERIAL: METAL GALVANIZADO HILO: FINO	TMGCM03010	3 MM	10 MM	200 CT.
		TMGCM03020	3 MM	20 MM	160 CT.
		TMGCM03025	3 MM	25 MM	100 CT.
		TMGCM03035	3 MM	35 MM	100 CT.
		TMGCM03040	3 MM	40 MM	100 CT.
		TMGCM03050	3 MM	50 MM	80 CT.
		TMGCM04010	4 MM	10 MM	120 CT.
		TMGCM04015	4 MM	15 MM	100 CT.
		TMGCM04020	4 MM	20 MM	80 CT.
		TMGCM04025	4 MM	25 MM	70 CT.
		TMGCM04030	4 MM	30 MM	60 CT.
		TMGCM04040	4 MM	40 MM	50 CT.
		TMGCM04050	4 MM	50 MM	40 CT.
		TMGCM05010	5 MM	10 MM	70 CT.
		TMGCM05015	5 MM	15 MM	60 CT.
		TMGCM05020	5 MM	20 MM	50 CT.
		TMGCM05025	5 MM	25 MM	40 CT.
		TMGCM05030	5 MM	30 MM	40 CT.
		TMGCM05035	5 MM	35 MM	40 CT.
		TMGCM05040	5 MM	40 MM	30 CT.
		TMGCM05050	5 MM	50 MM	25 CT.
		TMGCM05060	5 MM	60 MM	20 CT.

Selección del anillo de retención

El anillo de retención es seleccionado en función a las dimensiones de la ranura, la misma que fue maquinada en el torno. La ranura tiene un ancho de 0.9 mm y un diámetro de 6.7 mm, por lo tanto, al maquinar el eje se redujo su diámetro ± 1 mm para que dé lugar a la ranura donde ingresa externamente el anillo de retención.

Gráfico N° 6 Selección de anillos de retención



Se seleccionó un anillo de retención DSH-7 DIN 471 para asegurar las ruedas grandes y la estructura en el eje, para que de esta manera permanezcan fijos.

Sujeciones

El dispositivo de asistencia cuenta con dos correas de sujeción, las cuales son empleadas para mantener al can fijo en la pechera. Dichas correas de sujeción o también conocidas como reatas son utilizadas en el campo de la medicina veterinaria en arneses, correas de paseo o incluso en estructuras médicas como lo son los bozales. Esto gracias a la gran resistencia que presenta el nylon que es el material con el que están fabricados las correas. Además, la reata de nylon garantiza la comodidad, seguridad y la salud del animal.

Cada correa de sujeción cuenta con una abrazadera de neopreno, este tejido sintético es empleado en la industria médica por sus excelentes propiedades hipoalérgicas, utilizado en revestimientos de prótesis de pierna, brazo e incluso en animales en prótesis de extremidades. Es un buen aislante térmico y resistente a la intemperie.

Ergonomía

El dispositivo de asistencia al contar con una pechera donde va a descansar la caja torácica del can y sus extremidades deformadas. Dispone de un forro suave, cómodo y duradero. El forro está

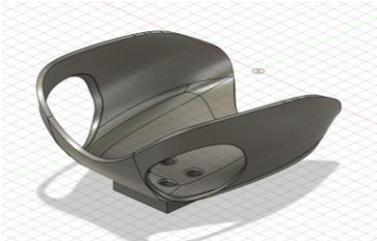
conformado por dos tipos de telas una inferior y otra superior unidas mediante un proceso de costura.

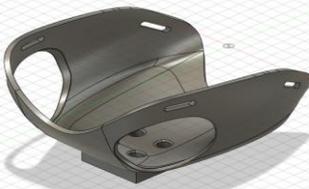
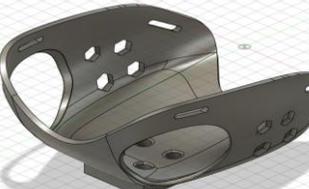
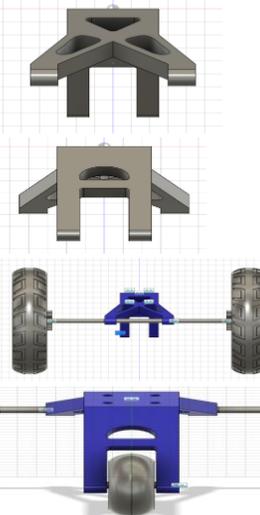
En la parte inferior del forro se encuentra una tela “Micropolar”, dicho tejido es recomendado por su suavidad y su capacidad de absorber la humedad, manteniéndose de esta manera seco y cómodo debido a que es altamente aislante.

