



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CUENCA

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA**

**DISEÑO E IMPRESIÓN DE PLACAS DIDÁCTICAS EN 3D  
PARA LA RESOLUCIÓN DE FRACTURAS EN CIRUGÍA  
ORTOPÉDICA EN PEQUEÑAS ESPECIES**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE MEDICO VETERINARIO**

**AUTOR: LENIN VICENTE ALVAREZ LLIVICHUZCA**

**DIRECTOR: EDY CASTILLO HIDALGO**

**CUENCA – ECUADOR**

**2023**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA.**

**DISEÑO E IMPRESIÓN DE PLACAS DIDÁCTICAS EN 3D  
PARA LA RESOLUCIÓN DE FRACTURAS EN CIRUGÍA  
ORTOPÉDICA EN PEQUEÑAS ESPECIES**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE MÉDICO VETERINARIO.**

**AUTOR: LENIN VICENTE ALVAREZ LLIVICHUZCA**

**DIRECTOR: EDY CASTILLO HIDALGO**

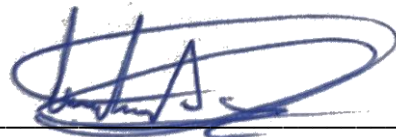
**CUENCA - ECUADOR**

**2023**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**

Yo, **Lenin Vicente Alvarez Llivichuzca** portador de la cédula de ciudadanía N° 0104589486 Declaro ser la autora de la obra: **“Diseño e impresión de placas didácticas en 3D para la resolución de fracturas en cirugía ortopédica en pequeñas especies”**, sobre la cual nos hacemos responsables sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaramos que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaramos finalmente que nuestra obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, **8 de marzo de 2023**



**Lenin Vicente Alvarez Llivichuzca**  
C.I. 0104589485

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Lenin Vicente Alvarez Llivichuzca, bajo mi supervisión.



---

Dr. Edy Paul Castillo Hidalgo, MsC.

**Director**

### **III. AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mis abuelos, a mis tíos y a mi madre que son los artífices de mis valores que me han servido a lo largo de mi vida.

Agradezco a los docentes de la Universidad Católica de Cuenca especialmente al Dr. Edy Castillo por compartir sus conocimientos y servirme de guía para mi formación profesional.

De manera muy especial, agradezco al Dr. Issac Alvarez por la confianza y apoyo que siempre me brindo, a la Ing. Alexandra Alvarez y la Lda. Margoth Alvarez por ser las primeras personas en brindarme la ayuda, para entrar a la carrera de Medicina Veterinaria e infinitas gracias a la Ing. Doris Marca por estar en los momentos más difíciles que estaba cruzando en mi vida.

**Lenin Vicente Alvarez Llivichuzca**

#### **IV. DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación va dedicado a mi madre Ruth Alvarez por ser una de las mujeres más fuertes y luchadoras quien me enseñó a ser una persona honesta, valiente y honrada.

A la memoria de mi Abuelita Luz Llivichuzca, quien fue un pilar fundamental en mi vida. Con sus consejos y valores inculco en mí su ejemplo de trabajo, y por último a mi gata Pandora por ser mi compañía día y noche.

**Lenin Vicente Alvarez Llivichuzca.**

## V. INDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN .....	1
III. AGRADECIMIENTO.....	2
IV. DEDICATORIA .....	3
V. INDICE GENERAL.....	4
VI. ÍNDICE DE CUADROS.....	6
VII. ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
VIII. ÍNDICE DE ANEXOS.....	8
IX. RESUMEN.....	9
X. ABSTRACT .....	10
<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>11</b>
1.1 Introducción.....	11
1.2 Planteamiento del problema.....	12
1.3 Preguntas de Investigación o Hipótesis.....	12
1.4 Antecedentes .....	12
1.5 Objetivos.....	14
<b>1.6 Justificación .....</b>	<b>15</b>
CAPÍTULO 2.....	16
2 MARCO TEÓRICO.....	16
2.1 Modelos prequirúrgicos.....	16
2.2 Fracturas .....	18
2.3 Remodelación ósea.....	19
2.4 Placas .....	20
2.5 Métodos e impresión en 3D.....	22
2.6 Prótesis en 3D para perros.....	22
2.7 Cirugía ortopédica en pequeñas especies .....	24
CAPITULO 3.....	26
3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	26
3.1 Ubicación de la zona del estudio.....	26
3.2 Universo de Estudio .....	26
3.3 Materiales y Equipos .....	27
3.4 Muestra.....	27
3.5 Variables a estudiar .....	28
3.5.1. Variables Independientes .....	28

3.5.2.	Variables Dependientes.....	28
3.6	Diseño experimental y estadístico .....	29
3.7	Procedimiento .....	29
3.7.1.	Fase 1: Diseño e impresión de Placas 3D .....	30
3.7.2.	Fase 2: Pruebas de resistencia.....	30
3.7.3.	Fase 3: Fijación de las Placas 3D en los huesos impresos .....	30
CAPITULO 4.....		31
4	RESULTADOS.....	31
<b>CAPÍTULO 5</b> .....		47
5.1	Discusión.....	47
5.2	CONCLUSIONES .....	49
5.3	RECOMENDACIONES .....	50
XI. BIBLIOGRAFÍA.....		51
Bibliografía.....		51
XII. ANEXOS .....		60

## VI. ÍNDICE DE CUADROS

Tabla No 1: Diseño Experimental .....	29
Tabla No 2: Total Encuestas Aplicadas.....	29
Tabla No 3: Total Encuestas aplicadas .....	31

