



Pontificia Universidad
Católica del Ecuador | Sede
Ambato

OFICINA DE POSGRADOS

Tema:

DISEÑO GENERATIVO PARA EL DESARROLLO DE ÓRTESIS DE CANES

**Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Magíster en
Diseño de Producto mención en innovación y desarrollo de proyectos**

Línea de Investigación:

INNOVACIÓN, GESTIÓN Y COMPETITIVIDAD

Autor:

KAREN DAYANA IMBAGO ARÉVALO

Director:

Mg. JOSÉ MIGUEL SEGNINI

Ambato – Ecuador

Agosto - 2021

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

SEDE AMBATO

HOJA DE APROBACIÓN

Tema:

Diseño generativo para el desarrollo de órtesis de canes

Línea de Investigación:

Innovación, gestión y competitividad

Autor:

Lic. Karen Dayana Imbago Arévalo

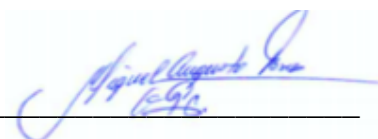
José Miguel Segnini Maizo, Ing. Mg.
CALIFICADOR

f.  _____


Francisco Javier Echeverría Tamayo, Ing. Mg.
CALIFICADOR

f.  _____


Miguel Augusto Torres Almeida, Ing. Mg.
CALIFICADOR

f.  _____

Padre Juan Carlos Acosta, Msc.
DIRECTOR UNIDAD ACADÉMICA

f.  _____

Hugo Rogelio Altamirano Villarroel, Dr.
SECRETARIO GENERAL PUCESA

f.  _____

Ambato – Ecuador

Agosto 2021

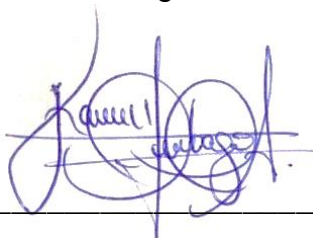
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo: **KAREN DAYANA IMBAGO ARÉVALO**, con CC. **1003958095**, autor del trabajo de graduación intitulado: “DISEÑO GENERATIVO PARA EL DESARROLLO DE ÓRTESIS DE CANES”, previo a la obtención del título profesional de MAGÍSTER EN DISEÑO DE PRODUCTOS MENCIÓN EN INNOVACIÓN Y DESARROLLO DE PROYECTOS.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2. Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a difundir a través del sitio web de la Biblioteca de la PUCE Ambato, el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de la Universidad.

Ambato, agosto 2021



KAREN DAYANA IMBAGO ARÉVALO

CC. 1003958095

AGRADECIMIENTO

Agradecer primero a Dios por permitir que las cosas se hayan presentado así, cursar esta maestría no fue una casualidad, siempre ha puesto personas y momentos que me han permitido crecer de forma personal y profesional.

A mis padres, quienes son el pilar fundamental de mi vida, su apoyo desde el inicio de este proceso ha sido esencial, gracias por afirmar mis decisiones, me faltarían las palabras para poder expresarles mi agradecimiento por aportar en mi desarrollo profesional, por verme crecer, sin lugar a duda cada esfuerzo que hago, cada logro que consigo es por verles siempre felices. Gracias, por tanto.

A mi asesor de tesis, José Segnini gracias por brindarme tu apoyo, asesoría, compartir tus conocimientos sin escatimar horarios y ser a lo largo de este proceso un excelente amigo y gran guía para la finalización de este proyecto.

A las personas que estuvieron presentes a lo largo de este proceso, quienes me acogieron sin conocerme, quienes me prestaron su tiempo y esfuerzo para acompañarme en cada viaje, quienes entendieron el camino y aportaron para que todo salga de la mejor forma.

Mi gratitud para ustedes

DEDICATORIA

A mis padres, Carlos y Mireya, por ellos y para ellos todo.

A mis abuelos Carlos y Luz, Ángel y Carmelita, símbolo de alegría, quienes siempre me consienten, su presencia en mi vida me motiva cada día.

A mis hermanos, Carlos y Nicolás, este proyecto es mi forma de demostrarles que todo lo que uno se propone, lo realiza con la mano de Dios, con el apoyo y la unión de nuestra familia, mis pequeños siempre serán mi motivo de superación.

Con todo el amor, Karen

RESUMEN

Los canes están expuestos al igual que los seres humanos a sufrir accidentes, malformaciones o incluso enfermedades que impiden su movilidad con normalidad. Lo anterior, implica un decremento de la calidad de vida si el animal sufre patologías en sus extremidades, que culminarán o no con una intervención quirúrgica y en su mayoría requiere de una órtesis para su recuperación.

Si bien existen dispositivos disponibles en el mercado nacional, distribuidos por casas comerciales, todos son productos de importación con altos costos de adquisición y mantenimiento, motivo por el cual los médicos veterinarios optan por improvisar con accesorios alternativos, como tubos de PVC, yesos, madera, algodón, entre otras, la cual, nunca tendrá la adaptación fisionómica correcta y el tiempo de fabricación es muy alto. Lo anterior deja en evidencia la inexistencia a nivel nacional de un producto ortésico de bajo costo para inmovilizaciones de extremidades en animales específicamente en perros, que serán utilizadas en clínicas veterinarias y fundaciones, que cuenten con una correcta adaptación fisionómica y una respuesta rápida de fabricación.

En esta investigación, se desarrolla una órtesis para canes mediante la implementación del diseño generativo, con restricciones asociadas al uso de geometrías sencillas, material disponible en la zona y de bajo costo, que contribuye con la progresiva rehabilitación. Para esto, se propone un proceso de diseño que combina con tecnologías computacionales donde se presentan alternativas de mecanismos y formas mediante el diseño generativo para luego seleccionar jerárquicamente las más adecuadas según los requerimientos planteados.

Palabras clave: Órtesis, rehabilitación, canes, diseño generativo

ABSTRACT

Like human beings, dogs are exposed to accidents, malformations or even diseases that impede them from moving normally. This implies a decrease in the quality of life when the animal suffers pathologies in its extremities, which may or not culminate in a surgical intervention and most of them require an orthosis for their recovery.

Although there are devices available in the national market, distributed by commercial companies, they are all imported products with high acquisition and maintenance costs, which is why veterinarians improvise with alternative accessories, such as PVC tubes, plaster, wood, cotton, among others, which will never have the correct physiognomic adaptation and the manufacturing time is very high.

This shows the lack of a low-cost orthotic product for immobilization of limbs in animals, specifically in dogs, that can be used in veterinary clinics and foundations, that counts with a correct physiognomic adaptation and a quick manufacturing response.

In this research, an orthosis for dogs is developed through the implementation of generative design, with restrictions associated with the use of simple geometries, low cost locally available material, which contributes to the progressive rehabilitation. For this reason, it is proposed a design process combined with computational technologies where alternative mechanisms and shapes are presented through generative design to select the most appropriate ones according to the requirements in a stratified way.

Keywords: Orthotics, rehabilitation, canine, generative design

ÍNDICE

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. ESTADO DEL ARTE Y LA PRÁCTICA	4
1.1. Canes o perros	5
1.2. Diseño generativo	11
1.3. Órtesis	19
CAPÍTULO II. DISEÑO METODOLÓGICO	34
2.1. Tipo y enfoque de la investigación	34
2.2. Población y muestra	35
2.3. La propuesta de metodología para el diseño	37
CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	54
3.1. Características de la órtesis de inmovilización	54
3.2. Análisis jerárquico para selección de alternativas	56
3.3. Generación de la geometría propuesta	60
CONCLUSIONES	68
RECOMENDACIONES	70
BIBLIOGRAFÍA	71
ANEXOS	77

INTRODUCCIÓN

Los canes manifiestan sus emociones o la respuesta ante estímulos endógenos y exógenos a través de acciones motoras del cuerpo, usan sus extremidades para desplazarse, su movimiento es una actividad compleja que va de la mano con el sistema nervioso. La postura correcta es indispensable para el equilibrio estático o el dinámico.

Si el animal sufre algún tipo de accidentes, malformaciones o incluso enfermedades que impiden su movilidad con normalidad, implica un decremento en la calidad de vida del animal. Las razones para inmovilizar son múltiples, de esta manera al igual que en los humanos se consigue evitar el movimiento del hueso y de la articulación, se minimiza complicaciones por la lesión de estructuras contiguas como los músculos, los nervios y los vasos sanguíneos; así se evita que la fractura se complique y pasa de incompleta a completa, de cerrada a abierta.

En Ecuador, las clínicas veterinarias y fundaciones presentan casos de animales con afecciones en su cuerpo y en muchos casos los equipos y dispositivos para su recuperación son limitados, a pesar de existir dispositivos ortopédicos de rehabilitación, pero al ser equipos importados representan un alto costo para la realidad social ecuatoriana, es este el motivo principal para que los veterinarios opten por improvisar con accesorios alternativos.

El propósito de este proyecto es desarrollar un producto que permita la correcta rehabilitación de los animales con lesiones en sus extremidades, mejorar la calidad de vida del paciente. Por otro lado, se buscan desarrollar métodos que disminuyan los costes de diseño y producción, y de esta manera cubrir la necesidad que existe en los centros veterinarios de contar con órtesis de inmovilización económicamente viable. De igual manera, se pretende con este proyecto impulsar la transformación de la matriz

productiva, tal como lo estipula los objetivos 5.3, 5.4 y 5.6 del Plan nacional de Desarrollo, detallados en (SENPLADES, 2017) y articular la investigación científica tecnológica con la educación superior.

Si bien es cierto, el mercado internacional presenta varias alternativas de órtesis para canes de acuerdo a la extremidad que se vea afectada. Las casas comerciales ofertan el producto por tallas; de acuerdo a medidas estándar; donde los polímeros son el material base para la construcción del mismo, así pues, el principal mecanismo de sujeción el velcro para poder brindar un ajuste adaptable a la forma de la extremidad del can, tal como se muestra en (Balto, 2019), (Frida, 2020), (Ortovets, 2020), (Ortocanis, 2019), (Ortopedia mascotas, 2020), todos son productos de importación con altos costos de adquisición y mantenimiento.

No obstante, ciertas investigaciones, como (Acero, 2019), (Cortes, 2013), (Mesa, 2020), (Pascual, 2019), (Antonana, Jaione, García, & Megía, 2019) muestra un proceso de diseño centradas en el usuario, con el análisis biomecánico respectivo que permita brindar la inmovilidad que el can necesita para su recuperación. A pesar de ello, son investigaciones que no escatiman en el costo del producto y el tiempo de fabricación. En los últimos cinco años, a nivel nacional se han presentado investigaciones relacionadas a órtesis para canes tal es el caso de (Nacevilla, 2018), (Zambonino, 2019), donde se prevé adaptar la forma e involucrar tecnología actual para su fabricación.

En esta investigación se *presenta el desarrollo de órtesis para canes mediante la implementación del diseño generativo*, con material disponible en la zona y donde el costo muestra accesible. Para esto, se plantea los siguientes objetivos específicos:

- Fundamentar teóricamente la función de órtesis y el diseño generativo en los canes.

- Definir las características del diseño generativo como herramienta de enfoque evolutivo en la construcción de prototipos.
- Establecer un vínculo entre el diseño generativo y el desarrollo de órtesis.
- Definir la materialidad, construcción y validación del prototipo.

Por lo cual, se propone un proceso de diseño que parte de un método deductivo principalmente en la elaboración del estado del arte, permite ampliar los conocimientos relacionados con el problema que se investiga, analizarlo y añadir los aportes de los investigadores. De igual manera, el método inductivo se aplicará en la fase del trabajo de campo y experimental para todo el análisis estructural del dispositivo. Así mismo, para el análisis de la forma se utilizará una optimización topológica parte del diseño generativo en conjunto con el método de Elemento Finito.

En esta misma dirección, en esta investigación se utiliza una metodología de diseño que es una modificación a la propuesta desarrollada por el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), titulada Proceso de Diseño: fases para el desarrollo de productos (Instituto Nacional de Tecnología Industrial [INTI], 2009), la cual, propone un proceso de diseño que esquematiza el recorrido para diseñar un producto. Está organizado en término de fases de trabajo, que persiguen objetivos específicos.

Los resultados obtenidos muestran que se adquiere una órtesis personalizada hasta dentro de las 72 horas establecidas por el veterinario para la aplicación de la misma sobre la extremidad del can, mediante tecnología de escaneado, modelado en 3D y así, uso aplicativo del diseño generativo para la selección de alternativas de forma establecidas por parámetros y posterior, impresión 3D; donde se busca imitar la morfología del animal, permite una adaptación más efectiva.

Este proyecto se estructura en tres capítulos, cada uno de, los cuales, se desarrollan para cumplir con los objetivos planteados, puntualiza delimitaciones, y describe

métodos de aplicación al problema, hasta llegar al diseño completo de la órtesis de inmovilización.

En el primer capítulo se incluye al Estado del arte y la práctica, allí se presenta de forma resumida la sustentación teórica básica para el desarrollo de la órtesis de inmovilización y que se acompaña de la situación actual de los dispositivos ortésicos para perros que van desde los dispositivos comerciales implantados en el mercado hasta las propuestas académicas y patentes industriales.

En el segundo capítulo, con la incorporación de una metodología de diseño, se desarrolla variantes de solución y por medio de esta se involucran a expertos para asesoramiento particular en el área de órtesis de inmovilización, donde se obtendrá la información necesaria para la conceptualización y proceso de diseño, que se realizará mediante el uso de paquetes computacionales de ingeniería, establece así, un proceso que no sólo introduce la estética en el diseño, sino, que introduce el cálculo estructural para validar los materiales y formas utilizadas para el dispositivo.

En el tercer capítulo, se presentan los resultados en cada una de las fases del proceso de diseño, para llegar a una propuesta final y así generar el diseño de detalle de dicha propuesta. Para finalizar se presentan las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

CAPÍTULO I. ESTADO DEL ARTE Y LA PRÁCTICA

En este apartado se define aquellos conceptos que están relacionados con el proyecto de investigación y, por último, se mencionan aquellas investigaciones académicas, comerciales y patentadas que están direccionadas a desarrollar órtesis caninas de inmovilización.

1.1. Canes o perros

El perro o can (*Canis lupus familiaris*) es un mamífero doméstico de la familia de los cánidos, de tamaño, forma y pelajes muy diversos, según las razas, que tiene olfato muy fino y es inteligente y muy leal a su dueño (Real Academia Española [RAE], 2020). Este mamífero presenta una diversidad morfológica muy significativa, lo que complica su estudio. La anatomía del perro es muy amplia debido a la diversidad de razas que existen. Las distintas razas de perros no solo difieren entre sí por el tamaño, sino por la forma de muchas partes de su cuerpo (Díaz, 2019).

Dentro de la anatomía canina se encuentra el esqueleto apendicular que está compuesto por los huesos de las extremidades. Si se refiere a las extremidades puntualmente se hace énfasis en las patas, las uñas y las almohadillas, mismas que son fundamentales si se trata de la movilidad del animal.

Las patas delanteras o miembros anteriores de los perros están formadas por los siguientes huesos, desde más cerca del cuerpo a más alejado: escápula, húmero, radio, cúbito, carpo, metacarpo y falanges. Por su parte, las patas traseras o miembros posteriores presentan los huesos: coxal, fémur, tibia, peroné, tarso, metatarso y falanges, como se muestra en la figura 1.1 (Díaz, 2019).

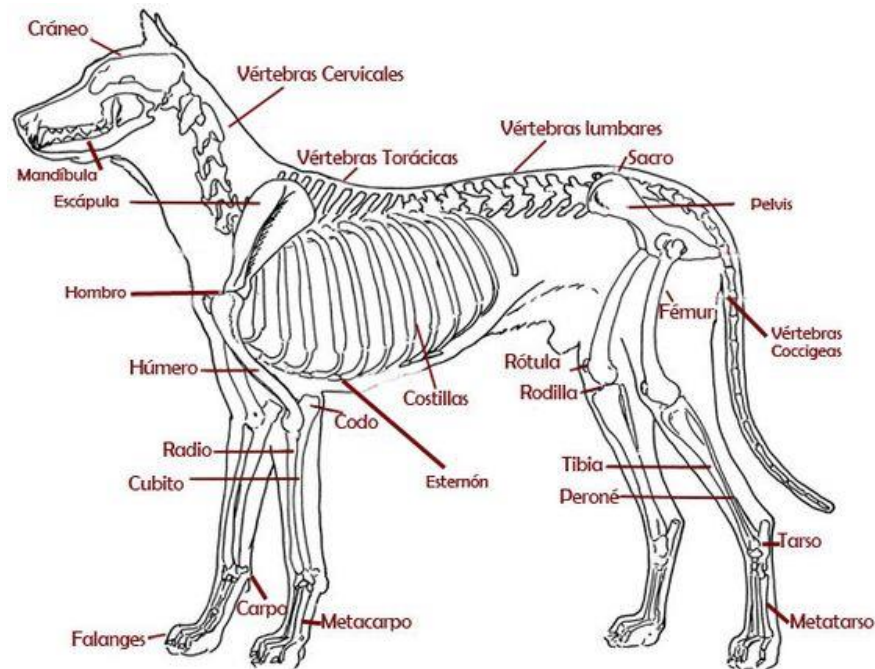


Figura 1.1. Sistema óseo del perro, extraído de Henríquez (2017).

La biomecánica del animal hace referencia a los fenómenos mecánicos y cinemáticos que actúan sobre el sistema músculo - esquelético de los canes: movimiento, equilibrio, resistencia (ver figura 1.2) y las consecuencias de las acciones físicas de estos sistemas. Esto ayuda a determinar requisitos técnicos (materiales) y de forma. La biomecánica determina las causas por las que se produce una fractura.



Figura 1.2. Factores del movimiento, extraído de Henríquez (2017).

En la biomecánica el peso de los perros se divide así: 60% se concentra en la parte anterior y 40% en la parte posterior (ver figura 1.3) Es decir que, en caso de una

amputación de alguna extremidad se sobrecarga las demás extremidades y la columna por lo que con el tiempo estas zonas se debilitan y causarán otras enfermedades (Acero, 2019).