En la parte superior del forro se encuentra la Airnet Spacer plus 310, este tipo de tejido es empleado en la industria por su buen acolchonamiento, resistente a la fricción y sobre todo permite la circulación de aire por todo el tejido, lo que es necesario para el forro de la pechera debido a que al estar en contacto con el pelaje del can puede almacenar calor y este tipo de tejido ayuda a dispersar el calor manteniéndolo seco y libre de irritaciones.

Proceso de diseño y modelado

Tabla N° 10 Proceso de construcción del dispositivo de asistencia

PROCESO DE DISEÑO Y MODELADO		
N°	DESCRIPCIÓN	REPRESENTACIÓN
1	Tomar medidas del can para la obtención de los parámetros indispensables que se debe considerar para el modelado del dispositivo de asistencia.	
2	Modelar la pechera a través de un programa asistido por computador CAD, la misma que debe ir acorde a las siguientes medidas: el ancho del abdomen del can, el diámetro de sus extremidades anteriores y la distancia existente entre patas. De igual forma, se contempla el tipo de costillas o la forma en la que están distribuidas para que la pechera se pueda adaptar.	

3	<p>Diseñar cuatro aberturas en el filo superior de la pechera debido a que van a cruzar las correas ajustables que aseguran al can.</p>	
4	<p>Se realizó perforaciones en las paredes de la pechera para que el calor no se concentre dentro de la misma y exista ventilación entre la superficie interna de la pechera con el pelaje del can.</p>	
5	<p>En la parte inferior de la pechera posee una figura cuadrada con 4 agujeros por donde pasan 4 tornillos que sirve de conexión con la estructura (soporte) de tal manera que dichos tornillos quedan perdidos en la pechera y no tienen contacto con el pelaje del can.</p>	
6	<p>Modelar la estructura (soporte) del dispositivo teniendo en cuenta los ángulos de inclinación de los dos extremos debido a que se debe cumplir la altura medida entre el suelo y el lomo del can, con la finalidad de recuperar su altura normal.</p>	
7	<p>En la parte superior de la estructura se distribuyen cuatro agujeros los cuales sirven de conexión con la pechera.</p>	
8	<p>La estructura está compuesta por dos ramas, es decir, se modeló una rama delantera por donde cruzó el eje que conecta las dos ruedas principales. Dicha rama presenta un diseño particular a fin de alivianar peso y siga manteniendo su resistencia. Con respecto al diseño de la rama trasera de igual forma cruza un eje de menor longitud que sirve de conexión entre la estructura y la rueda de scooter. De esta forma dicha rueda brinda estabilidad tanto a la estructura como al dispositivo de asistencia en sí.</p>	

Proceso de Construcción

La fabricación de los principales componentes del dispositivo de asistencia se lo llevó a cabo a través de manufactura aditiva, considerando los siguientes parámetros: Filamento ABS de 1.75 mm de diámetro, temperatura de impresión 230°C, temperatura de la cama de impresión 90°C, altura de capa de 0.2 mm, velocidad de impresión 50 mm/s, cantidad de material utilizado 195.03 g, obteniendo un producto final como se muestra en el Gráfico N° 7.

Gráfico N° 7 Proceso de Construcción



Evaluación y pruebas de funcionamiento del dispositivo de asistencia aplicados en el can

Se procedió a evaluar el dispositivo de movilidad conforme a los parámetros físicos y ergonómicos, mediante un proceso experimental aplicado en el can. De manera que pueda recuperar su movimiento natural sin esfuerzos. Los resultados fueron comprobados y contrastados a través de un criterio médico veterinario, como se observa en el Gráfico N° 8.

Gráfico N° 8 Evaluación y pruebas de funcionamiento del dispositivo



Para el uso del can es importante tener en cuenta que un dispositivo protésico lleva un tiempo de adaptación, debido a que es un elemento nuevo para el animal. Conforme se familiariza el can con el dispositivo de asistencia irá movilizándose con más seguridad en la fundación.