## VII. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No 1 Beneficios de modelos prequirúrgicos .....	17
Figura No 2 Tipos de Fracturas .....	18
Figura No 3 Tipos de placas para huesos .....	21
Figura No 4 Pierna impresa en 3D .....	23
Figura No 5: Endoprotesis .....	24
Figura No 6: Osteosíntesis con placa.....	25
Figura No 7: Ubicación de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias.....	26
Figura No 8: Resultado del 10mo Ciclo de la primera pregunta .....	32
Figura No 9: Resultado del 9mo Ciclo de la primera pregunta.....	32
Figura No 10: Resultado del 8vo Ciclo de la primera pregunta .....	33
Figura No 11: Resultado total de los 60 encuestados de la primera pregunta .....	33
Figura No 12: Resultado del 10mo Ciclo de la segunda pregunta.....	34
Figura No 13: Resultado del 9no Ciclo de la segunda pregunta .....	35
Figura No 14: Resultado del 8vo Ciclo de la segunda pregunta.....	35
Figura No 15: Resultado total de los 60 encuestados de la segunda pregunta.....	36
Figura No 16: Resultado del 10mo Ciclo de la tercera pregunta .....	37
Figura No 17: Resultado del 9no Ciclo de la tercera pregunta .....	37
Figura No 18: Resultado del 8vo Ciclo de la tercera pregunta .....	38
Figura No 19: Resultado total de los 60 encuestados de la tercera pregunta .....	39
Figura No 20: Resultado del 10mo Ciclo de la cuarta pregunta .....	39
Figura No 21: Resultado del 9no Ciclo de la cuarta pregunta .....	40
Figura No 22: Resultado del 8vo Ciclo de la cuarta pregunta .....	41
Figura No 23: Resultado total de los 60 encuestados de la cuarta pregunta .....	41
Figura No 24: Resultado del 10mo Ciclo de la quinta pregunta .....	42
Figura No 25: Resultado del 9no Ciclo de la quinta pregunta .....	43
Figura No 26: Resultado del 8vo Ciclo de la quinta pregunta .....	43
Figura No 27: Resultado total de los 60 encuestados de la quinta pregunta .....	44
Figura No 28: Resultado del 10mo Ciclo de la sexta pregunta .....	45
Figura No 29: Resultado del 9no Ciclo de la sexta pregunta .....	45
Figura No 30: Resultado del 8vo Ciclo de la sexta pregunta .....	46
Figura No 31: Resultado total de los 60 encuestados de la sexta pregunta.....	46

## VIII. ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Diseño Placa tipo L.....	60
Anexo 2: Diseño Placa Sostén Condilar .....	61
Anexo 3: Diseño Placa estrecha de reconstrucción .....	62
Anexo 4: Diseño Placa estrecha de autocompresión .....	63
Anexo 5: Diseño Placa sostén en L lateral .....	64
Anexo 6: Diseños de placas 3D .....	64
Anexo 7: Fijación de la placa estrecha .....	68
Anexo 8: Fijación de placa estrecha de autocompresión .....	69
Anexo 9: Fijación de placa estrecha de reconstrucción.....	70
Anexo 10: Vista final de la fijación de las placas .....	70
Anexo 11: Vista final de la fijación de las placas en diferentes tipos de hueso.	71
Anexo 12: Vista final de la fijación de las placas en diferentes tipos de hueso. ....	72

## IX. RESUMEN

En la actualidad la tecnología 3D, ha transformado muchos sectores como por ejemplo ingeniería, educación, medicina en general; ya que hoy en día es posible mejorar la salud del paciente mediante la impresión en 3D. El avance tecnológico en la medicina, ha permitido obtener órganos y tejidos personalizados a través de muestras de células madre de un paciente. Para el diseño de un modelo 3D, se utiliza estudios médicos computarizados del paciente, porque resguardan la anatomía que se pretenden copiar. Esta investigación tiene como objetivo diseñar e imprimir placas en 3D, como material didáctico para su correcta identificación y uso en la resolución y abordaje de fracturas en huesos 3D. Las placas fueron diseñadas para ser fijadas en huesos impresos en 3D, que simulaban tener una fractura, para identificar la placa adecuada a colocarse. Se evaluó la resistencia del material de la placa luego de realizar pruebas de tensión con la entena herramienta que permitió ejercer fuerza en la placa impresa en 3D permitiendo visualizar que el material usado es resistente. Con el objetivo de conocer si la disposición de modelos 3D mejoró el aprendizaje de los estudiantes, se aplicaron 60 encuestas a estudiantes de los ciclos superiores (10mo, 8vo y 9no) quienes reciben cátedras de Cirugía y Ortopedia. Los resultados indicaron que para el 90% de estudiantes, les resultó fácil identificar el tipo de placa a utilizarse en cada fractura, luego de disponer de modelos facturados y placas en 3D para su corrección lo que permitió mejorar su conocimiento y práctica profesionales.

**Palabras Clave:** Impresión 3D, Ortopédica, Osteosíntesis, Placa, Pinza de hipófisis, PLA, PETG

## X. ABSTRACT

At present 3D technology has transformed many fields, such as engineering, education, and medicine in general, since it is now possible to improve the patient's health through 3D printing. Technological advances in medicine have made it possible to obtain personalized organs and tissues from a patient's stem cell samples. To design a 3D model, computerized medical studies of the patient are used because they safeguard the anatomy to be copied. This research aims to create and print 3D plates as didactic material for their correct identification and use in the resolution and approach of fractures in 3D bones. The plates were designed to be fixed on 3D-printed bones, which simulated a fracture, to identify the appropriate plate to place. The strength of the plate material was evaluated after performing tension tests with the notch tool that allowed us to exert force on the 3D-printed plate allowing us to visualize that the material used is resistant. To know if the layout of 3D models improved the students' learning, 60 surveys were applied to students from the upper cycles (10th, 8th, and 9th) who take courses in Surgery and Orthopedics. The results indicated that 90% of the students found it easy to identify the type of plate to be used in each fracture after being provided with 3D models and plates for their correction, which allowed them to improve their knowledge and professional practice.