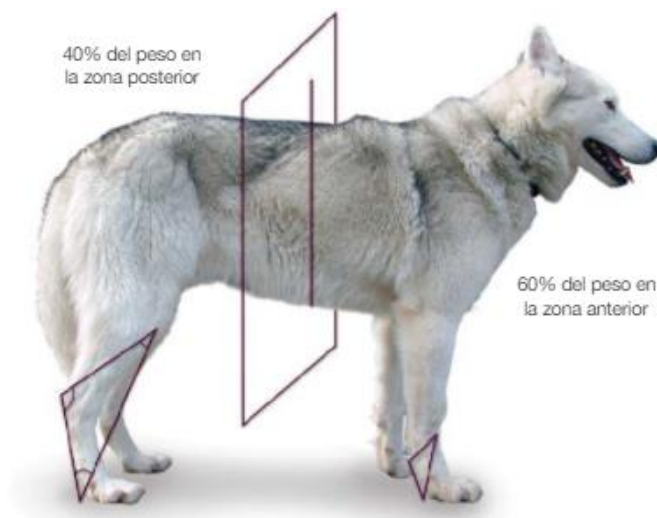


Figura 1.3. Biomecánica del peso de los perros, extraído de (Acero, 2019)

Por otro lado, la zoometría estudia las formas de los animales mediante mediciones corporales concretas que permiten cuantificar la conformación corporal (Parés i Casanova, 2009, pág. 171).

Al igual que Zambonino (2019), se estudia la conformación anatómica de los canes mediante herramientas de medición. Se parte que los datos zoométricos no son valores matemáticamente certeros, sino que son valores referenciales que presentan márgenes de error, por lo que se mantiene para la medición, las mismas condiciones de trabajo en todos los sujetos de estudio (canes). El estudio zoométrico se agrupa en medidas lineales alzadas (altura), diámetros lineales (ancho, profundidad), perímetros. Estos datos son recopilados por medio de herramientas de medición llamadas zoómetros, cinta métrica, calibrador y compás de grueso.

En la figura 1.4, se aprecia la vista de frente y de atrás de la anatomía del esqueleto del can, donde detalla los nombres de los huesos de las extremidades anteriores y posteriores para la toma de medidas.

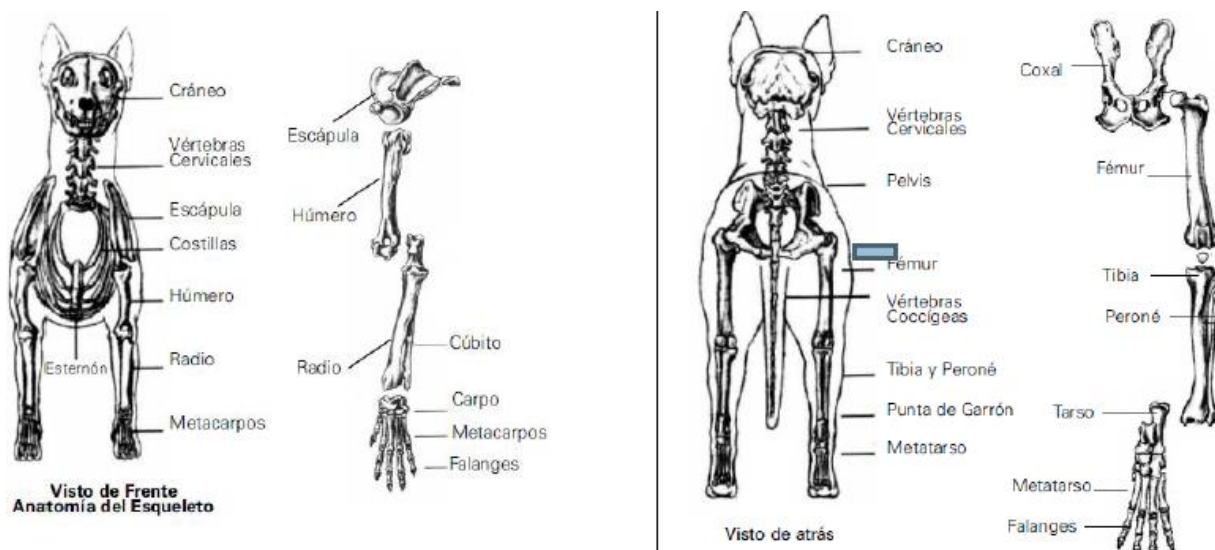


Figura 1.4. Vista de frente y atrás, extraída de (Cortes, 2013)

De igual manera, Chimborazo (2019) plantea el estudio de las extremidades por separado, detallada en la tabla 1.1

Tabla 1.1. Consideraciones para el estudio de extremidades en perros

Extremidades		
Miembros	Detalle	Observación
Miembros anteriores (ver figura 1.5)	En conjunto	Vista desde el frente y determinar si son rectos, paralelos, arqueados
	Hombro	Longitud y ubicación
	Brazo	Longitud
	Codo	Considerar la ubicación
	Carpo	Consistencia
Miembros posteriores (ver figura 1.5)	Metacarpo	Ubicación
	En conjunto	Vista desde atrás, longitud y consistencia
	Muslo	Longitud
	Rodilla	Determinar ángulo
	Articulación tibio – Tarsian	Determinar ángulo y ubicación
	Metatarso	Longitud, ubicación y consistencia

Nota: Datos tomados de Chimborazo (2019).

Existe muchos traumatismos osteoarticulares en los perros, sin embargo, en esta investigación se hace énfasis en aquella que requiere del tratamiento de inmovilización

(ver tabla 1.2). A continuación, se detallan dichos traumatismos propuestos por Durán (2017).

- **Traumatismos cerrados:** se producen sin ruptura de la cápsula articular ni efracción cutánea; si ejercen una acción directa provocan contusiones articulares, asociadas o no con fracturas articulares y si la acción es indirecta, esguinces o luxaciones.
- **Traumatismos abiertos:** presentan una solución de continuidad entre el exterior y la cavidad articular. Los perros sometidos a una actividad intensa están sometidos con mayor frecuencia a micro traumatismos, que se acumulan progresivamente y de manera insidiosa.

Tabla 1.2. Traumatismos osteoarticulares que requieren inmovilización.

Tipos	Definición	Síntomas
Esguinces	Traumatismos cerrados, debidos a la ejecución de un movimiento que va más allá de los límites fisiológicos de la articulación.	Supresión de apoyo debido al dolor, acentuado por la contractura.
Luxaciones	Desplazamiento anormal de las superficies articulares que suele ser permanente.	Presenta impotencia funcional, acompañada de deformación del miembro, dolor a la palpación y movilidad anormal.
Fracturas	Ruptura de un elemento del esqueleto óseo o cartilaginoso. Se acompaña de daño en los tejidos blandos adyacentes. Producidas por un traumatismo, sea externo o interno.	Dolor, hinchazón, posición anormal, movimientos antinaturales.

Nota: Reconstruida de Durán (2017).

Por norma general se realiza una radiografía de la parte afectada y se valora así la posibilidad de realizar cirugía. En cualquier caso, esta zona es inmovilizada una vez que el hueso esté alineado. Así se permite que vuelva a sellarse y a funcionar correctamente. Si se trata de un hueso importante, y especialmente, en las extremidades, en muchos casos habrá que seguir una rehabilitación cuando haya

soldado. Y así el animal irá recupera la movilidad y la fuerza. Al haber estado inmovilizado, la musculatura suele debilitarse, por lo que hay que reactivarla de manera paulatina. (Ortocanis, 2018)

Aunque existen diversos traumatismos osteoarticulares, esta investigación se enfoca en las fracturas más comunes que requieren inmovilización, como son, la fractura de radio y ulna, de tibia y fíbula, del carpo y tarso, del metacarpo, de huesos del metatarso, de las falanges y la fractura de la espina dorsal.

A la hora de tratar este tipo de fracturas, varios factores influyen, como la edad, el tamaño del animal, la zona y el tipo.

La aplicación de férulas para inmovilizar, solamente se realiza en el esqueleto apendicular en los huesos largos. El tratamiento no es procedente en el caso de articulaciones, huesos cortos, huesos delgados y huesos que tenga una ubicación inapropiada húmero y fémur (Zambonino, 2019).

Se identifican las zonas donde no se aplica un tratamiento de inmovilización con férulas estas zonas se encuentran resaltadas con rojo en las figuras 1.5 y 1.6.

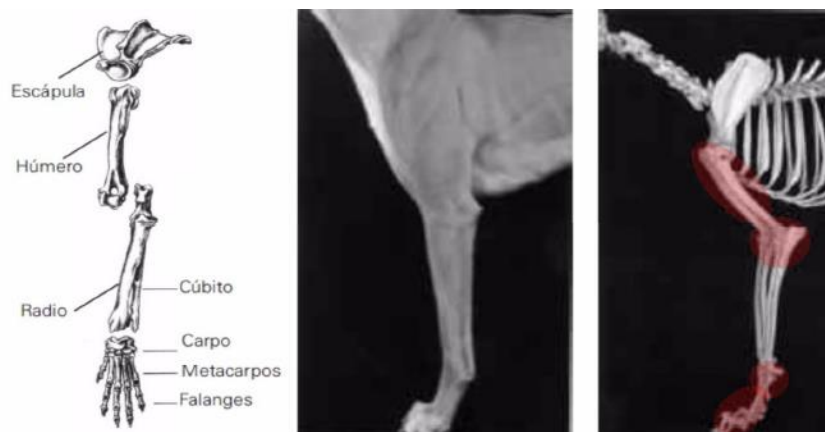


Figura 1.5. Miembro anterior, extraído de (Zambonino, 2019)

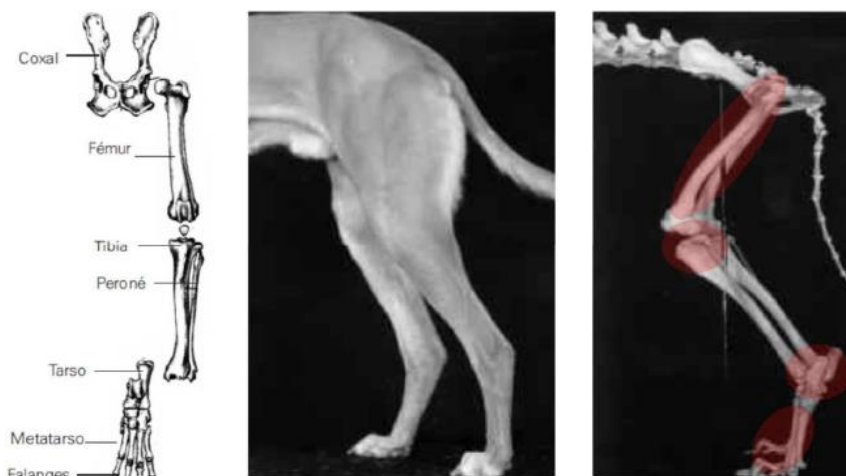


Figura 1.6. Miembro posterior, extraído de (Zambonino, 2019)

1.2. Diseño generativo

El diseño generativo es un método de diseño cuyo resultado se obtiene a partir de una serie de normas y/o algoritmos, variables o no. Está basado en el diseño parametrizado, sobre todo en cuanto a modelado. Se trata de un método que permite explorar una gran multitud de posibles resultados con todas sus variables (ver figura 1.7). Este método se aplica gracias a las aplicaciones de diseño asistido por ordenador. El diseño generativo elabora, total o parcialmente, diseños mediante el uso de sistemas definidos por algoritmos, es decir, por un conjunto ordenado y finito de operaciones que permite hallar la solución de un problema.

El diseño generativo está inspirado en los procesos naturales de crecimiento, donde partiendo de la misma base y siguiendo el mismo proceso de desarrollo los resultados ofrecen pequeñas variables entre sí, ya sean variables genéticas o pequeñas mutaciones, como lo muestra la figura 1.7. Esta técnica pretende aplicar una metodología similar en los campos de la arquitectura, el diseño y el desarrollo de productos, aunque actualmente se empieza a aplicar en otros campos como la comunicación o la programación. (Navarro, 2016)



Figura 1.7. Diseño generativo y sus múltiples soluciones, extraído de 3Dnatives (2017)

El diseño generativo se describe como “alternativas de diseño”, la idea principal de esta metodología es crear diferentes soluciones para un mismo fin, da diversas opciones para optimizar ciertos aspectos que se describen a continuación:

- **Resistencia en puntos de apoyo:** para la creación de este modelo, se requieren unos puntos con unas cargas, las cuales ayudan a definir que se desea fabricar, toma en cuenta dichos puntos se va a generar las opciones de diseño, unas más complejas que otras, pero optimiza la resistencia del diseño y busca la forma en que este tenga más resistencia a las cargas definidas.
- **Reducción de material:** luego de definir unos puntos de apoyo, el diseño generativo define ciertas opciones, las cuales están enfocadas a optimizar la resistencia, pero, también, la reducción de material, al usar estos puntos define una forma simplificada del modelo en forma de nervios, los cuales, están interconectados unos con otros, así da forma natural al diseño.
- **Tiempo de fabricación:** este factor se considera como el más importante, a nadie le gusta perder tiempo y con estas alternativas de diseño generativo se obtiene tiempos menores de fabricación respecto a diseños anteriores, debido a que al definir puntos de apoyo y generar la geometría reducida, se toma medidas rápidas para la creación del prototipo (Peña, 2018).

El diseño generativo es un método riguroso en el cual el ordenador pasa de simple herramienta a ser una parte esencial del proceso creativo, convierte la colaboración máquina-humano en esencial. Mamaqi (2017) lo define como un proceso que consta de cuatro fases:

1. Idea - Objetivos de diseño.
2. Algoritmo que genera las soluciones.
3. Filtros o restricciones.
4. Resultado final

Este proceso cambia radicalmente la manera que se tiene que diseñar, pasamos de un modelo convencional o lineal/iterativo (ver figura 1.8) a un modelo generativo (ver figura 1.9).

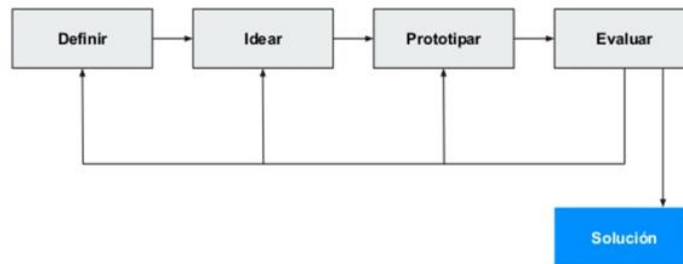


Figura 1.8. Modelo de diseño convencional, extraído de (Mamaqi, 2018).

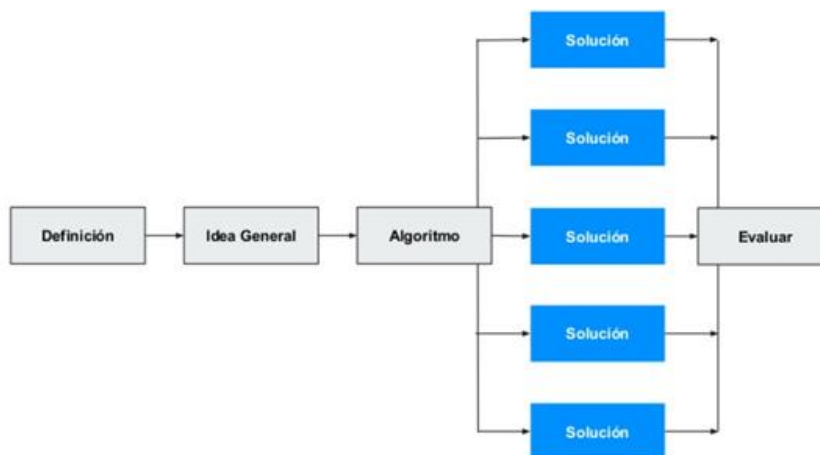


Figura 1.9. Modelo de diseño generativo, extraído de (Mamaqi, 2018)

La conjugación entre tecnología y diseño significa un enorme reto tanto en inversión como en desarrollo. Las empresas de distintas industrias como arquitectura, ingeniería, construcción, manufactura e incluso entretenimiento; lo experimentan constantemente debido a la dificultad que implica crear un producto que no solo cuente con las características requeridas para funcionar, sino que, también, cuente con los elementos que lo hagan práctico, eficiente y estéticamente único.

El diseño generativo ha hecho posible que empresas de distintas industrias mejoren sus productos en términos de precio y materiales. Además, representa un trabajo colaborativo para el diseño convencional y procesos como la impresión 3D. De esta forma, a través de programas computacionales se crea y diseñan cosas que van más allá de la mente humana (Irastorza, 2019).

En ingeniería son muchas las empresas de automoción y tecnología aeroespacial que se han sumado a esta evolución tecnológica, como General Motors®, Volkswagen®, Airbus®, entre otras, con la creación de vehículos y aeronaves de menor consumo de combustibles y mayor capacidad de carga (ver figura 1.10).



Figura 1.10. Concepto Volkswagen - Type 20, extraído de 3Dcadportal

Por su lado la ingeniería inversa permite la captura, representación y reproducción de modelos de productos a partir de la manipulación de información tridimensional en un computador. El proceso implica la medición de un objeto físico para describir su

geometría con una precisión requerida y así lograr una reproducción del objeto que mantenga en todo momento sus características funcionales (Betancur, 2011).

El proceso de la ingeniería inversa se compone de dos etapas: la digitalización 3D del objeto físico, y la reconstrucción de superficies mediante la aplicación de sistemas CAD/CAM/CAE especializados para la ingeniería inversa.

Para Betancur (2011), el proceso de ingeniería inversa definido desde la digitalización hasta la reproducción del objeto permite, finalmente, un desarrollo más rápido del producto acompañado de una reducción de costos. Esta es, especialmente, útil si se requiere trabajar con precisión, geometrías complejas, disminución de tiempo de desarrollo y evitar ensayo y error como factores incidentes en el desarrollo de un producto.

También, en el sector del diseño industrial encontramos productos más ergonómicos (ver figura 1.11) con el fin de favorecer la utilización manual. El diseño generativo no sólo se limita a las tareas de diseño estructural, conquista otras áreas de la ingeniería como diseño eléctrico y térmico, optimización de fluidos, óptica y acústica.