Conclusiones

- La silla de ruedas diseñada específicamente para el caso de Tomasa representa una solución altamente efectiva y personalizada, ya que se adapta de manera óptima a las características morfológicas y necesidades funcionales del can beneficiario. Esto se sustenta en criterios técnicos que consideran no solo su peso y dimensiones, sino también su ergonomía y tipo de sujeción, permitiendo una movilidad segura y eficiente.
- La resistencia estructural del dispositivo ha sido validada mediante la capacidad de soportar el 60% del peso total del animal (32.34 N), lo que garantiza estabilidad dinámica y minimiza riesgos durante la deambulacion. Esta característica es esencial para mantener la seguridad del animal durante su uso diario y resguardar su integridad física.
- La manufactura aditiva mediante impresión 3D con filamento ABS y el costo de producción competitivo (\$231.57) demuestran que es posible generar soluciones accesibles y de alta calidad para dispositivos de asistencia animal. Esto resalta la viabilidad de utilizar tecnologías emergentes para democratizar el acceso a herramientas que mejoren la calidad de vida de los animales con discapacidades.
- La validación clínica del dispositivo, realizada por un médico veterinario, confirma que la anatomía y el bienestar del animal no se ven comprometidos, lo que respalda su idoneidad para el uso prolongado. Adicionalmente, se ha establecido un protocolo de

adaptación gradual para permitir que el can se familiarice con la silla de ruedas, asegurando un proceso de integración positivo y saludable.

Referencias

1. P. G. Arauz, P. Chiriboga, M.-G. García, I. Kao, y E. A. Díaz, «New technologies applied to canine limb prostheses: A review», *Vet World*, pp. 2793-2802, oct. 2021, doi: 10.14202/vetworld.2021.2793-2802.
2. M. Rojas y L. Walker, «Malformaciones Congénitas: Aspectos Generales y Genéticos», *Int. J. Morphol.*, vol. 30, n.o 4, pp. 1256-1265, dic. 2012, doi: 10.4067/S0717-95022012000400003.
3. Á. A. César-Juárez et al., «Uso y aplicación de la tecnología de impresión y bioimpresión 3D en medicina», *Revista de la Facultad de Medicina (México)*, vol. 61, n.o 6, pp. 43-51, dic. 2018.
4. C. Blake, S. Birch, y J. Brandão, «Medical Three-Dimensional Printing in Zoological Medicine», *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*, vol. 22, n.o 3, pp. 331-348, sep. 2019, doi: 10.1016/j.cvex.2019.05.004.
5. P. Yilgör Huri y Ç. Oto, «3D Printing in Veterinary Medicine», *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, vol. 69, n.o 1, pp. 111-117, ene. 2022, doi: 10.33988/auvfd.871933.
6. P. D. Romero Salazar, «Una patita, una vida: diseño de prótesis para extremidades caninas e identidad visual para su comercialización», Udl, Quito, 2016.
7. A. G. Rubio Fernández, «Diseño de órtesis económica para perros con displasia de cadera, con tecnología disponible en el contexto guatemalteco», Universidad Rafael Landívar, Guatemala, 2011. [En línea]. Disponible en: http://bibliod.url.edu.gt/F/E2E91TI1Y83F6G369SLEAQINKHS7V85ISVE2LNEXQLQREXUGII-31654?func=full-set-set&set_number=188698&set_entry=000001&format=999
8. Manual Ilustrado de Cinología. Buenos Aires, Argentina: Federación Cinológica Argentina, 2016.

9. G. López Contreras, «Análisis numérico y experimental de un prototipo de prótesis canina para extremidad posterior», Tesis de Grado de maestro en ciencias en ingeniería mecánica, Instituto Politécnico Nacional, México D.F., 2016.
10. C. S. Fernández, «Diseño y Cálculo de una prótesis canina», Tesis de Grado, Universitat Politècnica de València, 2019.
11. E. O. Urrutia Nogales, «Diseño y construcción de un prototipo de prótesis de pata de perro, con amputación de extremidad delantera cercana al codo, producida mediante impresión 3D para la empresa Dico-Val ubicada en la ciudad de Ambato», bachelorThesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica, 2023. Accedido: 25 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/37670>
12. L. Acero León, «Equal», Universidad El bosque, Bogotá, 2019. [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12495/2452>
13. A. Bustos Aedo, «Doggo : andador canino colapsable para perros de raza pequeña con parálisis de tren posterior», 2020, Accedido: 27 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/178128>
14. N. Bachman, M. Lasso, O. Olaode, E. Walfield, y M. A. Zuhairi, «Design of a Prosthesis for Canines with Front Limb Deformities», A Major Qualifying Project Report, Worcester Polytechnic Institute, 2017.
15. Zaera Polo, «Traumatología en pequeños animales. Resolución de las fracturas más frecuentes 2a edición», Ediciones Edra. Accedido: 29 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://edicionesedra.com/es/traumatologia-y-ortopedia/1915-traumatologia-en-pequenos-animales-resolucion-de-las-fracturas-mas-frecuentes-2-edicion.html>
16. V. Arnedo, «Sillas de ruedas para perros - Guía completa 2019», RedCanina.es. Accedido: 13 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.redcanina.es/sillas-de-ruedas-para-perros-guia-completa/>
17. D. Dias, «20 Valientes Mascotas con una Segunda oportunidad de Vida», recreoviral. Accedido: 11 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.recreoviral.com/animales/animales-que-tuvieron-una-segunda-oportunidad-de-vivir/>