**Keywords:** 3D printing, Orthopedic, Osteosynthesis, Plate, Pituitary clamp, PLA, PETG

# CAPÍTULO 1

## 1.1 Introducción

En tiempos actuales, el constante avance tecnológico ha sido de gran utilidad en muchos de los campos del desarrollo humano, ya que ha permitido crear herramientas específicas para el mejoramiento de la salud de personas y animales, Entre los avances observados dentro del área de la Medicina Veterinaria están los constantes diseños e impresiones de placas en 3D, destinadas al tratamiento de diversas patologías del esqueleto axial y apendicular de los animales domésticos, elaboradas de manera específica para diferentes tipos de huesos y con la finalidad de contribuir en la salud y bienestar del paciente (Mantrana, Jacobo, Hartwing, & Giarchero, Modelos de impresión tridimensional en la planificación preoperatoria y en la enseñanza académica de las fracturas mandibulares, 2018). Hay dos tipos de placas que se utilizan en las fracturas de los huesos una de ellas se conoce como placa atornillada y la otra como un fijador interno. La placa atornillada se compone de una placa metálica con orificios y tornillos, que le permiten acoplarse al hueso al ser fijada y ejerce una presión sobre la fractura. El fijador interno está compuesto por una placa de agujeros y tornillos de tipo cabeza roscada hexagonal, que permite realizar un ajuste entre la placa y el hueso permitiendo ejercer presión sobre el hueso fracturado, lo que permitirá a su vez lograr una pronta recuperación (Romano, Deri, Lantero, & Fernández, 2006). Para colocar una placa a una fractura es necesario realizar una evaluación de distribución de tensiones que fueron provocadas por el efecto de las condiciones que llevaron a la fractura (Osorio, Rodríguez, Gámez, & Ojeda, 2010).

Según los datos estadísticos que presenta (Valdiviezo, 2017) el 72,78% de pacientes caninos son atendidos en clínicas puesto que presentan fracturas por atropellamientos. Debido a que este es un problema constante, las clínicas veterinarias a nivel nacional, atienden un alto número de casos de fracturas diariamente y para su resolución, existe la necesidad frecuente de usar placas que permitan la reconstrucción de la estructura ósea. Por esto es importante identificar de manera correcta las placas que se deben colocar en las diferentes fracturas. Este proyecto de investigación busca brindar una herramienta

didáctica que ayude a los estudiantes a identificar de manera correcta los diferentes tipos de huesos y fracturas. (Ducroc & Lopez, 2021).

## **1.2 Planteamiento del problema**

Las nuevas tecnologías han logrado convertir los modelos físicos en modelos reales 3D, los cuales han permitido comprender de mejor manera el esqueleto humano y animal y han sido un acierto positivo en la búsqueda del bienestar del paciente. La disponibilidad de placas impresas en 3D constituye avance positivo en el aprendizaje en el área de traumatología. En varios estudios se ha demostrado que, al contar con objetos tangibles de estudio, el aprendizaje sobre estos es menos dificultoso, sobre todo cuando se trata del reconocimiento de estructuras y formas (Saorin , Torre, Melià , Castillo, & Bonnet, 2016). Un problema considerable que han presentado los estudiantes de medicina veterinaria, ha sido la dificultad de identificar de manera correcta el tipo de placa que deben colocar en una fractura de hueso largo, dando como resultado la toma de decisiones incorrectas y por ende una deficiente o nula recuperación del paciente. Por esta razón, este proyecto de investigación busca ayudar al estudiante y médico veterinario a identificar de manera correcta las placas que deben ser colocadas según el tipo de fractura a tratar.

## **1.3 Preguntas de Investigación o Hipótesis**

La impresión 3D de placas de osteosíntesis será un recurso didáctico que mejorará el aprendizaje de su correcta identificación y con esta, el abordaje y resolución de fracturas óseas en caninos.

## **1.4 Antecedentes**

En el artículo de investigación titulado “Alteración de la calidad ósea caracterizada por la orientación de la apatía bajo protección contra la tensión después de la fijación de una fractura del radio con una placa ósea hecha a media de Ti-6Al-4 V impresa en 3D en perros”, publicada el 2 de septiembre de 2020, indica que los implantes o placas hechas a la media han sido de gran ayuda en la práctica de traumatología veterinaria, ya que tienen una gran capacidad para adaptarse adecuadamente a huesos de animales que tienen una

gran variedad de formas y tamaños. Esto se corroboró luego de realizar un estudio en cuatro caninos de raza Beagle, para los cuales se diseñaron a media placas óseas impresas en 3D, luego de haber adquirido la información suficiente de las estructuras óseas, utilizando un escáner de 15 cortes a intervalos de 0,5 mm. Estas placas fueron fijadas con tornillos de titanio al momento de realizar la intervención. Al final de este estudio se pudieron evaluar los cambios y la restauración de la densidad y la calidad ósea en el radio del canino, con una fractura ósea ya fijada. Las placas al ser colocadas parecían brindar protección contra la tensión en la parte del hueso fracturado; sin embargo, debajo de la placa se identificó una disminución de la DMO y un deterioro de la calidad ósea, observándose una restauración ineficiente de dicha calidad (Mie, et al., 2020).

En un segundo artículo de investigación titulado “Osteointegración de placas óseas impresas en 3D”, publicada el 1 de noviembre del 2021, se señala que las placas de fijación elaboradas aditivamente pueden disminuir la presencia de protección contra el estrés e incitar una mejor recuperación de las fracturas óseas. Esto se logra mediante la sustitución de materiales sólidos rígidos por estructuras reticulares más flexibles. Dentro de dicho estudio, se hizo uso de cuatro patrones de cuadrícula que ayudaron a determinar la presencia de osteointegración. En los resultados obtenidos se pueden evidenciar diferentes grados de integración ósea que sugieren que el diseño de la placa de fijación impresa en 3D, favorece más la integración ósea en comparación con la placa de hueso sólida tradicional (Yan, Kostadinov, M.Y, & G.K, 2021).