Figura 1.11. Primer producto comercial de diseño generativo de Autodesk, extraído de 3Dcadportal

Algunas principales marcas de calzado y equipamiento deportivo han apostado por este diseño para ofrecer al consumidor un mejor desempeño, cada usuario es único y requiere un diseño óptimo y específico, tal como se muestra en la figura 1.12, (Fransoy, 2020). En el arte y la moda Diseñadores como Iris Van Herpen o Alexander McQueen, también, utilizan el diseño generativo para crear piezas de ropa, como se muestra en la figura 1.13



Figura 1.12. Calzado deportivo modelado con Rhinoceros, extraído de (Fransoy, 2020).



Figura 1.13. Prendas diseñadas por Iris Van Herpen, extraído de (Velasco, 2015)

Muchos son los arquitectos que utilizan actualmente el diseño generativo, son posibles diseños más complejos y ambiciosos, como el Centro Heydar Aliyev de Zaha Hadid Architects (ver figura 1.14). Los algoritmos generativos controlan una gama mucho más amplia de herramientas digitales empleadas en la construcción, y que ha dado lugar a una nueva estrategia de diseño.



Figura 1.14. Centro Heydar Aliyev, extraído de (ArchDaily, 2013)

Algunas de las cualidades de aporte del diseño generativo en el diseño de arquitectura son: rapidez en la modificación de los proyectos, gestión de complejidad de información a gran velocidad, generación y comprobación de multitud de resultados, análisis y evaluación de la validez de resultados, optimización de diseños.

Un tema relevante, es como el diseño generativo empieza a integrarse en la medicina, fabricantes de software como Autodesk, quien hace pocos años compra la empresa alemana Netfabb y desarrolla su propio software para la impresión 3D: Autodesk Within Medical, para el diseño generativo de implantes médicos para la industria ortopédica, este software permite a los ingenieros crear estructuras reticulares micro porosas en las prótesis para ser implantadas fácilmente en el hueso vivo y su desarrollo de vasos sanguíneos en el tejido circundante como se muestra en la figura 1.15, finalmente, ayuda a la circulación y cicatrización de las heridas.

Es el diseño generativo un eslabón para la innovación, para la creación de múltiples alternativas de diseño en objetivos específicos, mejora la calidad, eficiencia y rendimiento (Posada, 2019).

Su aporte a la medicina, es una pauta para demostrar que se genera nuevas ideas para complementar ciertos procesos en la recuperación de un paciente, sea este un

humano o en este caso los animales quienes son considerados, también, parte de la familia.



Figura 1.15. Uso del software para crear implantes, extraído de (Novax DMA, 2015)

El diseño generativo está íntimamente relacionado con tecnologías de fabricación de vanguardia como es el caso de la impresión 3D o manufactura aditiva.

La impresión 3D o Manufactura Aditiva (M.A) es el proceso en el cual se construyen objetos(sólidos) a partir de un archivo digital; utiliza como herramienta una impresora 3D (Segnini, Vergara, & Provenzano, 2017). Esta tecnología disruptiva se considera como la más importante de los últimos años y produce cambios en muchas disciplinas, especialmente, en la medicina (Borrello & Backeris, 2017).

En la última década se han producido avances tecnológicos en medicina, muchos de los cuales, están relacionados con el uso de impresoras 3D. En la actualidad, esta tecnología se convierte en algo novedoso, necesario y como una elección de fabricación de dispositivos médicos a medida, tales como prótesis de rodilla, órtesis, implantes de cadera, órganos, direccionados a mejorar la calidad de vida de las personas.

Para Segnini, et al (2017) este proceso plantea 3 fases: primero, la toma de datos digitales con equipos de escaneo 3D, segundo, el procesamiento de datos y, por último, el modelado con paquetes computacionales de diseño, hasta llegar a la impresión en 3D.

La impresión 3D fabrica componentes con un detalle de hasta 0.001mm., de formas complejas y una amplia variedad de materiales. La conexión entre el diseño digital en tres dimensiones, las imágenes médicas y la impresión 3D, hacen posible que los datos específicos del paciente son capturados, manipulados y aplicados a situaciones médicas de todo tipo y tamaño.

Específicamente en el área de traumatología se utiliza estos equipos de impresión para manufacturar órtesis que mejoran la calidad de vida del usuario, son productos anatómicamente personalizados, más ligeros, cómodos, transpirables, estéticos y resistentes al agua (Segnini, Vergara, & Provenzano, 2017).

1.3. Órtesis

Es un dispositivo externo (aparato) aplicado al cuerpo para modificar los aspectos funcionales o estructurales del sistema neuromusculoesquelético. De esta manera se mejora la función del aparato locomotor, como ser una actividad o desplazamiento, procura ahorro de energía y mayor seguridad (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2017). A diferencia de las prótesis no sustituyen el miembro, sino lo rehabilita. El beneficio de la órtesis se aplica de forma externa y no es invasiva, como se muestra en la figura 1.16.



Figura 1.16. Visualización de algunos tipos de órtesis, extraído de (EcuRed contributors, 2019)

Según Robles, 2013 las órtesis a través de su clasificación funcional se definen en:

- **Estabilizadoras (estáticas):** Mantienen la parte afectada inmovilizada.
- **Protectoras (estáticas):** Alinean una parte del cuerpo lesionada.
- **Funcional (dinámicas):** poseen un elemento contráctil, activo, elástico, resorte con el fin de realizar una función en un segmento de un miembro parético.
- **Correctoras (estáticas o dinámicas):** se usan para corregir deformidades esqueléticas.

Algunos dispositivos médicos han cambiado su proceso de manufactura radicalmente, las órtesis es uno de ellos, por lo general son productos elaborados “artesanalmente”, hoy en día se generan desde un computador, en donde se validan morfológica y numéricamente, disminuye el margen de error que existía en el antiguo proceso empírico de fabricación.

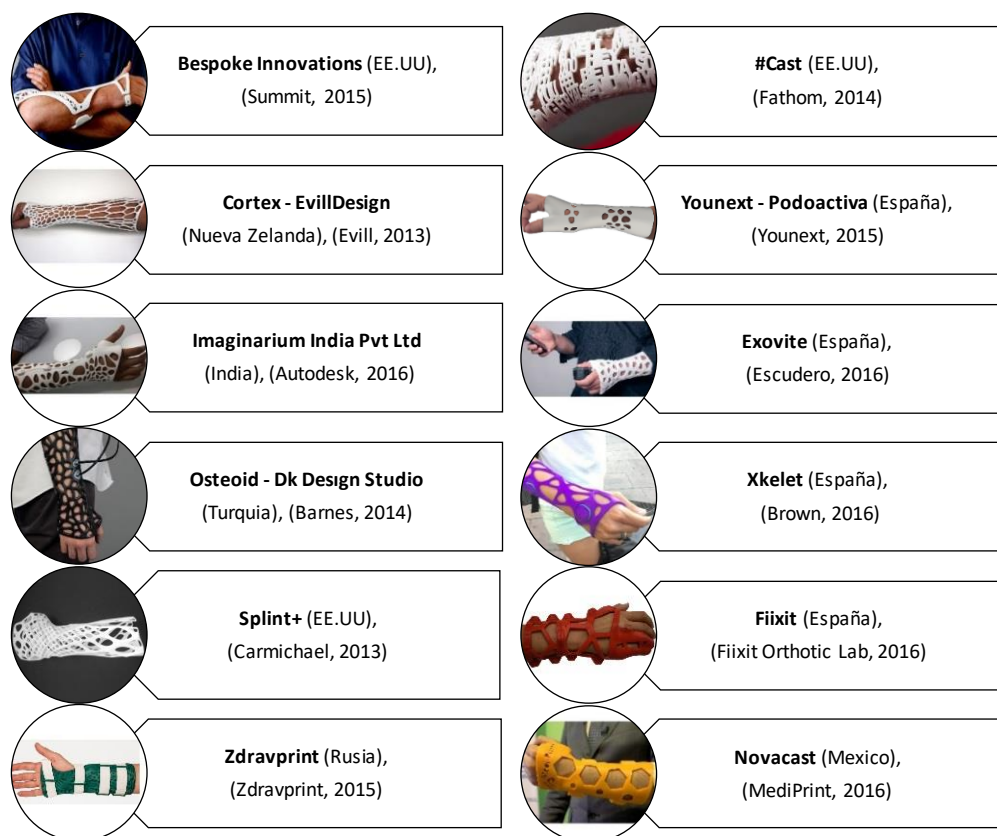


Figura 1.17. Investigaciones y empresas desarrolladoras de órtesis de brazos, extraído de Segnini, Vergara, & Provenzano (2017).

En los últimos años se han diseñado y manufacturado una variedad de órtesis de inmovilización alrededor del mundo (ver figura 1.17), todas ellas con el fin principal de cumplir con los requerimientos nombrados anteriormente (personalizados, más ligeros, cómodos, transpirables, estéticos y resistentes al agua).

Al igual que las prótesis humanas, la aplicación de las órtesis en veterinaria va encaminada a solucionar y corregir todo tipo de alteraciones en las que la inmovilización sea necesaria. También, se aplicaría en casos en que aparecen por la edad patologías incapacitantes o de inestabilidad, ayudan a la funcionalidad del animal.

Los dispositivos ortopédicos estarán totalmente acoplados al miembro, es como una segunda piel. Esta es quizás la condición fundamental para que funcionen bien y el paciente los acepte, su función es generalmente corregir, bloquear o facilitar el movimiento, pero esto no se consigue si el animal no acepta el artillugio (Tarragó, Órtesis, dispositivos para disimetrías, 2005).

Usualmente la órtesis se coloca donde ayuda a reemplazar el movimiento de un miembro parcial o totalmente. El material es rígido o semirrígido depende del grado de movilidad y ayuda que requiera el paciente con lesión (Nacevilla, 2018).

Órtesis caninas

La rehabilitación canina se convirtió en algo convencional en Europa en los años 80. En los años 90 se da el inicio de los programas de certificación en 1997, Europa. Actualmente hay 17 facultades de veterinaria en Europa que ofrecen programas rehabilitación canina en sus instalaciones clínicas (Garza, 2016).

La órtesis consta de una plantilla de material rígido o semirrígido que se adapta totalmente al miembro y corrige el vicio o lesión presentada (Tarragó, 2017). En este sentido, las posibilidades de órtesis son infinitas y depende de la secuela de problemas que se presenten. Es por ello que Tarragó plantea 5 condiciones para el uso de las mismas:

1. Se debe moldear como si se trata de una segunda piel.
2. Reforzar las zonas de rotura por exceso de carga, sin causar molestias.
3. Debe quedar bien fijada al miembro.
4. No debe moverse al andar, no dejar holguras ni puntos de rozamiento.
5. Debe ser ligera y fácil de poner y sacar.

De igual forma para las órtesis caninas, se toma en consideración las 5 condiciones mencionadas anteriormente.

Por su parte Fernández (2018), hace mención que las ayudas ortésicas para perros aumentan la movilidad y mejoran sustancialmente la calidad de vida de los pacientes. Si un perro es incapaz o tiene una capacidad muy limitada de realizar actividad física desarrolla problemas coronarios, obesidad, alteraciones óseas, atrofia muscular y problemas emocionales como agresividad o ansiedad, ayudan a reducir el dolor y mejorar el cuadro médico del perro. Reduce el dolor que producen las patologías músculo-esqueléticas se estimula la actividad y permite al perro realizar el ejercicio diario que necesita.

No obstante, Fernández 2018, menciona la práctica inexistencia de efectos secundarios de las órtesis es una de las grandes ventajas, pero existen ciertas precauciones que se tendrán en cuenta. Las órtesis están en contacto directo con el animal y, por lo tanto, al principio podría generar incomodidades o roces, por eso es importante que tengan una buena adaptación a la fisionomía del perro. Esto se consigue si utiliza una talla correcta y diseños anatómicos, pero también, neoprenos de alta resistencia dinámica (ARD).

Órtesis caninas existentes

Académicamente, se efectúa proyectos direccionados a solventar esta necesidad en los canes, como es el caso de Cortes en el 2013, el cual desarrolla un inmovilizador basado en geometría canina, zoometría, ergonomía y censos, considera, también, la

usabilidad y el diseño centrado en el usuario (ver figura 1.18). Dicho producto está conformado por tres cuerpos compositivos, el primero es la carcasa o estructura externa propuesto en PVC, o acrílico; la segunda es la protección de la extremidad delantera, misma que genera presión dentro del inmovilizador y el sistema de sujeción compuesto por dos elementos: tensor proyectado en poliéster y el amarre.

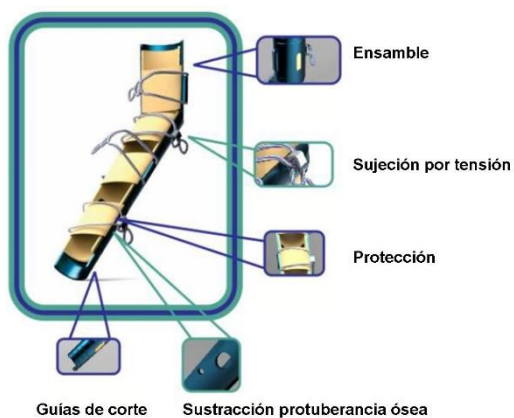


Figura 1.18. Propuesta de órtesis, extraído de (Cortes, 2013)

En el año 2018, Nacevilla plantea el diseño de un prototipo de órtesis veterinaria automatizada para la rehabilitación de rodilla, adapta para ello una órtesis de rehabilitación para humanos, como lo muestra la figura 1.19.



Figura 1.19. Propuesta de órtesis de rehabilitación, extraído de (Nacevilla, 2018).

Por su lado, Pascual en el año 2019, desarrolla un estudio para la creación de un producto de carácter ortopédico que se ocupa de asistir el movimiento en los miembros delanteros de los perros, como lo muestra la figura 1.20. Pascual genera un objeto impreso en 3D de asistencia para aquellos animales que precisan de una órtesis que

les permita rehabilitar las patologías de la zona del carpo que por algún motivo no apoyarán el pie y precisan de asistencia para ello.

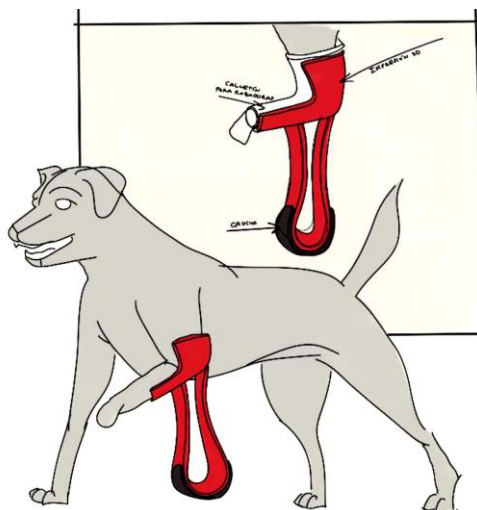


Figura 1.20. Propuesta de órtesis, extraído de (Pascual, 2019)

En ese mismo año, Zambonino efectúa una investigación sobre férulas para tratamientos traumatológicos en canes que necesitan inmovilización de miembros frontales, mediante un estudio zoométrico, como lo muestra la figura 1.21.



Figura 1.21. Propuesta de órtesis, extraído de (Zambonino, 2019)

En el 2019, Cisneros D. desarrollo una órtesis de rehabilitación de rodillas parte de un dispositivo comercial existente (ver figura 1.22). Este producto permite monitorear la actividad muscular generada durante los ejercicios de rehabilitación; la visualización se lo realiza a través de una aplicación móvil (Cisneros, 2019).

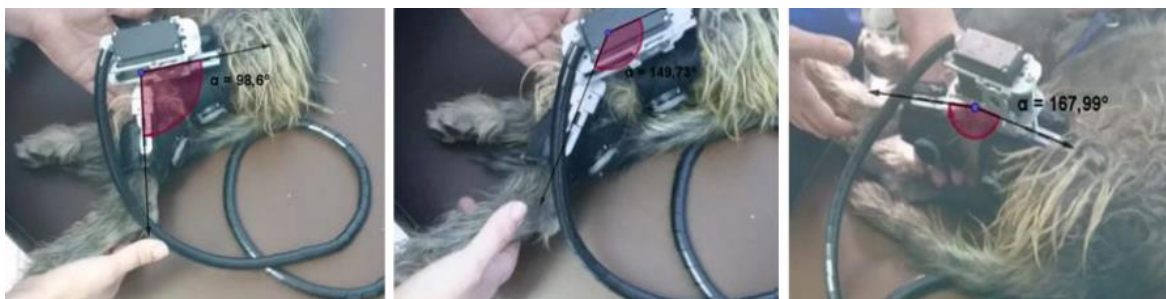


Figura 1.22. Propuesta de órtesis rehabilitadora de rodilla, extraído de (Cisneros, 2019).

Rodríguez (2020), en su investigación plantea la construcción de una prótesis para canes considerando tecnología actual (escaneo e impresión 3D) para la adaptación fisionómica y desarrollo del mismo, como se aprecia en la figura 1.23.

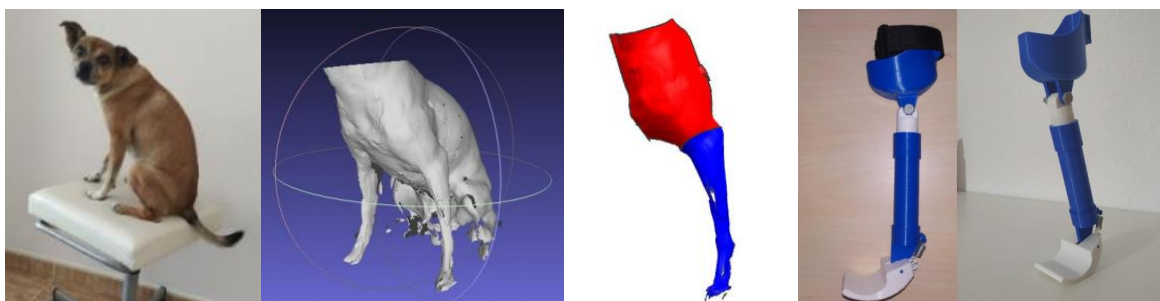


Figura 1.23. Propuesta de prótesis de extremidad delantera canina, extraído de (Rodríguez, 2020).