18. J. Herman, «TurboRoo's first family cheers, barks for "Underdog"», The Indianapolis Star. Accedido: 12 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.indystar.com/story/life/2015/01/13/turborooos-first-family-cheers-barks-underdog/21709675/>
19. Bionic Pets, «Dog Prosthetics | Pet Prosthetics», Animals are born to run, we help them get there. Accedido: 12 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://bionicpets.org/>
20. R. G. Budynas y J. K. Nisbett, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, Novena edición. México: McGraw-Hill, 2012.
21. by H. Protolabs Network, «What is 3D printing? How does 3D printing work?», Hubs. Accedido: 11 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.hubs.com/guides/3d-printing/>
22. A. M, «Los patrones de relleno en la impresión 3D, ¿qué tipos hay y para qué se utilizan?», 3Dnatives. Accedido: 12 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.3dnatives.com/es/guia-patrones-relleno-impresion-3d-170720232/>
23. «Patrones de relleno | Prusa Knowledge Base». Accedido: 12 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: https://help.prusa3d.com/article/patrones-de-relleno_177130
24. E. A. Echeverría Aldana, «Evaluación de la resistencia a la flexión y torsión del material ácido pololáctico (PLA) manufacturado por impresión 3D con patrón de panal de abeja y porcentaje de relleno del 50%», bachelorThesis, 2021. Accedido: 12 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20759>
25. Filament2Print, «PLA Smartfil Negro». Accedido: 15 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://filament2print.com/es/pla-smartfil/721-pla-smartfil-negro.html>
26. Filament2Print, «ABS Smartfil Azul | Filament2Print». Accedido: 15 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://filament2print.com/es/abs-smartfil/731-abs-smartfil-azul.html>
27. Filament2Print, «PETG Smartfil». Accedido: 15 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://filament2print.com/es/copoliesteres-pet/735-petg-smartfil.html>
28. Filament2Print, «ASA Negro». Accedido: 15 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://filament2print.com/es/asa/689-asa-negro.html>

29. Ortocanis, «Silla de ruedas para perros |Todos los tamaños|», Ortocanis.com. Accedido: 11 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.ortocanis.com/es/silla-de-ruedas-para-perros/sillas-de-ruedas-para-perros.html>
30. F. Arango, «Transformando vidas con Sillas de ruedas para mascotas Adéu». Accedido: 11 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://blog.agrocampo.com.co/sillas-de-ruedas-para-mascotas-adeu/>
31. «¿Qué es el peso? (artículo)». Accedido: 20 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://es.khanacademy.org/_render
32. «Walkin' Wheels Full Support/4-Wheel SMALL», Walkin' Pets. Accedido: 22 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.walkinpets.com/dog-wheelchair-quad-small-adjustable-wheelchairs-for-dogs-with-disabilities/>
33. «Coche Bebe Happy Baby Klaus Gris - BabyManía». Accedido: 1 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://babymania.com.co/coche-bebe-happy-baby-klaus-gris/>
34. «2 RUEDAS WAVEBOARD 76mm 88a», Decathlon. Accedido: 1 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.decathlon.cl/accesorios-y-repuestos/5884-1814-2-ruedas-waveboard-oxelo-negras.html>
35. «Arnés para perros en reata – Il Can Atelier». Accedido: 22 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.ilcanatelier.com/collections/arnes/products/arnes-lime-punch>
36. «Descubre el uso de la tela de neopreno en los regalos de empresa», RegalosPublicitarios.com. Accedido: 22 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.regalospublicitarios.com/regalopedia/neopreno-tela>
37. «Micropolar - Azul Denim», Punto Tela. Accedido: 22 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://puntotela.com/products/micropolar-azul-denim>
38. «AIRNET SPACER PLUS 310 – Manufacturas Nylma». Accedido: 22 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://nylma.com/product/airnet-spacer-plus-310/>