En el artículo titulado “Aplicación de la fabricación aditiva metálica en cirugía ortopédica veterinaria”, publicada el 12 de febrero del 2015, se menciona que la impresión tridimensional (3D), o fabricación aditiva, se ha venido utilizando en la medicina humana desde hace muchos años, para elaborar modelos biomédicos utilizados para diagnóstico. En varias instalaciones, el uso de modelo impresos en 3D, se ha convertido en un esquema de procesos complejos, que permite eliminar una gran parte de conjeturas de casos muy complicados. Al finalizar este artículo, se pudo describir las características del uso de implantes metálicos hechos a medida y aditivos de fabricación para el campo humano y veterinario. Aunque estas técnicas son usualmente empleadas en la medicina humana, en el campo veterinario su uso va en aumento, debido a los beneficios únicos que

ofrecen. También se menciona que los implantes personalizados pueden llegar desempeñar un papel importante en la práctica de la traumatología veterinaria, ya que existen más variaciones de tamaño y forma en los huesos de las especies domésticas y silvestres, que en los de los pacientes humanos (Harryson, Marcellin-Little, & Horn, 2015).

Según los autores (Voltes Martínez, De la Concepción Ruiz, López Puerta, & Cano, 2020) la impresión en 3D es uno de los avances tecnológicos que mayor crecimiento ha tenido durante en los últimos años. Esto se debe al gran giro y cambio que ha experimentado la medicina con el advenimiento de la industria, a partir de la transformación digital de los procesos que, a su vez, permite aplicar un tratamiento hacia la medicina individualizada y abordar un diagnóstico más preciso. La principal función de estos modelos es apoyar la investigación de lesiones y permitir la planificación quirúrgica avanzada, simulación de procedimientos, mediciones precisas e incluso la preparación y planificación de implantes antes de realizar la intervención.

## **1.5 Objetivos**

### **Objetivo General**

Diseñar e imprimir placas de osteosíntesis en 3D, como material didáctico para su correcta identificación y uso en el abordaje y resolución de modelos de fracturas óseas en 3D.

## **Objetivos Específicos**

- Realizar un prototipo de placas 3D para diferentes fracturas de huesos en caninos.
- Determinar las dimensiones adecuadas de las placas 3D para su correcta fijación en el hueso fracturado.
- Validar la utilidad de las placas impresas en 3D en la resolución de modelos de fracturas de huesos caninos en 3D, mediante un estudio doble ciego en estudiantes y profesionales de la medicina veterinaria

### **1.6 Justificación**

El avance tecnológico dentro de la medicina es de gran utilidad, ya que hoy en día se puede obtener imágenes transversales como tomografías computarizadas, resonancias magnéticas, rayos x, etc., de los cuales se consiguen realizar diseños en 3 dimensiones, que permiten hacer demostraciones virtuales para identificar de mejor manera la patología que presenta el paciente. La impresión en 3D también permite manipular el objeto que se está diseñando.

El presente proyecto se centra en el uso de la tecnología 3D puesto que es una de las herramientas que hoy en día ha ayudado significativamente a mejorar la salud de los pacientes de diferentes especies. Este proyecto tiene como propósito diseñar e imprimir placas 3D con el fin brindar una herramienta didáctica que ayude a los estudiantes a identificar de manera correcta las placas que son usadas en los diferentes tipos de huesos y fractura. Estas placas son usadas en huesos didácticos impresos en 3D en los cuales se han simulado fracturas con el fin de identificar el tipo de placa que se debe fijar en el hueso fracturado, de tal manera que este proyecto busca brindar herramientas de autoaprendizaje para los estudiantes de medicina veterinaria.

## CAPÍTULO 2

### 2 MARCO TEÓRICO

En esta sección se describe la fundamentación teórica que se requiere para el desarrollo de los objetivos planteados, así como también para el entendimiento del presente proyecto.

#### 2.1 Modelos prequirúrgicos

Los modelos prequirúrgicos en 3D son prototipos que durante los últimos años ha sido de gran utilidad, ya que permiten mejorar el diagnóstico, tratamiento y planificación posquirúrgica. Estos modelos se han convertido en una herramienta de alta demanda en la educación, puesto que permite realizar una mejor planificación para el proceso quirúrgico, porque usa modelos anatómicos impresos en resina o termoplásticos, los cuales son obtenidos de tomografías computarizadas (Mantrana, Jacobo, Hartwing, & Giachero, 2018) y (CORPUSLAB Modelos Anatómicos de estudio prequirúrgicos 3D, 2022).

#### **¿Por qué se utiliza los modelos 3D en las planificaciones de cirugías?**

Los autores (Laserlines, 2019) y (Pierluigi, 2022) mencionan que hoy en día la impresión de modelos en 3D son de gran ayuda para mejorar la salud del paciente, puesto que en situaciones de complejidad han ayudado a tomar decisiones para brindar un tratamiento adecuado, ya que al realizar prácticas de procedimientos quirúrgicos de alto riesgo, se puede identificar el proceso para la reducción de sangrado y a su vez conocer la evolución de recuperación.

El uso de los modelos en 3D trae consigo tres grandes beneficios para el paciente y para la medicina.

- **Reducir Costos:** al tener un procedimiento completamente efectivo se disminuyen los costos generales del hospital y del personal de cirugía (Laserlines, 2019).
- **Reducir Riesgos:** Las prácticas con tecnología 3D permiten conocer las complicaciones que puede tener una cirugía, por lo que se puede reducir los riesgos del paciente (Ricoh, 2022).

- Reducir Tiempo: El uso de tecnología 3D ayuda a disminuir hasta un 50% del tiempo en una cirugía, puesto que las proyecciones de modelos en 3D permiten conocer la anatomía del paciente. (Laserlines, 2019) y (Ricoh, 2022).

### **Beneficios de los modelos prequirúrgicos**

Las fuentes (Ricoh, 2022) y (Canales TI, 202) mencionan 6 beneficios importantes, mismos que se detallan a continuación.