Según (Mesa, 2020) decide desarrollar una órtesis para gato basada en impresión 3D, donde la prioridad es que el animal se sienta cómodo con el objeto, lo cual, uso cierto tipo de materiales como, PLA y velcro en la órtesis compuesta por dos piezas (ver figura 1.24)



Figura 1.24. Propuesta de órtesis de extremidad delantera, extraído de (Mesa, 2020)

Antonana y otros, presenta una solución co-diseñada con una clínica veterinaria especializada y validado por un caso real. Desarrolla un diseño de prototipo para una órtesis que permite a un perro con problemas de movilidad y marcha atáxica para caminar. El diseño incluye la construcción de sensores en la órtesis y el desarrollo de un sistema de conectividad, donde permite que la información sea accesible desde un móvil. Está compuesto por tres módulos principales: hardware, conectividad y diseño mecánico (ver figura 1.25), (Antonana, Jaione, García, & Megía, 2019).



Figura 1.25. Propuesta de órtesis, extraído de (Antonana, Jaione, García, & Megía, 2019)

En esta misma dirección, en los últimos 15 años varias empresas se han dedicado al desarrollo de dispositivos ortésicos veterinarios, dichas empresas desarrollan, investigan y comercializan los dispositivos ortésicos, entre las que se destacan: OrtoCanis®, OrthoPets®, Walkin'pets®, HeroBraces, K-9 Orthotics & Prosthetics Inc, Ortopedia mascota® y Ortopedia canina®.






Así también, en el mercado internacional podemos encontrar, la Tienda de Frida; una página en internet de origen mexicano, donde se exponen varias órtesis para canes con funciones disímiles, para rehabilitación de diferentes zonas en las extremidades; sin embargo, ninguna de estas utiliza la impresión 3D para la fabricación de los mismos.

Sin embargo, entre las más comunes y más conocidas en el ámbito internacional está OrtoCanis® es la empresa reconocida en España, enfocada en la rehabilitación de perros; que brinda servicios especializados y también, tienen a la venta productos fabricados de forma estándar y a medida para la respectiva rehabilitación de canes.

Así pues, Orthopets, es la empresa líder en la industria de órtesis y prótesis veterinarias, la cual, diseña y fabrica dispositivo ortopédico en mascotas (ver tabla 1.3)

A nivel nacional, en el ámbito comercial se encuentra PET 3D, como una variante de la empresa Ecu prótesis 3D, ubicados en Guayaquil, especialistas en prótesis, órtesis y artículos ortopédicos elaborados en impresoras 3D. Sin embargo, son productos que no presentan ningún estudio profundo de adaptabilidad, usabilidad y resistencia mecánica.

Tabla 1.3. Órtesis comerciales

Órtesis comerciales			
Empresa	Órtesis		Descripción
Ortovets			Base de aluminio Forrada con tela ahulada resistente por la parte exterior, con antiderrapante
Ortopedia mascotas			Elaborado en polipropileno, neopreno textil y caucho de alta durabilidad Ajuste lateral
Balto			Tejido transpirable Lavable Correas de ajuste
Ortocanis			Interior recubierto con espuma de célula cerrada
La tienda de Frida			Exterior de plástico A prueba de agua Espuma interior suave Cierres de sujeción táctiles Antideslizante

Nota: extraídas de, (Ortovets, 2020); (Ortopedia mascotas, 2020); (Balto, 2019); (Ortocanis, 2019); (Frida, 2020)

Es importante presentar los precios que exteriorizan las distintas casas fabricantes, comerciales y distribuidoras en sus páginas en línea, mismas que se detalla a continuación:

Ortovets, tienda de origen mexicano; en la imagen (ver figura 1.26) podemos encontramos el costo de férulas establecidos en pesos mexicanos, se realiza el cambio

a dólares para tener una mejor referencia, es así 18,81 dólares las tallas XXCH y XCH; 24.32 dólares las tallas CH y M; 24.07 dólares la talla G; \$29.34 dólares las tallas grandes.



ortovets
ortovets.com

FERULA MOLDEABLE
PATA TRASERA Y/O DELANTERA

MEDIR EL LARGO

TALLA	PRECIO	MEDIDAS
XXCH	\$375	10 cm
XCH	\$375	15 cm
CH	\$485	20 cm
M	\$485	25 cm
G	\$480	30 cm
XG	\$585	35 cm
XXG	\$585	40 cm

Figura 1.26. Precios de férula delantera por tallas en Ortovets, extraído de (Ortovets, 2020)

Ortocanis tienda de origen europeo que exporta sus productos alrededor del mundo, en su página web publica sus precios (ver tabla 1.4)

Tabla 1.4. Precios de férula delantera por tallas en Ortocanis, reconstruido de (Ortocanis, 2019)

Ortocanis	
Talla	Costo
XS	\$97.54
S	\$109.74
M	\$109.74
L	\$134.14
XL	\$134.14



Ortopedia mascotas, tienda ubicada en Murcia – España, muestra sus costos en la tabla 1.5.

Tabla 1.5. Precios de férula delantera por tallas en Ortopedia mascotas, reconstruido de (Ortopedia mascotas, 2020)

Ortopedia mascotas	
Talla	Costo
XS	\$89.33
S	\$105.62
M	\$105.62
L	\$112.42
XL	\$112.42
A medida	\$164.69



La Tienda de Frida presenta, también, su tabla (ver tabla 1.6) con referencia a pesos mexicanos se plantea el cambio a dólares para tener una mejor referencia.

Tabla 1.6. precios de férula delantera por tallas en La Tienda de Frida, reconstruido de (Frida, 2020)

La tienda de Frida	
Talla	Costo
Extra chica	\$107.95
Chica	\$116.45
Mediana	\$122.45
Grande	\$129.45
Extra grande	\$129.45



Balto de origen europeo, también, presenta la órtesis delantera clasificada por tallas y con costos (ver tabla 1.7).

Tabla 1.7. precios de férula delantera por tallas en Balto, reconstruido de (Balto, 2019)

Balto	
Talla	Costo
XS	\$103.58
S	\$103.58
M	\$119.07
L	\$119.07
XL	\$134.08



Hay que considerar que la importación de cualquiera de estos productos infiere un costo adicional, así como, también, al ser imprevista la factura es probable que tome tiempo en llegar a nuestro país.

En este mismo contexto, es relevante mencionar que existen muchas patentes industriales direccionadas a equipos ortésicos para perros, para ello, se realiza una Revisión Sistemática de Literatura (SLR, siglas en inglés), se utiliza como herramienta de búsqueda la página web Google Patents® y se plantea una estructura semántica de búsqueda (ver tabla 1.8), basada en la sinonimia, para la elección de los sinónimos, se realiza en base a la relación que existe con el ámbito del problema propuesto y por la experticia del investigador.

El protocolo de revisión propone una búsqueda sobre las órtesis caninas en los últimos 20 años, considera como criterio de exclusión las prótesis caninas, órtesis humanas, las órtesis craneales, órtesis dentales y todas aquellas palabras que no tienen relación con la investigación.

Tabla 1.8. Estructura Semántica de Búsqueda

Concepto	Código de búsqueda (Script)	Documentos
Órtesis caninas	(canine orthotics) (Veterinary splint) (dog orthotics) (canine splint) (dog splint) - ((dental) OR (Cranial) OR (human) OR (orthodontic) OR (saturating) OR (Surgical) OR (patient) OR (spine) OR (molar) OR (Column) OR (vehicle) OR (Chair) OR (Concrete-forming) OR (Collar) OR (machine) OR (Packaging System)); After: priority 2001-01-01; Before: priority 2021-06-23; Type: PATENT; Language: SPANISH, ENGLISH, GERMAN, CHINESE, FRENCH, ARABIC, JAPANESE, KOREAN, PORTUGUESE, RUSSIAN, ITALIAN, DUTCH, SWEDISH, FINNISH, NORWEGIAN, DANISH;	7

Finalmente, se realiza una lectura individual del resumen de cada patente, se sigue lo expuesto en los criterios de calidad, para determinar su relación con la problemática planteada, como se muestra en la tabla 1.9.

Tabla 1.9. Patentes caninas encontradas

Numero de patente	Año	Descripción	Figura
FR2924329A1	2007	Sistema de fijación autoadhesivo de miembros delanteros y posterior para animales cuadrúpedos	
US20130152873A1	2011	Dog mobility device: dispositivo de movilidad para perros que comprende un cordón elástico que se conecta de forma desmontable a un arnés para perros en un extremo, y al lazo de la pata en el otro.	
US20150245897A1	2014	Animal Leg Protector: dispositivo para proteger heridas en la pata o pata del animal.	
USD799757S1	2016	Canine knee brace: dispositivo inmovilizador de rodilla para perro	
JP2019537020A	2016	Veterinary splint: férula para animal ajustable al ángulo de la pata	

Nota: Tabla reconstruida de (Francia Patent No. FR2924329A1, 2007), (EEUU Patent No. US20130152873A1, 2011), (EEUU Patent No. US20150245897A1, 2014), (EEUU Patent No. USD799757S1, 2016) y (Japón Patent No. JP2019537020A, 2016).

CAPÍTULO II. DISEÑO METODOLÓGICO

En este apartado se describe el proceso metodológico usado para el desarrollo del dispositivo ortésico para canes. Se considera la investigación hecha y pautas obtenidas por expertos-especialistas y tiene presente el diseño de productos, se expone alternativas de: geometrías y mecanismos tiene en cuenta la forma, estructura y estética, para luego ser evaluadas y seleccionadas de acuerdo a requerimientos y determinantes que se acoplen a la estrategia sistemática que incorpora criterios metodológicos de diseño, con una introducción de simulación numérica (diseño generativo).

2.1. Tipo y enfoque de la investigación

La aplicación de órtesis para canes parte de un método deductivo, principalmente en el desarrollo del estado del arte, es necesario tener conocimiento sobre el problema que se investiga, en especial conocer el tipo de fracturas que presentarán los canes, estar al tanto de las consecuencias, así como saber qué es lo que se requiere para la pronta mejoría y para evitar la pérdida de la extremidad, parte así de lo general que hace referencia a leyes o principios ya establecidos, a lo particular, característica que emplea el método deductivo en su teoría.

De igual manera, el método inductivo se aplica en la fase del trabajo de campo y experimental para todo el análisis estructural del dispositivo. Así mismo, para el análisis de la forma se utiliza una optimización topológica que parte del diseño generativo en conjunto con el método de Elemento Finito.

Esta investigación tiene un enfoque de tipo mixto, en donde se aplica la composición del enfoque cualitativo y cuantitativo, es así que se da uso a las fortalezas de ambos tipos conjuga y trata de minimizar sus debilidades potenciales. Esto implica la recolección, análisis e interpretación de los datos cualitativos y cuantitativos.

En esta dirección, el proceso cualitativo, proyecta obtener una teoría válida para la construcción de un prototipo que cumpla ciertos parámetros y sea de apoyo en la rehabilitación del can.

El método deductivo presenta un proceso que empieza por la observación de determinados hechos; en esta investigación, es necesario realizar una ficha de observación al usuario directo o paciente con el fin de visualizar y analizar las molestias que exterioriza el animal luego de haber sufrido una fractura en una de sus patas; es decir, ¿cuáles son sus molestias?, ¿cómo las expresa?, analizar la posición que adopta su extremidad, en caso de existir marcha, visualizar como intenta desplazarse, en que partes aplica la fuerza, entre otros. De igual manera, entrevista a expertos veterinarios se genera una visión holística del problema y sus posibles soluciones.

Por otro lado, con el enfoque cuantitativo, se obtienen datos a partir de encuestas a expertos veterinarios y a los usuarios indirectos (dueños de los animales) que, ayuda a definir las variables de estudio, características y funciones del dispositivo ortésico.

Por último, todos estos hechos son registrados, analizados y contrastados con la bibliografía para poder generar los requerimientos-características que tendrá el dispositivo ortésico a desarrollar.

La idea principal de esta investigación es partir de una teoría establecida sobre la fractura que presenta el can donde la teoría indica que la manera de recuperarse es a través de una inmovilización con carácter urgente. Posterior se realiza una inmersión en el campo que permite recolectar información requerida para la realización de una propuesta presentada a través de un prototipo con impresión 3D, es este el resultado del proceso.

2.2. Población y muestra

A pesar de existir organismos encargados de reportar los accidentes e intervenciones aplicada a animales en las distintas clínicas veterinarias de la ciudad de Ibarra, como es el caso del Proyecto Nuavet clínica veterinaria en convenio con el GAD – Ibarra y Canycultura Cía. Ltda. De igual manera, a nivel nacional se encuentra la organización Protección Animal del Ecuador (PAE). No fue posible obtener cifras exactas de los perros que sufren fracturas y lesiones en sus extremidades, a pesar de ello, se estima que alrededor de 30 animales mensuales, en su mayoría perros en situación de calle,

sufren fracturas producto de accidentes de tránsito. Por su parte, el PAE reporta que recibe un promedio de seis (6) perros y gatos atropellados diariamente.

Es por esta razón, que en esta investigación no se calcula el número de muestra para así obtener resultados estadísticamente significativos, como se expuso anteriormente, no se cuenta con una base de datos de perros fracturados en la zona norte del país y adicionalmente los centros veterinarios no divulgan este tipo de información. Motivo por el cual, solo se trabaja con tres (3) perros, veinte (20) usuarios secundarios y tres (3) especialistas veterinarios.

Para el proyecto es necesario el proceso de recopilación de información mismo que se realiza sobre la base de los métodos y técnicas-instrumentos comúnmente utilizados, lo cual, se realiza entrevistas a expertos veterinarios de diferentes centros en la ciudad de Ibarra, permite determinar características cualitativas y cuantitativas, además, de comprender en su totalidad el problema y sus posibles soluciones.

Dichas entrevistas se realizaron de manera abierta, con el fin de conocer de una manera holística todo el proceso de inmovilización de extremidades caninas y su proceso de recuperación.

Adicional se observa la interacción del animal con el contexto donde se desenvuelve, se evalúa el tiempo de entrega, así como la usabilidad de los inmovilizadores utilizados en la intervención (ver figura 2.1) y se determina cualitativamente posibles soluciones prácticas del dispositivo.



Figura 2.1. Intervención en tiempo real de un paciente con fractura en extremidad delantera derecha.

Por último, se realiza cuestionarios cerrados con el fin de determinar cuantitativamente las variables de estudio, características y funciones del dispositivo ortésico desde el punto de vista de los expertos veterinarios y de dueños de los pacientes.

2.3. La propuesta de metodología para el diseño

Una metodología de diseño constituye una guía para ordenar y reflexionar sobre el proceso. Determina la secuencia de las acciones (cuando), el contenido (qué), y los procedimientos específicos (cómo). Es decir, la metodología abarca todo: la estrategia, el proceso, el método. (Segnini, Chagna, & Vergara, 2018).

La metodología propuesta parte del proceso de diseño desarrollado por el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) en el año 2009, la cual, plantean un proceso que esquematiza el recorrido para diseñar un producto. Está organizado en término de fases de trabajo (ver figura 2.2), que persiguen objetivos específicos. Conjuga instancias de mayor libertad creativa junto a otras de implementación y control (Camuendo, 2018).



Figura 2.2. Metodología de diseño propuesta por el INTI, extraída de (INTI, 2009)

Esta metodología está definitiva por diferentes fases que abarcan desde la definición estratégica hasta el fin de vida del producto. Esta esquematización no significa que el proceso sea rigurosamente secuencial, algunas fases son de manera simultánea, integrada y/o iterativa (INTI, 2009). Para este proyecto se adapta el proceso a cinco fases solamente, (ver figura 2.3), es el proceso inicial la definición estratégica y el proceso final la construcción del prototipo (producción).



Figura 2.3. Metodología de diseño utilizada.

El inicio del proceso de diseño es la definición estratégica; donde nos preguntamos ¿Qué vamos hacer? A partir de un problema detectado se comienza a analizar y procesar la información disponible. Se busca obtener una primera orientación estratégica del proyecto, delimita los márgenes de acción. Definir qué se va a hacer, sin avanzar en Cómo hacerlo (INTI, 2009, citado en Camuendo, 2018).

El segundo paso es el diseño de concepto, donde se define el producto a grandes rasgos. En esta etapa el análisis y la creatividad dan forma a la idea del producto, de

manera tal que es entendida por terceros. Marca el rumbo a seguir a partir de una conceptualización clara del producto. En esta etapa se analizan distintas alternativas para luego seleccionar una de ellas para llegar al diseño de detalle (INTI, 2009, citado en Camuendo, 2018).

En la tercera etapa se realiza el diseño de detalle que consiste en definir formalmente al producto y las especificaciones técnicas para su producción. Armado del proyecto que define aspectos perceptivos y utilitarios, conjuntos y subconjuntos, geometría y vínculos entre partes, materiales a utilizar y procesos de producción (INTI, 2009, citado en Camuendo, 2018).

Posterior a la etapa 3, se plantea la verificación y testeo, donde se pone a prueba el diseño. Durante todo el diseño de detalle del producto se verifica que éste cumpla efectivamente con las características conceptuales del producto. Verificar entre otros aspectos, la seguridad, la calidad, confiabilidad y mantenimiento.

Comprobar el cumplimiento de las especificaciones establecidas en las fases anteriores facilita su paso a producción. En esta fase, también, se verifican tanto características técnicas como compatibilidades dimensionales, de ensamblado y montaje con miras a su fabricación. Se trata de un proceso iterativo en el que la solución técnica se convertirá progresivamente en una solución factible de ser producida (INTI, 2009, citado en Camuendo, 2018).

Finalmente, la puesta en marcha de la producción, fabrica una prueba piloto, utiliza y pone a punto los medios productivos necesarios. La fluidez del desarrollo de las actividades de esta fase reflejará de alguna manera las bondades del diseño trabajadas previamente (INTI, 2009, citado en Camuendo, 2018).

Análisis de requerimientos

Para la identificación de las necesidades es básico crear un canal de información de alta calidad directamente con el usuario final del producto (Amador, 2013). La recopilación de datos involucra el contacto con los usuarios directos e indirectos y su experiencia en el uso del producto, es el método primario de recopilación de datos para lograr este objetivo las entrevistas.

Los usuarios principales están representados por los perros que sufrieron una fractura en sus extremidades y los secundarios las personas que poseen a estos animales. Se trabaja con los pacientes de la Clínica Veterinaria Sr. Pets, ubicado en la ciudad de Ibarra, Ecuador. Se destaca que en esta investigación no se calculará el número de muestra para que los resultados estadísticamente fuesen significativos, debido a que no se cuenta con una base de datos de canes fracturados en la zona norte del país y adicionalmente los centros veterinarios no divulgan este tipo de información, en la tabla 2.1. se muestra los usuarios.