**Figura No 1** Beneficios de modelos prequirúrgicos

Fuente (Ricoh, 2022)

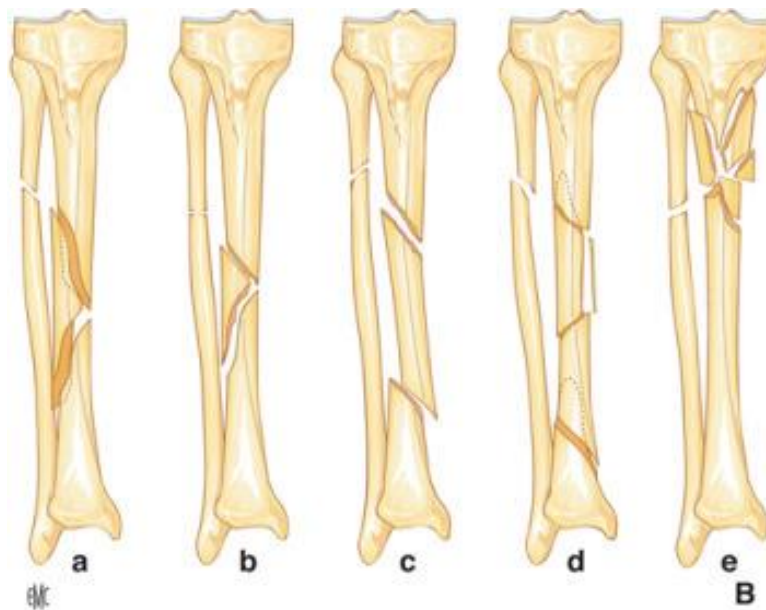
- Resultado: aumento de éxito en el procedimiento
- Precisión: más precisión durante la evolución.
- Responsabilidad.
- Planificación: prácticas de nuevas tácticas, métodos y soluciones.
- Compromiso: ayuda a adquirir una mejor comprensión del paciente en relación con la patología y procedimiento.
- Formación de profesionales.

## 2.2 Fracturas

Una fractura es la ruptura de un hueso como resultado de un impacto, fuerza o tracción que excede la elasticidad del hueso. En los animales sanos, siempre son causados por algún tipo de trauma, pero hay otras fracturas llamadas fracturas patológicas que ocurren en animales con ciertas condiciones médicas subyacentes, pero no presentan trauma grave. Este es un caso típico de enfermedad senil orgánica y huesos debilitados (Giraldo, 2018).

### Clasificación

El autor (Giraldo, 2018), menciona que existen varios tipos de fracturas, que se clasifican según los siguientes factores: el estado de piel, la localización de la fractura en el propio hueso, el trazo de fractura, el tipo de desviación del fragmento y el mecanismo de acción del factor traumático.



**Figura No 2** Tipos de Fracturas

Fuente: (Bertani, Mathieu, & Chauvin, 2016)

### Fracturas abiertas

En general, las fracturas abiertas son más traumáticas que las cerradas, por lo tanto, provocan más complicaciones. Estas causan más contusión en tejidos blandos como vasos sanguíneos, nervios, músculos y piel. Si a todo ello se acumula el habitual aplastamiento de fragmentos y contaminación bacteriana, se

presentará una infección ósea. Es por ello que las fracturas abiertas requieren una exposición adecuada de la piel y los tejidos blandos, así con una estabilización adecuada, que es especial para lograr la curación de los tejidos blandos y la prevención de enfermedades (A.Combalía , S. García , J M. Segur, & R. Ramón ).

### **Fractura cerrada**

El autor (Campagne, 2021), menciona que una fractura cerrada hace que la piel se queda intacta.

### **Fracturas patológicas**

Esta fractura se presenta cuando una sección del hueso se encuentra debilitada por enfermedades como osteoporosis, cáncer, infección o quiste óseo, puesto que este se rompe por un mínimo golpe o fuerza que presente. Si la enfermedad es osteoporosis, a menudo se les llama fragilidad o fracturas incompletas (Campagne, 2021).

### **Fracturas por estrés**

Son causadas por la aplicación repetida de fuerza moderada. El hueso lesionado por microtraumatismo de la fuerza moderada generalmente se cura con reposo, pero si existe una fuerza en la misma área puede causar más daño y hacer que el microtraumatismo se propague (Campagne, 2021).

## **2.3 Remodelación ósea**

El proceso de remodelación ósea implica una serie de actividades comenzando con la estimulación del tejido óseo que puede ser originado o provocado por un traumatismo. En el proceso de alargamiento óseo es importante comprender el principal mecanismo de regeneración ósea. Además de la existencia y comprensión de varios mecanismos complejos, el proceso de reparación requiere una comprensión de los conceptos básicos (Gutiérrez Gómez, 2018).

El autor (Gutiérrez Gómez, 2018), indica que hay un proceso de osificación endocondral en el que las células mesenquimales siguen un cambio hacia el linaje de condrocitos en el lugar del linaje de osteoblastos; la causa tampoco está

bien establecida, pero se cree que las BMPs y los factores angiogénicos como la síntesis del factor de crecimiento de fibroblasto local básico actúan en estos sitios y regulan la expresión de los fenotipos celulares de esta línea celular de condrocitos.

### **Función del remodelado**

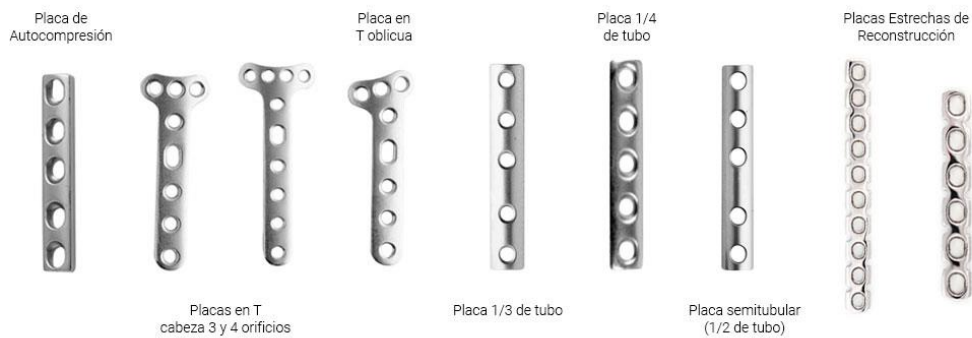
Se cree que la función principal del proceso de remodelación es mantener las propiedades mecánicas del hueso reemplazando las áreas dañadas del hueso. También es responsable de la organización espacial en respuestas a cargas mecánicas inmediatas que contribuye a la homeostasis mineral, especialmente al equilibrio de fósforo y calcio (Reyes García, Rozas Moreno , & MUÑOZ TORRES, 2018).

## **2.4 Placas**

Las placas juegan un papel clave en la recuperación de las fracturas al regular el microambiente biomecánico cerca del sitio de la fractura para asegurar la fijación mecánica de los fragmentos. Las placas óseas convencionales están hechas de acero inoxidable o aleación de titanio, estas han logrado buenos resultados en la fijación de fracturas. Sin embargo, las placas óseas tradicionales todavía tienen varias limitaciones, incluida la relajación y protección contra la tensión, ya que las diferencias entre los módulos, materiales metálicos y tejidos óseos pueden comprometer la curación óptima de la fractura (Li, et al., 2020).

La función de las placas y los tornillos para huesos es mantener la parte fracturada en su lugar sin aplicar tensión de tracción en el plano de la fractura y aplicar una cantidad crítica de tensión de compresión en la interfaz de la fractura para promover la curación del hueso. Los métodos de fijación interna con placas y tornillos han mejorado con la llegada de nuevos materiales duros biocompatibles como el acero inoxidable, las aleaciones de cromo-cobalto, el titanio y los materiales compuestos (Fouad, 2019).

### **Tipos de placas**



**Figura No 3** Tipos de placas para huesos

Fuente: (surgival, 2022)

Los autores (Vilabrú Pagés & Baraldés Canal, 2018), indican que existen cuatro tipos de placas las mismas que se describen a continuación:

### 1. Placas de compresión dinámica

Estas placas fueron desarrolladas por el grupo AO alrededor de 1960. Tiene un orificio alargado con una pendiente para permitir que el tornillo deslice sobre la placa (Vilabrú Pagés & Baraldés Canal, 2018).

### 2. Placas de sostén

También se las conocen como antideslizantes, contrafuertes o consolas. Funcionan como contrafuertes de fractura en la región epifisaria-metafisaria de huesos largos en fracturas inducidas por cizallamiento. Los tornillos no están ubicados excéntricamente; sino en el centro del orificio ovalado (Vilabrú Pagés & Baraldés Canal, 2018).

### 3. Placas de bajo contacto

Los autores (Vilabrú Pagés & Baraldés Canal, 2018), mencionan que este tipo de placas están diseñadas para reducir el área de contacto entre la placa y el hueso, las placas tradicionales tienen casi un 100% de contacto con el hueso subyacente, mientras que las placas de bajo contacto tienen solo un 50%. Además, se corta la superficie inferior del orificio, lo que da más libertad en el ángulo del tornillo, tanto longitudinal como lateralmente.

### 4. Placas de reconstrucción

Las placas tienen un espacio a cada lado entre los orificios, lo que les permite moldearse en tres planos espaciales para adaptarse a superficies complejas. Estos orificios tienen forma ovalada y pueden comprimir el sitio de la fractura (Vilabrú Pagés & Baraldés Canal, 2018).

## **2.5 Métodos e impresión en 3D**

Las nuevas tecnologías en el campo de la fabricación aditiva son muy importantes en la actualidad, por qué permite la fabricación de productos con geometrías complejas. Las piezas de plástico reales impresas en 3D tienen un rendimiento limitado debido a sus malas propiedades anisotrópicas (Manoj Prabhakar, et al., 2021).

Los autores (Ngo, Kashani , Imbalzano, Nguyen , & Hui , 2018), mencionan que existe un acuerdo para desarrollar un sistema de producción 3D sobre los métodos tradicionales, puesto que se presentan varias ventajas, como la producción de geometrías complejas, alta seguridad de los materiales y diseño flexible.

### **Métodos principales**

Las técnicas de fabricación aditiva se han desarrollado para satisfacer la necesidad de imprimir estructuras complejas con alta resolución. El método de impresión 3D más común utiliza filamentos de polímero y se denomina modelo por deposición fundida (Ngo, Kashani , Imbalzano, Nguyen , & Hui , 2018).

## **2.6 Prótesis en 3D para perros**

Con el aprecio y el amor por los animales de compañía viene el deseo de ayudarlos y brindarles una vida larga y saludable. La tecnología en la Medicina Veterinaria ha evolucionado con el tiempo, incluida la industria ortopédica y protésica. Las prótesis son nuevos dispositivos artificiales diseñados para ayudar a los animales afectados por discapacidad, amputaciones, lesiones y fracturas. Existen varios tipos de prótesis y diferentes métodos de suspensión, por lo que existe una solución dependiendo del problema. La impresión en 3D está ganando cada vez más interés en la industria manufacturera, ya que permite una producción rápida, eficiente y económica (Teixeira & Belinha, 2021).



**Figura No 4** Pierna impresa en 3D

Fuente: **(Oong, 2017)**

Debido a su facilidad de uso y flexibilidad, la tecnología de impresión 3D se está desarrollando rápidamente y encontrando aplicaciones en varios campos médicos. Por ejemplo, la tecnología de impresión 3D se puede utilizar para visualizar malformaciones complejas, mapear vasos sanguíneos, durante cirugías de cáncer de riñón y facilitar el desarrollo de técnicas neuroquirúrgicas para el tratamiento de tumores intracraneales (Jung Woo, et al., 2017).