Tabla 2.1. Lista de usuarios secundarios dueños de canes

Usuario	Nombre	Edad	Raza de perro	Diagnóstico
1	Yoga	4 años	Pinscher miniatura	Fractura múltiple
2	Apolo	2 años	Pinscher miniatura	Fractura simple en las dos patas delanteras
3	Nico	5 años	Chihuahua	Hipocalcemia
4	Simba	1 aprox.	Mestizo	Esguince
5	Leo	7 años	Bull terrier	Luxación del metacarpo
6	Tommy	2 años	Poodle	Fractura múltiple
7	Kiara	2 años	Mestizo	Fractura cerrada
8	Tayra	5 años	Labrador	Fractura simple
9	Horus	6 años	Akita	Fractura del radio
10	Bob	3 años	Labrador	Luxación del cúbito
11	Manchas	5 años	Mestizo	Esguince
12	Dash	6 años	Husky	Ataxia
13	Max	1 año	Cocker	Fractura metacarpo
14	Bruno	2 aprox.	Mestizo	Fractura simple
15	Kira	2 años	Poodle	Fractura cerrada
16	Lupita	1 año	Pinscher miniatura	Esguince
17	Dona	3 años	Bull terrier	Luxación del cúbito
18	Maya	4 años	Mestizo	Esguince
19	Noa	2 años	Husky	Luxación en el metacarpo
20	Turbo	1 aprox.	Mestizo	Fractura cerrada

Esta información es analizada y contrastada con la bibliografía acerca del tema (ver figura 2.4), finalmente, con el asesoramiento de un especialista traumatológico veterinario, generar alternativas de diseño acorde con los requerimientos.

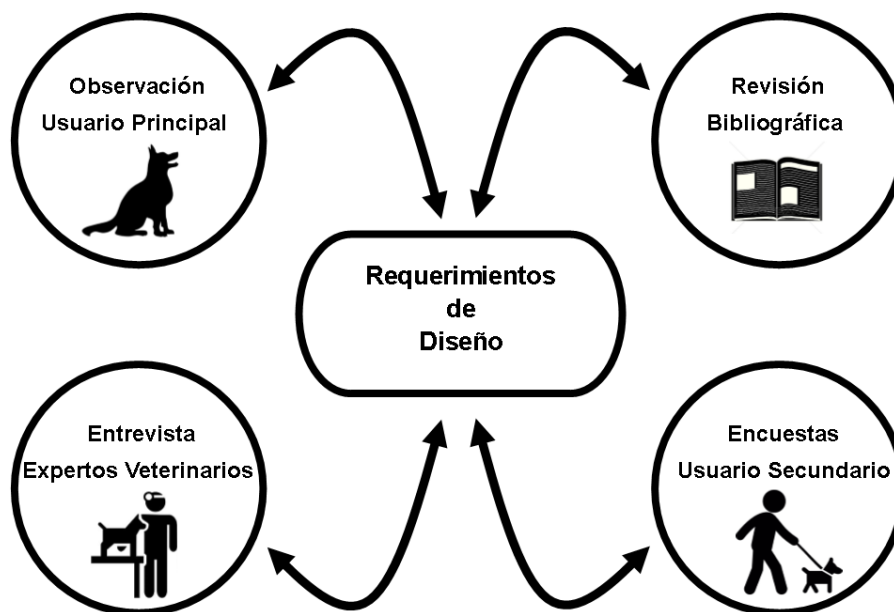


Figura 2.4. Proceso de recolección de requerimientos.

Se implementaron once variables de diseño fundamentales que se considerarán en la órtesis canina de inmovilización:

- **Comodidad:** referida al bienestar físico que proporciona el uso de la órtesis.
- **Seguridad:** relacionada con la confianza en la órtesis, y, por ende, con la ausencia de riesgos al emplear el dispositivo.
- **Fácil montura:** relacionado con la facilidad que el usuario secundario o el veterinario tengan para colocar la órtesis.
- **Resistente al agua:** referido al material de la órtesis que no sea soluble en el agua.
- **Peso:** relativo a lo pesado o liviano que sea el dispositivo.

- **Funcionalidad:** relacionada directamente con la posibilidad de permitir la marcha del animal.
- **Ajustable:** se refiere a la posibilidad de ajustar la órtesis a distintas holguras.
- **Transpirable:** asegurar que la humedad de la transpiración escape rápidamente.
- **Asepsia:** relativo a la limpieza y aparición de nuevos problemas.
- **Estética:** asociada a la proyección visual de la órtesis, su apariencia física.
- **Costo:** referido a la cantidad de dinero que es necesario invertir para la adquisición de la órtesis.

En la tabla 2.2. se presentan los ítems de acuerdo a cada necesidad o requerimiento del producto.

Tabla 2.2. Necesidades del producto

Necesidades	Ítems
Uso	<ul style="list-style-type: none"> • Cómodo • Adaptable a la marcha • Transpirable • Aséptico
Entorno	<ul style="list-style-type: none"> • Resistente al agua
Funcionales	<ul style="list-style-type: none"> • Seguridad • Estabilidad
Forma	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptabilidad • Tamaño • Ajustable
Estructurales	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil montura
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Locales
Técnico – productivas	<ul style="list-style-type: none"> • Costo
Psicológicas	<ul style="list-style-type: none"> • Estética • Peso

Posterior al planteamiento de necesidades, es importante jerarquizar con el objetivo de priorizar los de mayor importancia, verifica beneficios y dificultades, tal como se presenta en la tabla 2.3.

Tabla 2.3. Jerarquización de necesidades

Jerarquización	Beneficios	Dificultades
Uso	La recuperación del can	Adaptación del can a la órtesis
Funcionales	Utilización de una sola órtesis, no más gastos	El can tarda en adaptarse a caminar con la órtesis puesta.
Materiales	No hay que recurrir al veterinario para poner o sacar la órtesis	Acceso inmediato a la compra de materiales
Técnico – productivas	Fácil acceso a la adquisición	La impresión 3D no sea constante y haya demoras en su producción
Forma	De fácil colocación	Precisión en el escaneado para obtener las medidas exactas
Entorno	De fácil montura, resistente al agua y a las actividades cotidianas del can	No haber contemplado algún objeto que dañe el material

Diseño de la órtesis

Una vez identificadas las necesidades y requerimientos se desarrollan alternativas de solución. Para ello, se proponen distintas formas generales de órtesis que definirán el tipo de producto a desarrollar.

Propuesta 1: es un diseño desarrollado en la protección adicional de la zona inferior del pie y proporciona un soporte para posicionar la extremidad de forma correcta, tal como se muestra en la figura 2.5.

Propuesta 2: es un diseño desarrollado para dar más comodidad y ligereza al producto. Diseñado para dar protección en la zona inferior del pie y proporciona un soporte para posicionar la extremidad de forma correcta, tal como se muestra en la figura 2.5.



Figura 2.5. a) Propuesta de órtesis de bota larga. b) Propuesta de órtesis de bota corta

Propuesta 3: es un diseño pensado para dar ligereza e inmovilización a la pierna del animal, brinda una protección de la pierna, pero a su vez la libera al animal del apoyar su pata y sentir el piso, ofrece una posible sensación de comodidad, tal como lo muestra la figura 2.6.

Propuesta 4: es el modelo más sencillo y ligero, pensado para cubrir específicamente el área afectada del animal, tal como lo muestra la figura 2.6



Figura 2.6. a) Propuesta de muñequera corta. b) Propuesta de órtesis de bota corta

La conceptualización del producto se enfoca a un concepto simple, se integran elementos computacionales que buscan imitar la morfología del animal y permite una adaptación más efectiva. La forma del objeto busca causar un impacto positivo en la percepción de las personas con líneas continuas, suaves, acabados lizos y detalles

sutiles, además, de espacios libres para ser lo menos invasivo posible para el animal.

Para la selección de la forma y mecanismos de sujeción se sigue un proceso analítico jerárquico (AHP) necesario para ejecutar el paquete computacional Expert Choice Solutions®, el cual sigue un proceso de toma de decisiones para ayudar a establecer prioridades y tomar la mejor decisión si se considerarán los aspectos cualitativos y cuantitativos de una decisión. Para ello, se da un valor numérico a las opciones planteadas que están regidas bajo el principio de la metodología y acorde a propiedades y procesos analíticos, para que la herramienta sintetice dichos valores y tome las decisiones que se adapten a los requerimientos y determinantes del proyecto (Expert Choice, 2018).

Las alternativas para la forma en el esquema preliminar del diseño de la forma, se exponen propuestas geometrías orgánicas que concilian el concepto de diseño y se asocian a los sistemas ortésicos contemporáneos.

Diseño morfológico de la órtesis

La finalidad de este apartado es presentar un método propuesto por (Cusco, 2018) , (Arízaga C., 2019), (Herrera, 2019) y (Suarez, León, Castro, & Velásquez, 2019), para medir la extremidad del miembro afectado. Este método se utiliza para diseñar y desarrollar una órtesis de bajo costo con tecnología de escaneado e impresión 3D.

El objetivo es adaptar un método de escaneado 3D que sea útil para crear un modelado computarizado que sea idéntico al miembro afectado del animal. El método consiste en capturar imágenes por medio del escáner 3D, marca XYZprinting® (ver figura 2.5a) de la extremidad afectada del animal, estas imágenes son procesadas y vectorizadas en el software especializado de la misma casa comercial del escaner (XYZscan Handy®) para poder obtener el modelado 3D de la extremidad.

Para el uso de este dispositivo de escaneo 3D es importante seguir las instrucciones detalladamente, hace énfasis en las distancias de escaneo y movimiento de los objetos. Es importante la presencia de dos personas al momento de realizar el proceso de escaneo, una que controla el escáner y la que inspecciona las distancias del objeto escaneado en la pantalla de la computadora como lo muestra la figura 2.5b.



Figura 2.5. a) Equipos para realizar escaneo 3D de la marca comercial XYZprinting®. b) Proceso de escaneo 3D

La obtención de imágenes de extremidades del cuerpo, fue mediante la opción *Modo Cuerpo*, que tiene el software XYZ Handy Scan, fue la opción que presento mejor resultado. Para la captura de imágenes se considera como modelo del estudio a una perra de raza Labrador de cinco años de edad. Una vez escaneado se utiliza programas computarizado para seleccionar la extremidad que se estudiará, como se observa en la figura 2.6.

En esta investigación se desarrolla una órtesis de inmovilización para las extremidades delanteras del can, de igual manera, la metodología es extrapolable a las extremidades posteriores.

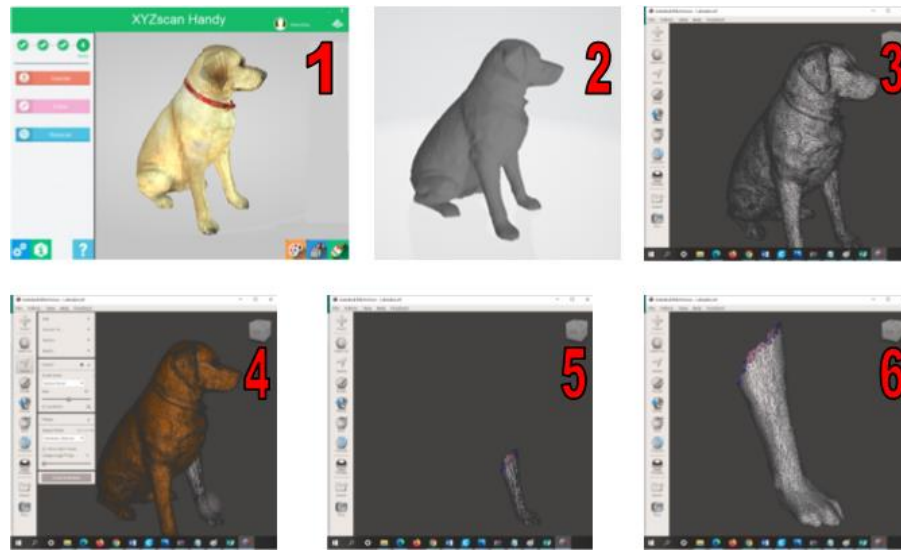


Figura 2.6. Proceso de escaneado y modelado en 3D

Luego de tener la extremidad modelada en 3D, se procedió a realizar la órtesis base que posteriormente es procesada en el programa computacional Autodesk Fusion360® para obtener las propuestas de diseño por medio del diseño generativo, como se muestra en la figura 2.7.

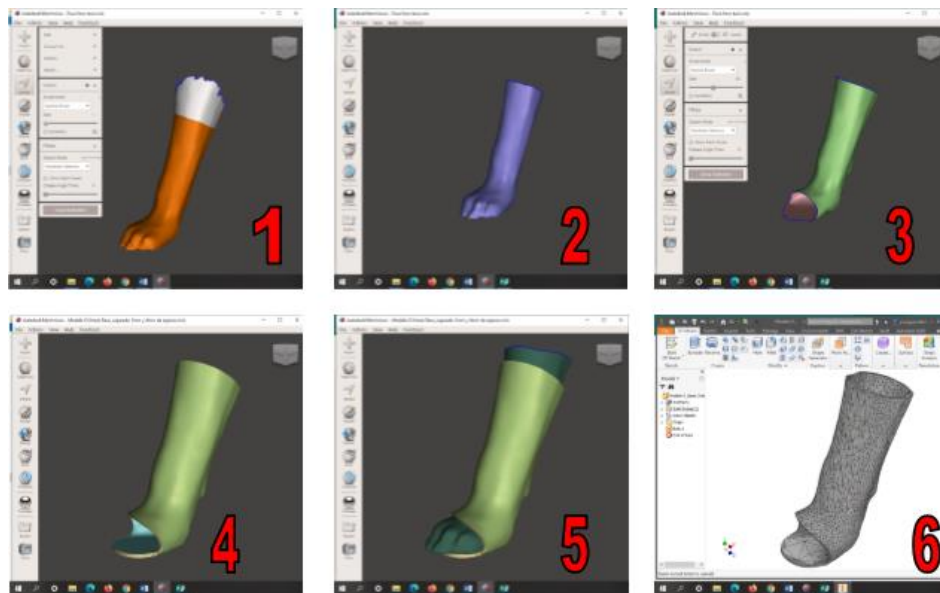


Figura 2.7. Proceso modelado y ajuste en 3D

Una vez terminado el proceso de escaneo de la extremidad del animal y modelada en 3D, se procede a generar alternativas de formas por medio del diseño generativo, para ello se usa programas CAD/CAM.

Para dicho análisis se establece los parámetros, espesor mínimo de 5mm, reducción del 50% del material, factor de seguridad de 1.5, fuerzas sobre la órtesis de 300 N en varias direcciones, gravedad de $9,807 \text{ m/s}^2$, material a utilizar PETG y tecnología la de fabricación es la manufactura aditiva. De las dieciséis propuestas desarrolladas por el programa se escogieron aquellas que cumplen con las once variables estipuladas en los requerimientos de diseño. A continuación, se presentan dichas propuestas.

Modelo 1: Es una propuesta de órtesis abierta, basada en formas orgánicas regulares en la mayoría de su estructura, como se muestra la figura 2.8.



Figura 2.8. Primera propuesta de órtesis de inmovilización.

Modelo 2: La siguiente propuesta es una órtesis cerrada que está basada en formas orgánicas y, reforzada en algunas zonas estratégicas, como se muestra en la figura 2.9.



Figura 2.9. Segunda propuesta de órtesis de inmovilización.

Modelo 3: Esta propuesta es una órtesis abierta que presenta orificios orgánicos menos densos que las propuestas anteriores y que, también, está reforzada en zonas estratégicas del producto, tal como se muestra en la figura 2.10.

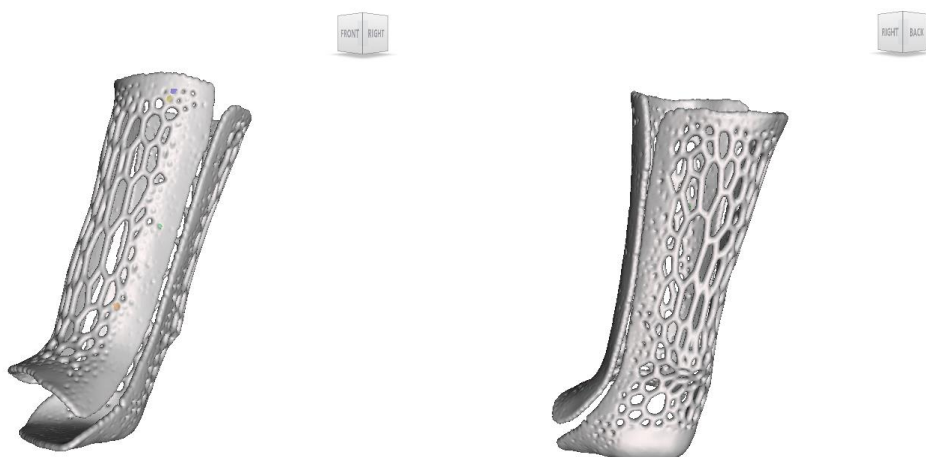


Figura 2.10. Tercera propuesta de órtesis de inmovilización

Modelo 4: Esta modelo presenta un diseño cerrado con formas orgánicas regulares y zonas reforzadas estratégicamente, como se presenta en la figura 2.11.



Figura 2.11. Cuarta propuesta de órtesis de inmovilización

Modelo 5: La siguiente propuesta muestra un diseño abierto un poco más conservador, con formas orgánicas más grandes, pero menos distribuida, de igual manera presenta zonas reforzadas estratégicamente, como lo muestra la figura 2.12.



Figura 2.12. Quinta propuesta de órtesis de inmovilización.

Otro paso importante en el desarrollo del producto ortésico es definir el sistema o mecanismo de sujeción con el animal, comercialmente existen muchos referentes que sirven como base para el diseño de estos sistemas, a continuación, se describen:

Alternativa 1: Esta propuesta de sujeción está planteada a través de una cinta elástica goma de polisopreno sintético (sin látex), misma que presenta características como; alta resistencia al calor, resistencia excepcional al lavado, cero encogimiento, tensión y carga distribuidos equitativamente. El objetivo es que en las pestañas del prototipo se entrelace con la elástica para así lograr la sujeción del producto, tal como se muestra en la figura de referencia 2.13.

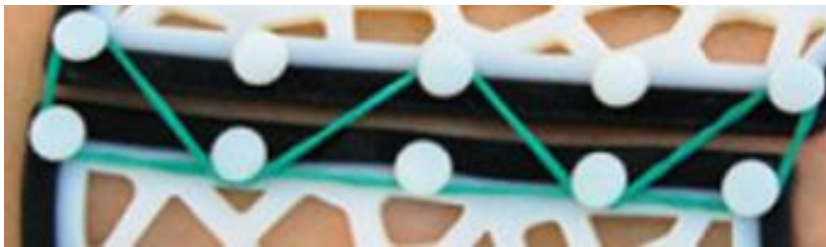


Figura 2.13. Sistema de sujeción por medio de elástica, imagen extraída de (Kaldevi©, 2021).

Alternativa 2: Este modelo de sujeción está proyectado a través de Bridas o amarras plásticas comerciales, es decir, una cinta de nylon resistente con una cremallera integrada, las cuales son insertadas en pestañas laterales de la órtesis, como se muestra en la figura 2.14.



Figura 2.14. Segunda propuesta mecanismo de sujeción

Alternativa 3: Esta opción plantea el uso de un tornillo roscado (perno) en las pestañas laterales de sujeción, como lo muestra la figura 2.15.

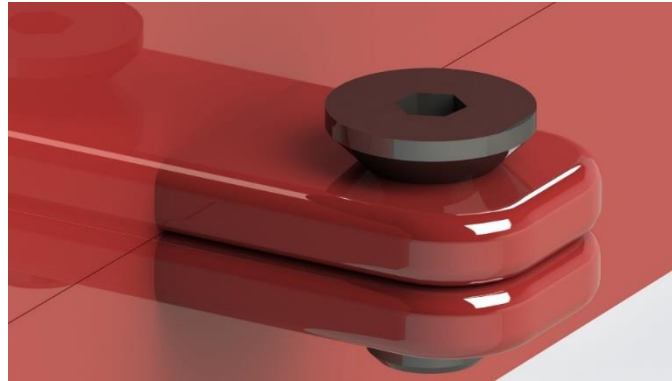


Figura 2.15. Tercera propuesta mecanismo de sujeción

Alternativa 4: Propone el uso la cinta de velcro para la sujeción, mismo que es insertado en las pestañas laterales para luego ser ubicado alrededor de la órtesis, como lo presenta la figura 2.16.

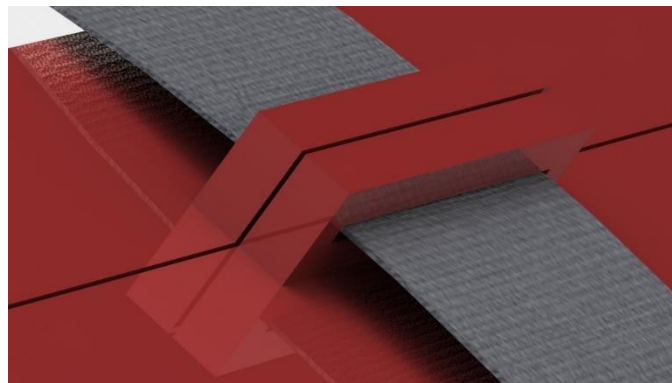


Figura 2.16. Cuarta propuesta mecanismo de sujeción

La órtesis es diseñada para ser procesada con tecnología de impresión 3D. Motivo por el cual se usa el material Polietileno Tereftalato modificado con glicol (PETG), el cual es el tercer material más popular en Ecuador después del PLA (Ácido Poliláctico) y el ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno). A pesar de ellos, presenta mejor resistencia mecánica que el PLA y es fácil de imprimir a diferencia del ABS. Debido a su

excepcional durabilidad, buena adhesión y resistencia a la rotura, bloqueo a la humedad y a otros productos químicos, el PETG es el termoplástico mejor posicionado para este proyecto para usarse como materia prima en la impresión 3D.

Adicional posee un recubrimiento interno de neopreno (polímero de cloropreno), usado en aparatos ortopédicos, presenta resistencia a solventes y agentes químicos; su elasticidad hace que sea muy difícil plegarlo; y la característica más importante es resistente a daños causados por la flexión y la torsión. Esto con el objetivo de brindar mayor confort al usuario.

CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

En este apartado se evalúa las propuestas jerárquicamente, donde se consideran los factores asociados a: mecanismos y formas. Se han utilizado paquetes computacionales CAD, CAE y CAM para desarrollar el sistema ortésico de inmovilización. Así mismo, el paquete computacional Expert Choice Solutions es la herramienta encargada de realizar la selección de alternativa.

3.1 Características de la órtesis de inmovilización

En la figura 4.1 se presentan los resultados productos de las entrevistas realizadas a los veinte usuarios indirectos y especialistas veterinarios en relación a las características de la órtesis.

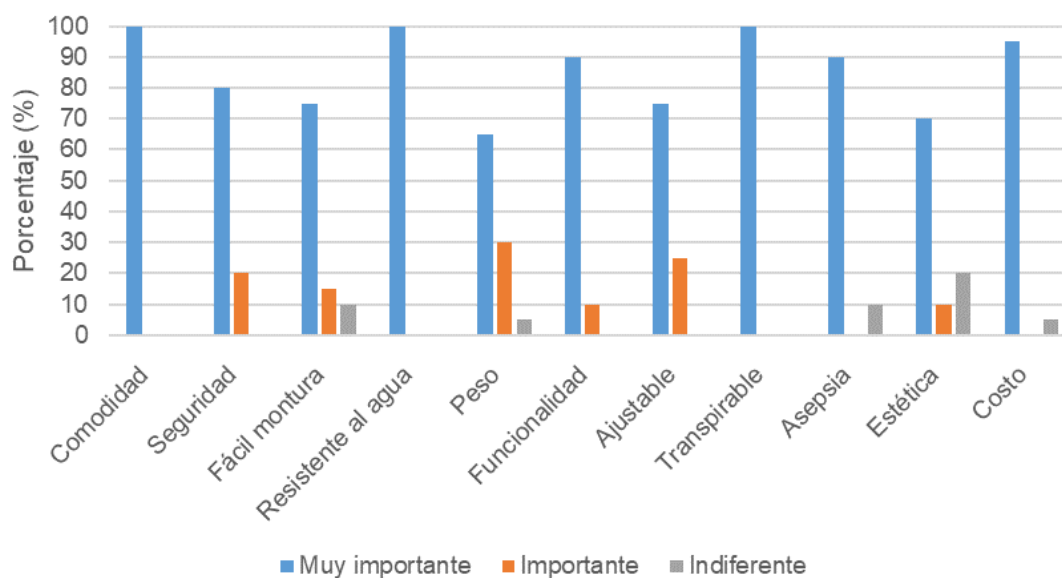


Figura 3.1. Resultados de encuestas con respecto a las características de la órtesis de inmovilización canina.

Para el 100% de los encuestados la comodidad es muy importante, pero los usuarios indirectos asocian la comodidad con que el animal camina sin ningún inconveniente y, en todos los casos el animal (can) no camina normalmente producto del dolor.

De igual manera, para el 80% de los encuestados la seguridad es muy importante y la asocian directamente a que el animal ejecuta sus actividades rutinarias sin sufrir ningún percance de desajuste.

Otro factor importante es el tiempo y dificultad para colocar el dispositivo en el animal, para los veterinarios es muy importante que este dispositivo sea práctico y fácil de instalar, los usuarios indirectos no le dan mucha importancia, debido a que recurren al especialista veterinario para esta actividad, pero no se percatan que ahora ellos lavarán la zona afectada del animal fácilmente. Como era de esperarse todos los encuestados coincidieron en la importancia de tener un dispositivo de inmovilización que no se disuelva en el agua o que cause molestias por la adsorción de la misma.

Fabricar una órtesis liviana es un aspecto que el 65% considera muy importante, en comparación a los yesos convencionales es una carga innecesaria e incómoda para el animal. La funcionalidad es un aspecto difícil de medir en una encuesta, todos asocian este requerimiento con que la órtesis va permitir que el animal se desplace sin ningún tipo de dolor e inseguridad, a pesar de ello, el 90% lo considera muy importante y el otro 10% importante.

Este requerimiento fue un pedido directo de los veterinarios, con esto juega con el apriete-ajuste de la órtesis a medida que la extremidad se va desinflama producto del maltrato de la fractura, es por ello, que indiferente del resultado era un requerimiento indispensable en el dispositivo de inmovilización a desarrollar.

La transpirabilidad y la asepsia del producto fue un requerimiento muy importante para el 95% de los encuestados y esto está relacionado con el daño dermatológico que ocasionan los dispositivos de inmovilización convencionales. Solo un 20% piensan que la estética no tiene relevancia en las órtesis, el otro 80% coinciden en que el dispositivo tendrá un valor agregado que realce el producto. Y, por último, el 100% de las personas encuestados toman el aspecto económico como algo serio e importante, de esto depende si el animal sufrirá las consecuencias del accidente de por vida o no.

3.2. Análisis jerárquico para selección de alternativas

El proceso de diseño propuesto establece alternativas para: forma de la órtesis y mecanismos de sujeción. De esta manera, las alternativas son sometidas a evaluación y selección por la herramienta Expert Choice Solutions®, que se detallan a continuación, (Segnini, Chagna, & Vergara, 2018).

En el capítulo anterior se presentaron cuatro propuestas de solución para el desarrollo y dimensión de la órtesis (ver figura 3.2), las cuales serían el punto de inicio para la generación del producto ortésico.



Figura 3.2. Propuestas del diseño de la dimensión y tipo de la órtesis: a) Propuesta 1, b) Propuesta 2, c) Propuesta 3, d) Propuesta 4

Para la selección de las propuestas se evaluaron los criterios, comodidad, peso, estética, multifuncionalidad (inmoviliza varias articulaciones) y costo. Considera la comodidad y multifuncionalidad como las más importantes, seguidos del peso, el costo y la estética visual del producto.

Una vez evaluadas las cuatro propuestas mediante el sistema jerárquico de selección se encontró que la propuesta que mejor resultados obtuvo fue la propuesta 1 (ver figura 3.3). La cual, presenta estética, multifuncionalidad, protección en la zona inferior del pie y soporte para posicionar la extremidad de forma correcta.

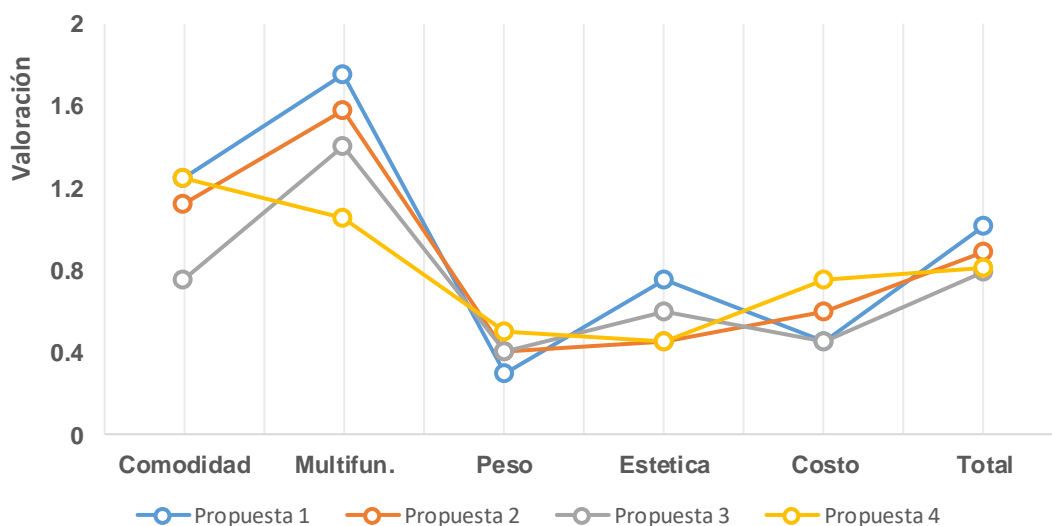


Figura 3.3. Resultados para la síntesis de forma de la órtesis.

De igual manera, se presentaron cinco propuestas (ver figura 3.4) para definir la forma de la órtesis, las cuales son proyectadas bajo la condición de acoplarse a los diferentes mecanismos de sujeción para armonizar y obtener la órtesis deseada. Estas se desarrollan según el método de medición morfológico planteada en la sección 2.8.1, se toma en cuenta el cuadro de requerimientos.

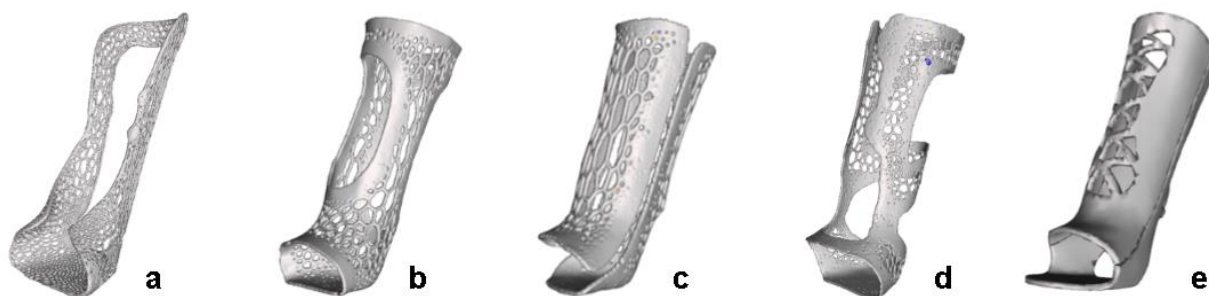


Figura 3.4. Propuestas: a) Modelo 1, b) Modelo 2, c) Modelo 3, d) Modelo 4, e) Modelo 5

Para la selección de las propuestas se evaluaron según los criterios, comodidad, seguridad, fácil montura, fácil fabricación, ligereza, funcionalidad, ajustabilidad, transpirabilidad, asepsia, estética y costo, considera la ligereza, seguridad, la dificultad

de fabricación y el costo de las propuestas como las que más importante. Cabe destacar, que las variables “ligereza del producto” y “seguridad” fueron calculados en el software Autodesk Fusion360®.

Una vez desarrollado, ejecutado y sintetizado los datos en el programa jerárquico se obtiene a la propuesta 5 como la alternativa de forma más idónea (ver Figura 3.5), el cual consta de orificios grandes con patrones irregulares para aligerar el peso del producto, pero a su vez un poco más conservador que las otras propuestas.

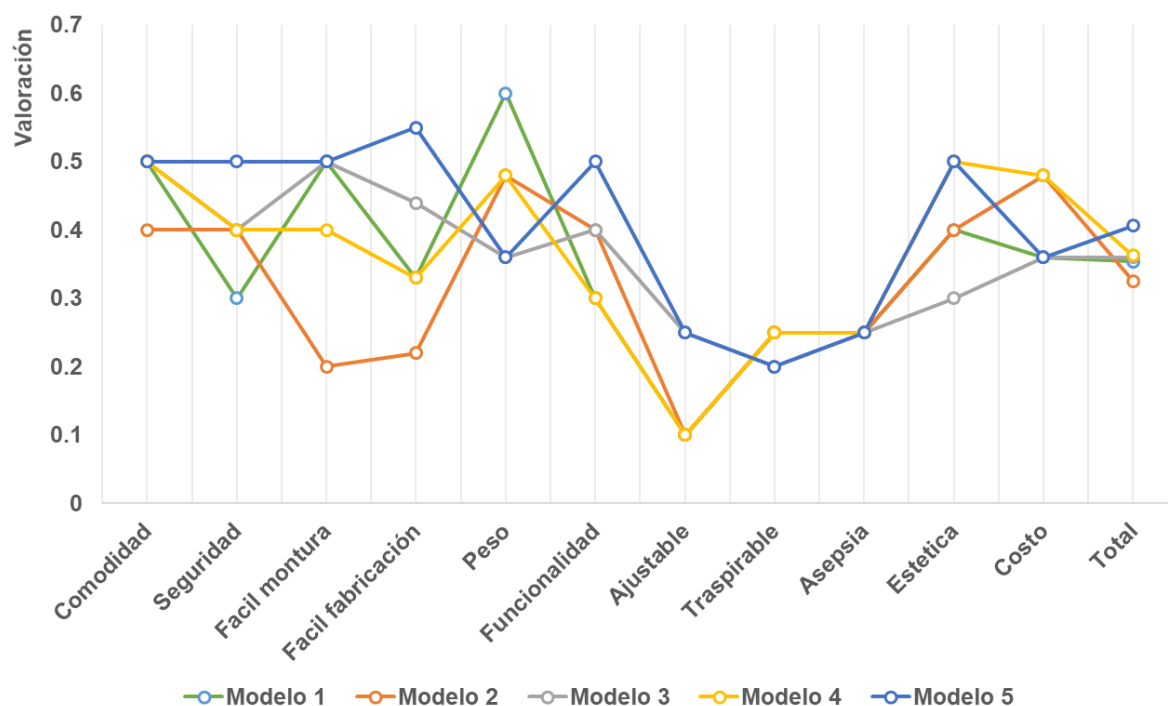


Figura 3.5. Resultados para la síntesis de forma de la órtesis.

Como se observa en la figura 3.5, las cinco propuestas tienen comportamientos similares en cuanto a la comodidad, transpirabilidad y asepsia, por otro lado, las diferencias más significativas se presentan en la ligereza del producto, la facilidad de instalarlo, la dificultad para fabricarlo y en la estética del mismo, en donde el modelo cinco se destacó por encima de las demás propuestas.

Así mismo se efectúa la selección del mecanismo de sujeción donde el proceso parte con el planteamiento de alternativas y configuración de criterios para la selección de

mecanismos que cumplen con sujeción de las dos piezas del dispositivo. De los cuatro mecanismos de sujeción propuestos (ver figura 3.6) se escoge uno, los criterios que sirven para seleccionar la alternativa son: Ajustabilidad para adaptarse a la horma de la extremidad, estabilidad del sistema, complejidad del ajuste y estética.