### **Precedentes de la prótesis en animales**

El autor (Sabater Fernández, 2019), menciona que, para entender el origen de las prótesis en animales, es importante remontar al origen de la medicina animal, no podemos obviar el nombre de Aristóteles, quien en su extensa obra fue el precursor de importantes conceptos que reflejan las enfermedades propias de distintas especies animales. Estos estudios fueron posteriormente referenciados y ampliados por varios autores y finalmente se convirtieron en los textos básicos de medicina y zootecnia. Adicional a ello indica que el uso actual de prótesis en animales está bien establecido, no solo para tratar perros con displasia de cadera, también se utiliza para reemplazar extremidades por lesiones u otro motivo.

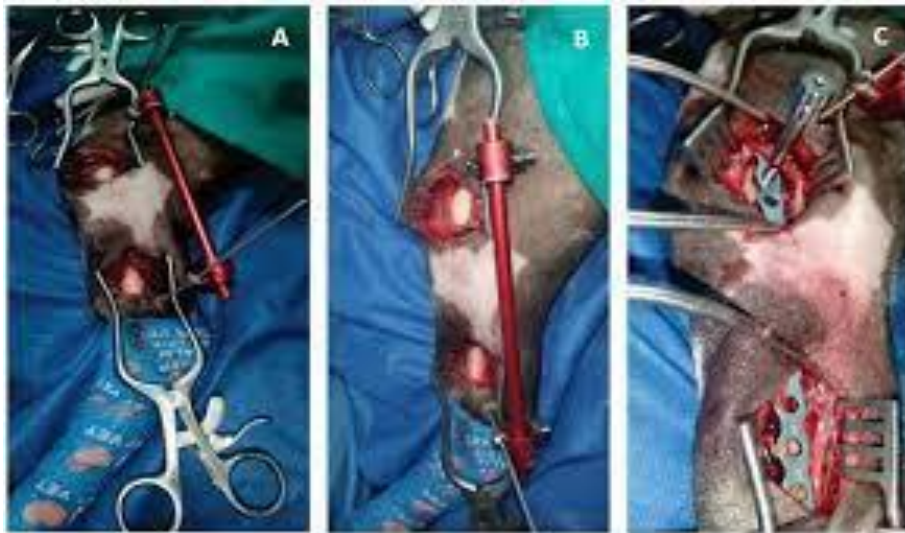


**Figura No 5: Endoprotesis**

Fuente: (University London, 2017)

## **2.7 Cirugía ortopédica en pequeñas especies**

La cirugía ortopédica en perros a menudo se asocia con dolor e inflamación posoperatorio. Por ello, es muy importante proporcionar una analgesia eficaz inmediata en los días o semanas posteriores al posoperatorio. Además, el manejo del dolor puede conducir a una recuperación más efectiva y al regreso de la actividad física. De las clases de analgésicos utilizados en perros, solo los opioides y los antiinflamatorios no esteroideos tiene un perfil farmacológico y de seguridad adecuada para su uso en el periodo postoperatorio (Gruet, Seewald, & Rey, 2011).



**Figura No 6:** Osteosíntesis con placa

Fuente: (Lope-Huaman, Curasco-Ayma, & Fernandez-Apaza, 2021)

### **Características Generales**

El autor (Gutiérrez Bautista, 2017), menciona que el dolor postoperatorio es el síntoma más común después de la cirugía y juega un papel importante en el pronóstico, el progreso y el resultado final. Sin un manejo adecuado del dolor, los pacientes experimentan muchos efectos secundarios.

Tradicionalmente, los AINES se han utilizado para tratar el dolor moderado, pero la última generación de AINES es comparable en eficacia a los opioides y son muy útiles en el tratamiento del dolor leve y moderado (Gutiérrez Gómez, 2018).

Las pautas posoperatorias para pacientes humanos y animales que se someten a cirugía ortopédica recomiendan el regreso frecuente para exámenes de seguimiento y permitir la detección y el tratamiento temprano de complicaciones (Moya, Reppenhagen, & Kim, 2022).



reconocimiento de las placas que se deben colocar en las diferentes fracturas que pueda presentar la mascota.

### **3.3 Materiales y Equipos**

- Transporte
- Alimentación
- Computadora
- Muestra
- Impresora 3D
- PLA
- PETG
- Cinta Masking
- Esferos
- Brocas
- Taladro quirúrgico traumatología
- Entenella
- Tornillos
- Desarmadores
- Separadores
- Pinza de hipófisis

### **3.4 Muestra**

Para la presente investigación se realizaron 100 diseños de placas 3D mismas que se dividieron en 4 diferentes modelos de placas, las cuales se enlistan a continuación:

- Placa húmero proximal bloqueada

- Placa tipo L
- Placa LC
- Placa DCP

### **3.5 Variables a estudiar**

En este apartado se describe a detalle las variables dependientes e independientes que forman parte de la presente investigación.

#### **3.5.1. Variables Independientes**

- Tamaño
- Condición corporal
- Edad
- Localización de fractura
- Causa de la fractura
- Patológico
- Accidentes
- Caída

#### **3.5.2. Variables Dependientes**

- Placa para fragmentos de 2,7 mm
- Placa izquierda para fragmentos en forma de L de 2,7 mm
- Placa derecha para fragmentos en forma de L de 2,7 mm
- Placa para fragmentos en forma de T de 2,7 mm
- Placa de tercio de caña con 3 orificios
- Placa de tercio de caña con 4 orificios
- Tornillo de compresión AcuTwist® Acutrak de 20 mm
- Tornillo de compresión AcuTwist® Acutrak de 30 mm

### 3.6 Diseño experimental y estadístico

La presente investigación tiene un enfoque observacional, descriptivo y práctico; en el que el enfoque práctico se centró en diseñar diferentes tipos de placas de acuerdo con la fractura que presenta el hueso.