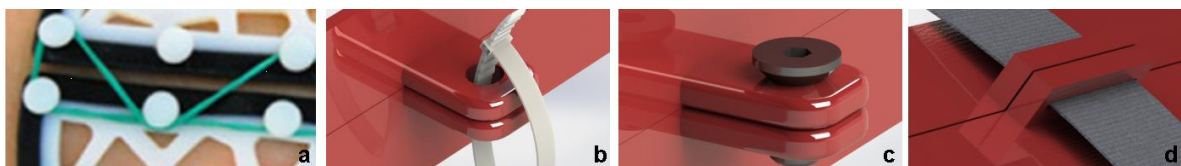


Figura 3.6. Propuestas: a) Mecanismo 1, b) Mecanismo 2, c) Mecanismo 3, d) Mecanismo 4

Los criterios se plantean según el grado de importancia, donde se busca ajustabilidad para adaptarse a la extremidad del animal a medida que esta se desinfla y brinda estabilidad del sistema, para que el animal realice movimientos cotidianos como caminar, sentarse, etc., considerando, que éstos sean fáciles de instalar y que sigan la línea de diseño sin perder estética.

Una vez que se evalúan las alternativas de acuerdo a los criterios y su ponderación se obtiene que el más apropiado es el mecanismo tres (3) según se aprecia en la figura 3.7.

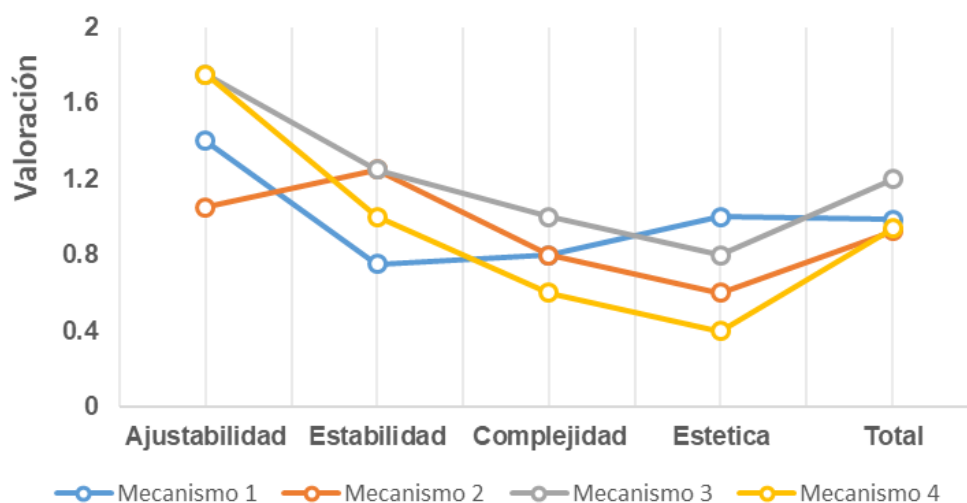


Figura 3.7. Resultados para la síntesis del mecanismo de sujeción.

Como se observa, el mecanismo 1 es el que presenta mejor estética, pero la estabilidad al ser un elemento elástico y la complejidad para colocarlo este elemento compromete su calificación en la selección,

Así mismo, el mecanismo 2 tiene una excelente estabilidad, pero el proceso para ajustar la órtesis y la estética del sistema no hacen posible su selección. Por su parte, el mecanismo 4 al ser uno de los más populares en las órtesis humanas presenta una excelente ajustabilidad, pero de igual manera este sistema propuesto no sigue la línea de diseño del producto, motivo por el cual la calificación en estética no es la mejor.

Por su parte el mecanismo 3 es el que presenta la calificación más constante de las cuatro propuestas, presenta un buen sistema de ajuste, una buena estabilidad y una estética moderada que sigue la línea del diseño, motivo por el cual este sistema es el seleccionado.

3.3. Generación de la geometría propuesta

Una vez seleccionada de manera jerárquica la forma del dispositivo ortésico y su sistema de sujeción, se fusionan estas dos propuestas para dar vida al producto final, la figura 3.8 muestra el resultado de la optimización del material, mientras que la figura 3.9 muestra el diseño a detalle de la geometría y la figura 3.10 la visualización del producto en uso.



Figura 3.8. Proceso de optimización del material en el desarrollo de la órtesis.



Figura 3.9. Geometría propuesta refinada para la órtesis de inmovilización de extremidad delantera para perros.



Figura 3.10. Órtesis propuesta en uso.

Se realiza una estimación del peso que tendría la órtesis de inmovilización con ayuda del software de diseño. Para ello, se introdujo la densidad del material ($d_{PETG} = 1.27$

g/cm^3), obtiene como resultado un peso de 163 gr. De igual manera, luego de ser fabricada la órtesis se procedió a pesarla con una balanza doméstica para comparar los datos teóricos y se obtuvo un peso de 160gr, como se observa en la figura 3.11



Figura 3.11. Peso teórico y real de la órtesis de inmovilización.

Análisis estructural de la órtesis de inmovilización

El análisis de esfuerzos se cumple si usa el método de elementos finitos (MEF), a través del paquete computacional Autodesk Fusion360®. De acuerdo al diseño mostrado en la figura 3.6. las piezas involucradas en éstos, con sus respectivos materiales, son las siguientes: la órtesis PETG, los tornillos en acero inoxidable, sin embargo, los tornillos no se tomarán en cuenta para el análisis por ser un producto comercial estándar diseñados para soportar más esfuerzo que el representado en este análisis.

En cuanto a la simulación, el análisis es estático, el material se considera lineal e isotrópico, y la condición de carga utilizada corresponde al peso del animal (40kg).

En la figura 3.12 se muestran el esfuerzo equivalente de Von Mises. En estas, se observa que el esfuerzo producido por el peso del animal es menor que la resistencia del material, éste no sobrepasa los 18.65 MPa; mientras que la resistencia a la fluencia del PETG es de 49 MPa. Por lo tanto, se verifica que el factor de seguridad presentado

en las ecuaciones 3.1, es superior a la unidad y, por lo tanto, la órtesis no se deforma permanentemente y está lejos del límite de rotura del material.

$$\text{Factor de seguridad}_{\text{PETG}} = 49/18.65 = 2.63 \quad (3.1)$$

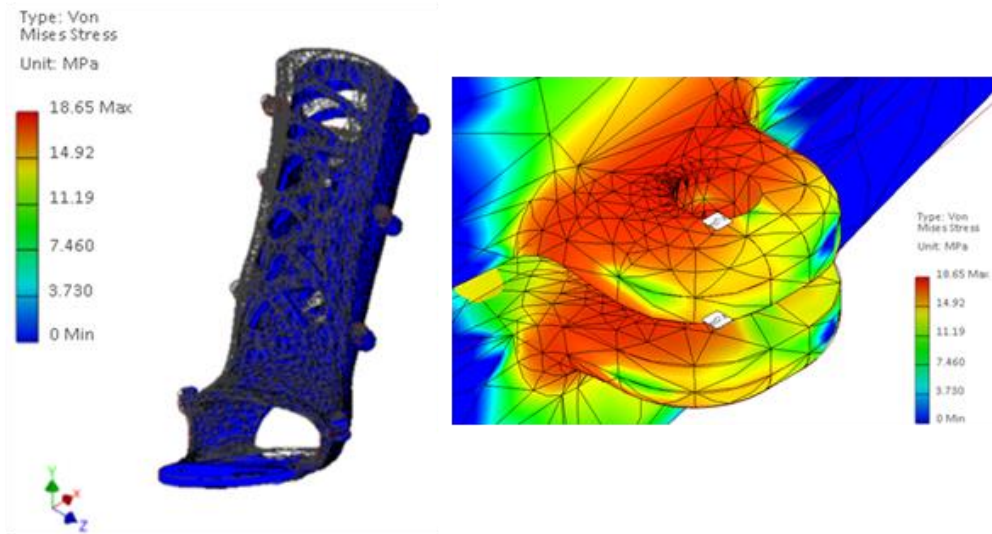


Figura 3.12. Distribución de los esfuerzos de Von Misses en las órtesis.

Para tener una idea general del espacio ocupado por la órtesis, en este apartado se presenta el dimensionamiento general del producto (ver figura 3.13).

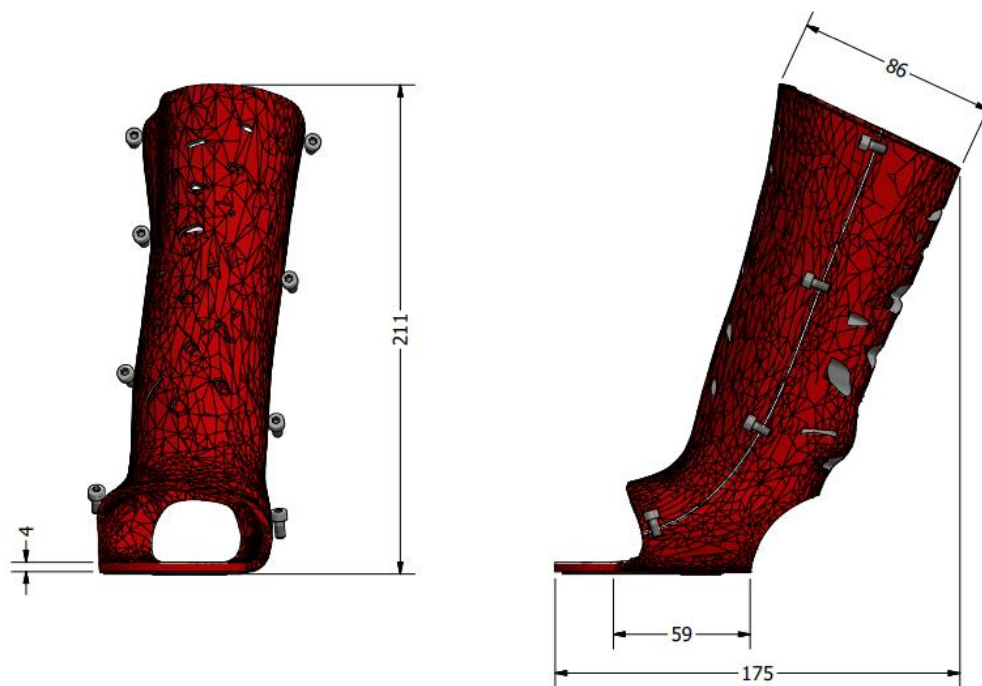


Figura 3.13. Dimensiones generales de la órtesis (en milímetros).

Se destaca que se tomaron en cuenta sola las medidas más generales del dispositivo, puesto que la órtesis se diseña para ser construido mediante fabricación aditiva (impresora 3D), motivo por el cual cuenta con muchas formas irregulares difícil de acotar. Por lo tanto, en esta investigación se hace la entrega de los archivos digitales en formato informático (stl) que define la geometría de objetos 3D.

Para la construcción del prototipo, una vez modelado la órtesis de inmovilización del perro mediante la metodología planteada en la sección 2.8.1, se configura en el programa comercial de laminado Ultimaker Cura® las variables de impresión necesarias para fabricar la órtesis, como se muestra en la figura 3.14. De igual manera, para producir las partes que componen el dispositivo ortésico se usa la tecnología aditiva o impresión 3D, específicamente se necesita dos impresoras Artillery Sidewider X1, como se muestra en la figura 3.15.

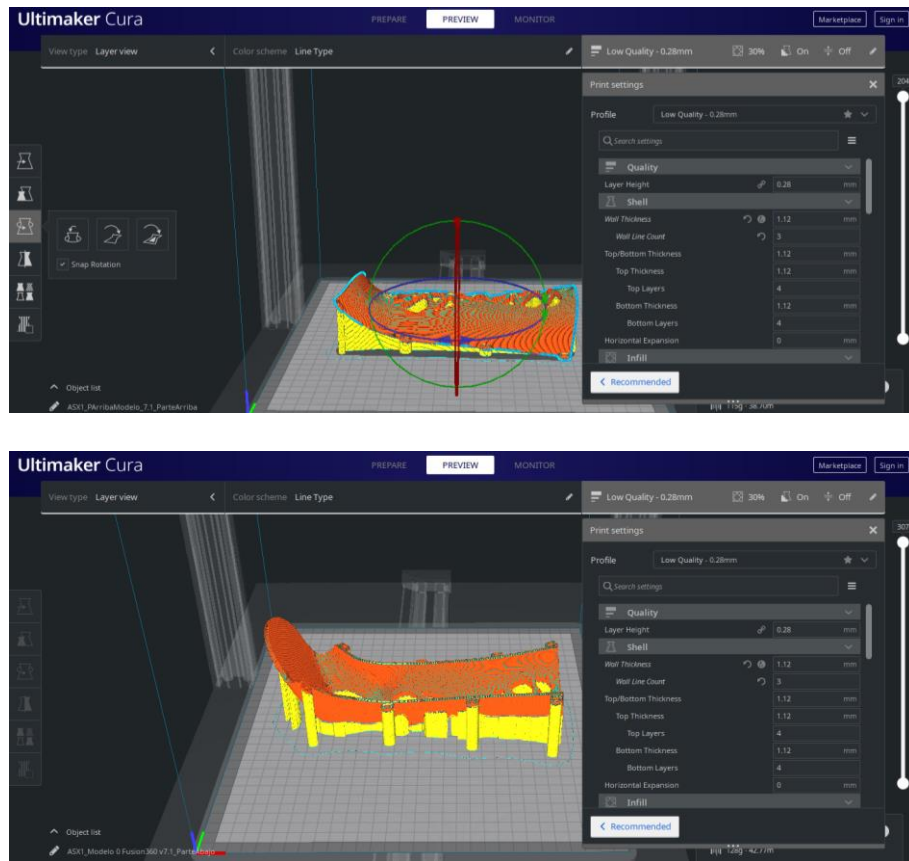


Figura 3.14. Configuración de la órtesis para imprimir en 3D.

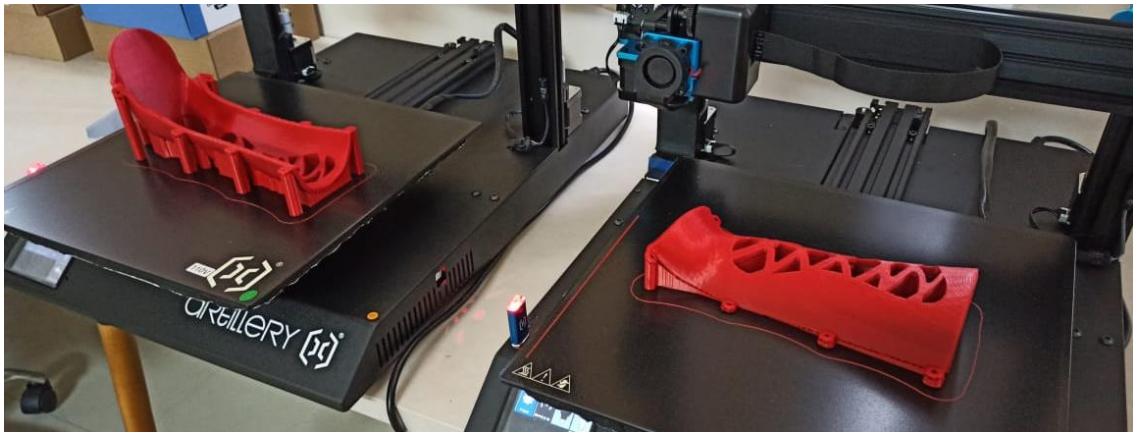


Figura 3.15. Fabricación de la órtesis en una impresora 3D.



Figura 3.16. Órtesis de inmovilización de extremidad delantera para perros.

Después del proceso de construcción presentado anteriormente, se presupuesta el costo asociado a la construcción del prototipo (ver tabla 3.1), como precios referenciales casas comerciales ubicadas en la ciudad de Ibarra.

Tabla 3.1. Presupuesto para fabricación del prototipo

Cantidad	Descripción	Precio Unitario (USD)	Cantidad	Costo (USD)
8	Tornillo Allen M4 x 10mm - cabeza plana	8,00	0,14 pza	1,12
1	Filamento PETG	25	0,25 Kg	6.25
1	Neopreno	1	4,00 pza	4,00
1	Ensamblado y calibrado	2,00	1,00 serv.	2,00
1	Servicio eléctrico y depreciación de maquinas	1	2,50 serv	2,50
Total USD				15,87

El proyecto empieza tras la recopilación de información sobre los canes, sus lesiones, los equipos ortésicos existentes tanto comerciales como académicos y, por último, patentes, con el objetivo de profundizar en el contenido de la investigación, desde este punto, se desarrolla propuestas que serán idóneas para lo requerido en el proceso de diseño.

Al igual que Segnini, Chagna, & Vergara (2018), se evalúa las opciones presentadas y se comparó con equipos desarrollados por empresas dedicadas a esta área y se proyecta un plan de trabajo donde se define la creación de un equipo, aplica un método heterogéneo de diseño, donde se introdujo la simulación del mecanismo seleccionado considera la geometría y material, finaliza con una verificación numérica donde se demuestra que el dispositivo diseñado no se deforma permanentemente y resistirá las cargas a las que será sometido por el usuario.

El capítulo presenta el proceso y costos de construcción del prototipo y cálculos métricos.

CONCLUSIONES

Se realiza un proceso de diseño del prototipo de la órtesis de inmovilización para extremidades de perros. El proceso plantea la evaluación y selección de alternativas de diseño que aportan a la solución del problema de investigación, con la ayuda de las herramientas computacionales XYZ Handy Scan®, Autodesk Inventor® y Autodesk Fusion360® (CAD-CAE) se ejecuta el modelado y documentación de la geometría del dispositivo y el análisis estructural del dispositivo. Por último, con la tecnología de impresión 3D se fabrica el dispositivo.

Las conclusiones del producto se presentan a continuación:

- La fundamentación teórica de la función de órtesis y el diseño generativo en los canes sobre la biomecánica del animal y el enfoque de traumatismos osteoarticulares, permiten tener mayor conocimiento científico, sobre el problema al que busca la solución y por ende poder plantear alternativas de solución.
- Se desarrolla una propuesta de diseño que corresponde a un dispositivo ortésico de inmovilización, que cumple con los parámetros establecidos y con materiales disponibles en el mercado nacional y que sea de costo accesible (menor a 20\$) para aquella parte de la población que no costearían un equipo de manufactura extranjera.
- La propuesta de diseño correspondiente a una órtesis de inmovilización, basada en un concepto sencillo, con mecanismos sencillos de sujeción, de acuerdo a la morfología del animal para una mejor adaptación.
- El diseño propuesto pretende aportar de manera significativa en los procedimientos de inmovilización que realizan los veterinarios, ahorrar tiempo y permitir que la inserción en la extremidad sea menos molesta para el animal que de por sí está mal.

- Se ha introducido dentro del proceso de diseño el uso de programas de diseño, ingeniería y manufactura asistido por computadora, propone una metodología de diseño combinada que, considera factores estéticos, económicos y funcionales llevarán a corto plazo a la innovación de productos en el mercado nacional, antes de construir el prototipo se realizarían simulaciones que sirvan para visualizar el comportamiento en servicio en el menor tiempo posible.

RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos con respecto a la órtesis para canes, se plantea considerar las siguientes recomendaciones:

- Evitar emplear la órtesis de inmovilización a perros con un peso mayor a 45kg.
- Analizar de forma minuciosa el amplio resultado que proporciona el diseño generativo aplicado al objeto, con el fin de seleccionar el que mejor se adapte a las condiciones planteadas por el diseñador.
- Realzar simulaciones adicionales, considerar la fatiga del material por cargas repetitivas, en procesos de la marcha canina, es interesante valorar cual podría ser la duración de los diferentes elementos que resisten cargas variantes en el tiempo.

BIBLIOGRAFÍA:

- EcuRed contributors. (2019). *Ortesis*. Obtenido de EcuRed: <https://www.ecured.cu/index.php?title=Ortesis&oldid=3356213>
- Acero, L. (2019). *Prótesis semi-personalizada para perros en impresión 3D y fibra de carbono*.
- Antonana, Jaione, García, B., & Megía, A. (2019). *Developing a smart 3D printed canine orthosis*.
- ArchDaily. (2013). *Centro Heydar Aliyev / Zaha Hadid Architects*. Obtenido de Plataforma Arquitectura: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-310432/centro-heydar-aliyev-zaha-hadid-architects>
- Arízaga C., X. A. (2019). *Desarrollo de órtesis (férula) de tobillo y pie obtenido mediante técnica de escaneo, análisis CAD/CAE y prototipado rápido en 3d*. Sangolqui: Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE).
- Balto. (2019). Obtenido de <https://www.tutoribalto.com/es/protector-para-perro/bt-bone-protector-para-fracturas-en-la-pata-delantera/>
- Borrello, J., & Backeris, P. (2017). Rapid Prototyping in Cardiac Disease 3D Printind the Heart. *Rapid Prototyping Technologies*, 41-61.
- Caditz, S. B. (1995). *EEUU Patente nº USD375586S*.
- Camuendo, L. (2018). *Diseño y configuración de una prótesis de rodilla para jóvenes con grado de movilidad II*. Ibarra: Pontificia Universidad Católica del Ecuador - Sede Ibarra.
- Chagna, A. (2017). *Diseño conceptual de un dispositivo para rehabilitación de rodilla (Tesis de pregrado)*. Ibarra: Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Sede Ibarra.
- Chimborazo, W. (19 de Febrero de 2019). *ISSUU*.

- Cisneros, D. (2019). *Diseño e implementación de una órtesis veterinaria de un grado de libertad utilizada en la fase II de la rehabilitación de rodilla en caninos de la fundación PAE.*
- Cochran, P. E. (1981). *EEUU Patente nº US4440159A.*
- Cortes, M. (2013). *Inmovilizador para extremidades anterior en canino, con incapacidad temporal causada por fracturas simples, a bajo costo.*
- Cusco, B. (2018). *Desarrollo de un sistema electrónico para controlar la trayectoria en el escaneo 3D de extremidades del cuerpo humano con una cámara Kinect.* Cuenca, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana - Sede Cuenca.
- Denzin, N., & Lincoln, Y. (. (2012). *Manual de investigación cualitativa. El campo de la investigación cualitativa* (1 ed., Vol. I). Barcelona, España: Gedisa S.A.
- Díaz, A. (junio de 2019). *Experto animal.* Obtenido de <https://www.expertoanimal.com/anatomia-del-perro-externa-e-interna-24267.html>
- Durán, F. (2017). Enfermedades en perros. En *Enfermedades en perros y gatos* (págs. 368-381). Grupo Latino Editores.
- Erwin, C. (2016). *EEUU Patente nº USD799757S1.*
- Expert Choice. (2018). *Nuestra metodología de toma de decisiones* . Obtenido de Soluciones Expert Choice: cómo funciona nuestro proceso de decisión: <https://expertchoice.com/our-decision-making-methodology/>
- Fisher, L. A. (2002). *EEUU Patente nº US6546704B1.*
- Fransoy, P. (Junio de 2020). *Bloquetech.* Obtenido de Ingeniería y diseño: <https://www.bloquetech.com/el-diseno-generativo/>
- Frida. (2020). *La tienda de Frida.* Obtenido de <https://www.latiendadefrida.com/collections/productos-ortopedicos-para->

perro/products/ferula-pata-trasera-para-perro-walkin-rear-splint-de-handicapped-pets

Galeano, R. (2008). Diseño centrado en el usuario. *Revista Q*, 15.

Garza, D. (2016). *Manual de rehabilitación y fisioterapia del miembro pelviano en perros*.

Hasebi, D., & Hasebi, W. (2014). *EEUU Patente nº US20150245897A1*.

Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta. ed.). México D.F: McGrawHill.

Herrera, L. (2019). *Diseño y desarrollo de una férula de miembro superior escaneada e impresa en 3d (Tesis de grado)*. Valladolid, España: Universidad de Valladolid.

Instituto Nacional de Tecnología Industrial [INTI]. (2009). *Proceso de diseño: fases para el desarrollo de productos*. Obtenido de Centro de Investigaciones y Desarrollo en Diseño Industrial: https://www.inti.gob.ar/prodiseno/pdf/n141_proceso.pdf

INTI. (2009). *Proceso de diseño. Fases para el desarrollo de productos*. Buenos Aires, Argentina.

Irastorza, M. (2019). *SONDA*. Obtenido de <https://www.sondamco.com/novedad/como-el-diseno-generativo-esta-impactando-diversas-industrias>

Mamaqi, K. (Mayo de 2018). *Diseño generativo para diseñadores*. Obtenido de <https://www.slideshare.net/kevinmamaqi/diseo-generativo-para-diseadores-97433474>

Mamaqui, K. (Mayo de 2018). *Diseño generativo para diseñadores*. Obtenido de <https://www.slideshare.net/kevinmamaqi/diseo-generativo-para-diseadores-97433474>

McComb, D. D. (1993). *EEUU Patente nº US5341765A*.

- Mei, Z. (2015). *An Approach For The Development of Low Cost Prosthetic Limbs With 3D Printing Technology (master's thesis)*. Auburn, Alabama: Auburn University.
- Mesa, A. (2020). *Disseny i fabricació de fèrules per a gats amb impressió 3D*.
- Milton, A., & Rodgers, P. (2013). *Métodos de investigación para el diseño de producto*. Barcelona: Art Blume.
- Milton, A., & Rodgers, P. (2013). *Métodos de investigación para el diseño de productos*. Barcelona: Blume.
- Nacevilla, M. (2018). *Diseño e implementación de un sistema de control sobre una adaptación de órtesis veterinaria para la rehabilitación de rodilla en caninos de la fundación PAE*.
- Navarro, J. (2016). *DISEÑO DE UNA BICICLETA POLIVALENTE MEDIANTE DISEÑO GENERATIVO*.
- Novax DMA. (2015). *Expanding design possibilities with the*. Obtenido de Autodesk Customer Success Story: <https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/products/within-medical/fy18/case-studies/pdf/within-novax-dma-case-study-en.pdf>
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2017). *WHO standards for prosthetics and orthotics. Part 1. Standards*. Suiza: L'IV Com Sàrl. Obtenido de <https://apps.who.int/iris/handle/10665/259508?locale-attribute=ar&>
- Ortocanis. (2018). *Ortocanis.com*. Obtenido de <https://www.ortocanis.com/blog/como-tratar-las-fracturas-de-hueso-en-los-perros/>
- Ortocanis. (2019). Obtenido de https://www.ortocanis.com/es/ayudas-tecnicas/ferula-ortopedica-perro.html#/108-talla-xxs_gatos
- Ortopedia mascotas. (2020). Obtenido de <https://ortopediamascotas.com/producto/ferula-delantera-para-perros>

- Ortovets. (2020). Obtenido de <https://ortovets.com/tienda/ferulas-moldeables/ferulas-moldeables/>
- Parés i Casanova, P. (2009). Zoometría. En *Valoración morfológica de los animales domésticos*. Centro de publicaciones del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Pascual, I. (2019). *Diseño de órtesis para la rehabilitación de las extremidades delanteras en canes*.
- Peña, C. (Mayo de 2018). *Acaddemia*. Obtenido de <https://blog.acaddemia.com/como-se-utiliza-el-diseno-generativo/>
- Posada, L. (Septiembre de 2019). *Acaddemia*. Obtenido de <https://blog.acaddemia.com/la-tecnologia-en-pro-de-la-salud-diseno-y-fabricacion-de-protesis/>
- Real Academia Española [RAE]. (2020). *Definición de Perro*. Obtenido de Diccionario de la lengua española: <https://dle.rae.es/perro>
- Rodríguez, J. (2020). *Diseño, análisis e implementación de una prótesis de extremidad delantera canina, mediante técnicas CAD/CAM/CAE, adaptable a cualquier animal a partir de geometría escaneada en 3D*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/handle/10251/150147>
- Roncoroni, U. (2017). *Manual de diseño generativo*. Lima: Fondo editorial Universidad de Lima .
- Segnini, J., Chagna, A., & Vergara, M. (2018). Diseño de un dispositivo para autorehabilitación pasiva de rodilla. *Axioma, XIV*(18).
- SENPLADES. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021.Toda una Vida*. Obtenido de Consejo Nacional de Planificación (CNP): https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL_0K.compressed1.pdf

- Suarez, O., León, J., Castro, D., & Velásquez, A. (2019). Diseño de un sistema de perfilación de férulas mediante el escaneo 3d de muñeca, brazo y tobillo para fines de impresión 3D. *Revista Infometric@*, 1(1), 94-113.
- Tarragó, A. (2005). Órtesis, dispositivos para disimetrías. ARGOS.
- Tarragó, A. (2017). *Claves de un buen vendaje, ferulas y órtesis*. Obtenido de Instituto Veterinario de Ortopedia y Traumatología (IVOT): http://www.traumatologiaveterinaria.com/index.php?web=divulgacion/003_01.php
- VerHoef, J. H. (2011). *EEUU Patente nº US20130152873A1*.
- Vilchis, L. d. (2014). *Metodología del diseño, Fundamentos teóricos*. México: Designio S.A.
- XYZPrinting. (2018). *XYZscan Handy: Asistente integral para escaneo 3D*. Obtenido de Escanear: capture y recree el mundo real en 3D: <https://www.xyzprinting.com/es-ES/software-series/SCAN/xyzscan-handy>
- Zambonino, J. (2019). *Diseño de férulas para tratamientos traumatológicos en canes que necesiten inmovilización mediante un estudio zoométrico*. Tesis, Quito.

ANEXOS

Solicitud de estadísticas

Ibarra, 11 de mayo de 2021

Ingeniera
Gloria Elina Tapia de Vega
GERENTE GENERAL DE CANYCULTURA
Presente. -

De mis consideraciones,

Por medio de la presente reciba un cordial saludo, con mis mayores deseos de salud y bienestar para usted y su familia.

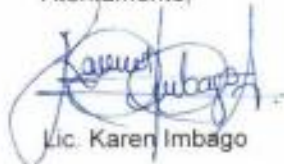
Me encuentro desarrollando mi tesis de maestría en La Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato, titulado "Diseño generativo en el desarrollo de órtesis para canas"; motivo por el cual me dirijo a usted de la manera más comedida para solicitarle información con respecto a las estadísticas sobre:

- Accidentes en canes
- Tipo de accidentes
- Tipo de fracturas
- Cuantos perros se fracturan
- Consecuencias más comunes
- Cuántos logran rehabilitarse

Misma que será de total ayuda para el desarrollo de mi proyecto de investigación.

Segura de contar con su valiosa colaboración, desde ya anticipo mis sinceros agradecimientos.

Atentamente,



Lic. Karen Imbago

Estudiante Maestría en Diseño de Productos - PUCESA

CI: 1003958095

Estadísticas Canycultura



Ibarra 13 de mayo 2021

Licenciada
Karen Imbago
Presente

De mi consideración

Reciba un atento saludo de quienes formamos parte de Canycultura Cia Ltda, augurando el mayor de los éxitos en su carrera estudiantil y laboral.

Respecto al oficio recibido el 11 de mayo en el que se nos solicita información acerca de los accidentes e caídas, tipos de accidentes, tipo de fracturas, la cantidad de fracturas, consecuencias y rehabilitación me permito informar lo siguiente:

El Proyecto Nuavet clínica veterinaria inició con la firma del convenio interinstitucional entre el GAD-Ibarra y Canycultura Cia Ltda, en marzo el presente año, por lo cual los datos a los que nos referimos corresponden a las emergencias atendidas en un periodo de 60 días desde la operación de dicho proyecto.

Según el informe interno del mes de marzo, el 5% de las atenciones correspondieron a accidentes con fracturas.

Las fracturas identificadas dentro de este porcentaje son fractura oblicua en extremidades posteriores, fractura de columna, fractura de sacro y fractura abierta en su mayoría.

El 50% de los atendidos realizó un tratamiento, el 32,5% realizó cirugía correctiva con un cirujano de especialidad y el 17,5% decidieron realizar un sacrificio humanitario debido a los riesgos de la cirugía, tratamiento y costo.

Para el mes de abril el 5,95% corresponden a las atenciones realizadas a fracturas. Las fracturas identificadas son fracturas oblicuas en extremidades posteriores y fracturas abiertas.

El 26,6% de las atenciones presentaron laceraciones adicionales a las fracturas, el 33,33% fueron atendidas de forma urgente por el especialista, el 40% fueron accidentes que terminaron en muerte del animal.

La información brindada por medio de este documento puede ser utilizada únicamente con fines educativos pues corresponden a los reportes internos del proyecto Nuavet.

Me suscribo de usted, con sentimiento de consideración y estima.

Atentamente,

Ing Elena Ochoa Andrade
Directora del Proyecto Nuavet
Canycultura Cia. Ltda.
elenadevega55@yahoo.com

Formato encuestas

ENCUESTA**TEMA:** DISEÑO GENERATIVO PARA EL DESARROLLO DE ÓRTESIS PARA CANES

Este formulario está diseñado para conocer la importancia de las características en el desarrollo de una órtesis de inmovilización para canes.

Marque con una "X", el grado de importancia que considere a cada parámetro planteado en la columna izquierda referente a las características de la órtesis para su can.

	MUY IMPORTANTE	IMPORTANTE	POCO IMPORTANTE
Comodidad: referida al bienestar físico que proporciona el uso de la órtesis.			
Seguridad: relacionada con la confianza en la órtesis, y por ende, con la ausencia de riesgos al emplear el dispositivo.			
Fácil montura: relacionado con la facilidad que el usuario secundario o el veterinario tengan para colocar la órtesis.			
Resistente al agua: referido al material de la órtesis que no sea soluble en el agua.			
Peso: relativo a lo pesado o liviano que sea el dispositivo.			
Funcionalidad: relacionada directamente con la posibilidad de permitir la marcha del animal.			
Ajustable: se refiere a la posibilidad de ajustar la órtesis a distintas holguras.			
Transpirable: asegurar que la humedad de la transpiración escape rápidamente.			
Asepsia: relativo a la limpieza y aparición de nuevos problemas.			
Estética: asociada a la proyección visual de la órtesis, su apariencia física.			
Costo: referido a la cantidad de dinero que es necesario invertir para la adquisición de la órtesis.			

Marque con una "X", en las casillas respectivas con referencia a ideas planteadas en la columna izquierda referentes a la férula de inmovilización ubicada en su can

	SI	NO
Considera que el proceso de inmovilización actual fue rápido y eficiente		
Considera que el costo que usted cancelo por la inmovilización de su can es accesible		
Días posteriores su perro mostro algún efecto secundario con el uso de la férula ubicada		
Su mascota se adaptó con facilidad a la férula		

Cuál es la sugerencia como dueño del can, que plantearía al proceso de ubicación de férulas, después que si can fue víctima de un accidente.

.....

.....

.....

Ficha de observación

FICHA DE OBSERVACIÓN	REF: FO-001	FECHA: 07-Enero-2021
TEMA: Diseño generativo en el desarrollo de órtesis para canes	INVESTIGADOR: Karen Dayana Imbago Arévalo	
VARIABLE:	Proceso de inmovilización actual	
DIMENSIÓN:	Can que ha sufrido una fractura Requiere inmovilización	
ÍTEMS A ANALIZAR:	Desde que el can se fractura y es llevado al especialista Criterio del veterinario Radiografía Decisión Proceso de inmovilización	
FUENTE:	EDAD	RAZA
Simba	1 aprox.	Mestizo
RESULTADOS:	El can en observación, sufrió un accidente con un automóvil; su dueño lleva inmediatamente al can al centro veterinario. Por el dolor que presenta el can el veterinario presume una fractura en la pata posterior donde se ve la afectación, lo cual, es necesario realizar una radiografía. El resultado una fractura cerrada que requiere inmovilización. El veterinario recurre al proceso de sedación del animal, posterior a rasurar el pelaje del can para poder realizar el procedimiento, utiliza una férula en forma de L, y vendaje para mayor sujeción. Visita a los 15 días para próxima revisión. Costo del tratamiento: \$240	



Validación



Ibarra, 15 de mayo del 2021


Yo, Tito Mendoza Cadena, Con cédula número 1002802294, Veterinario de Dr. Pets

A QUIEN LE INTERESE

Que la "ÓRTESIS INMOVILIZADORA PARA CANES", realizado por la SRTA. KAREN DAYANA IMBAGO, con número de cédula 1003958095, cumple con los requisitos, siendo este dispositivo de gran ayuda para canes que han sufrido traumatismos en miembros torácicos y pélvicos, de manera económica, rápida y eficaz

Es todo cuanto puedo decir en honor a la verdad, facultado a la interesada hacer uso del mismo como estime conveniente.

Atentamente:


MVZ. MSc. Tito Mendoza
MÉDICO VETERINARIO
Y ZOOTECNISTA
Senescyt 1040-11-1058490

Tito Mendoza C

Médico Veterinario

Fotografías prototipo final