**Tabla No 1:** Diseño Experimental

Factor	Número	Detalle
Placa húmero proximal bloqueada	12	Utilizadas para fijar el hueso Húmero
Placa Tipo L	13	Utilizada para fijar el hueso fémur
Placa LC	13	Utilizada para fijar el hueso fémur
Placa DCP	12	Utilizada para fijar el hueso fémur
Pruebas por semana	5	Pruebas
Pruebas por placa	50	Pruebas
Total, de pruebas por placa	50	Unidades experimentales (Pruebas)

Para realizar el análisis estadístico se aplicaron encuestas a los estudiantes de medicina veterinaria de ciclos superiores, mismos que están divididos en 10mo, 9no y 8vo dando un total de 60 encuestados de los cuales se sacaron los datos estadísticos correspondientes a cada pregunta realizada, adicional a ello los resultados son evaluados por cada ciclo y por el total de encuestas aplicadas.

**Tabla No 2:** Total Encuestas Aplicadas

Análisis estadístico	
Ciclo	No. Encuestados
10mo	15
9no	28
8vo	17
Total	60

### 3.7 Procedimiento

En este apartado se describe a detalle las fases que se siguieron para alcanzar los objetivos planteados y culminar la investigación con éxito.

### **3.7.1. Fase 1: Diseño e impresión de Placas 3D**

Para la ejecución de la primera fase se realizó una investigación relacionada con los tipos de fracturas que pueden presentar en los huesos de las pequeñas especies, esto con el fin de conocer el tipo de placas que se deberían aplicar para ayudar a la reconstrucción del hueso del animal. De acuerdo con la investigación se conoce que existen diversos tipos de placas, por lo que se optó por diseñar 4 tipos de placas mismas que son las más comunes y las que más se han usado en las fracturas que presentan los pacientes.

Para llevar a cabo la impresión de los 4 tipos de placas fue necesario realizar un boceto para cada placa, posterior a ello se realizó el diseño en 3D con la ayuda del software Blender mismo que es utilizado para el modelado, montaje, animación, simulación, etc. de objetos en 3D, es importante mencionar que este es una herramienta gratuita y de código abierto por lo que es fácil encontrar apoyo para cumplir con el diseño. Al finalizar la elaboración de diseños fue necesario buscar una impresora 3D dentro de la ciudad de Cuenca para ejecutar la impresión de cada diseño y así poder cumplir con cada objetivo antes descrito.

### **3.7.2. Fase 2: Pruebas de resistencia**

Durante la ejecución de esta fase se utilizó la entenalla misma que permitió medir la resistencia de cada placa impresa en 3D, ya que al colocar la placa en la herramienta se ejerce una presión para comprobar si el material utilizado en la impresión es lo bastante resistente para tolerar la fuerza del taladro quirúrgico mismo que se utilizara durante la fase 3.

### **3.7.3. Fase 3: Fijación de las Placas 3D en los huesos impresos**

Para la ejecución de esta fase fue necesario disponer de huesos impresos en 3D para realizar la simulación de fracturas y posterior a ello colocar la placa correspondiente a la fractura. Los materiales que fueron necesarios durante esta fase son: taladro quirúrgico, brocas, guía de broca, sierra, tornillos, entenalla, pinzas de hipófisis, separadores y destornilladores; mismos que sirvieron para simular la fractura, sujetar el hueso y fijar la placa en la fractura. Cabe mencionar que dentro de este proceso es importante sujetar de manera correcta el hueso y la placa para que estos queden colocados de manera adecuada.

## CAPITULO 4

En este ítem indica y se documenta los resultados y porcentajes de las encuestas realizadas.

### 4 RESULTADOS

En la presente investigación se aplicaron 60 encuestas mismas que se encuentran divididas en tres grupos, los cuales están fraccionados de la siguiente manera:

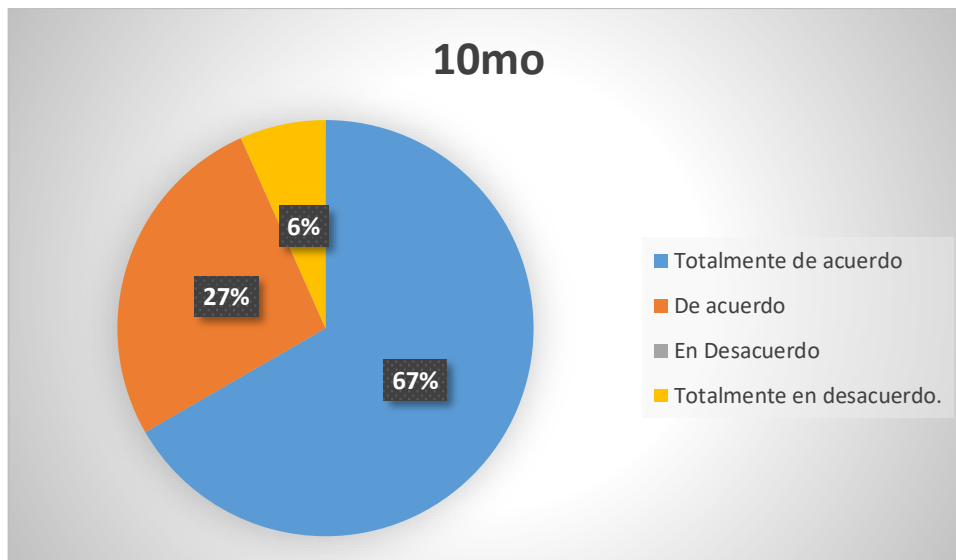
**Tabla No 3:** Total Encuestas aplicadas

Total, Encuestas	10mo	9no	8vo
<b>60</b>	<b>15</b>	<b>28</b>	<b>17</b>

El análisis estadístico de las encuestas aplicadas se evaluó de acuerdo con cada pregunta realizada. Esto con el fin de conocer cuál es la opinión de los estudiantes sobre las placas impresas en 3D, es por ello que se decidió tomar los resultados de cada ciclo y finalmente contabilizar todas las respuestas. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en cada pregunta.

1. ¿El modelo de placas impresas en 3D facilitaría la resolución de fracturas ortopédicas de pequeñas especies?

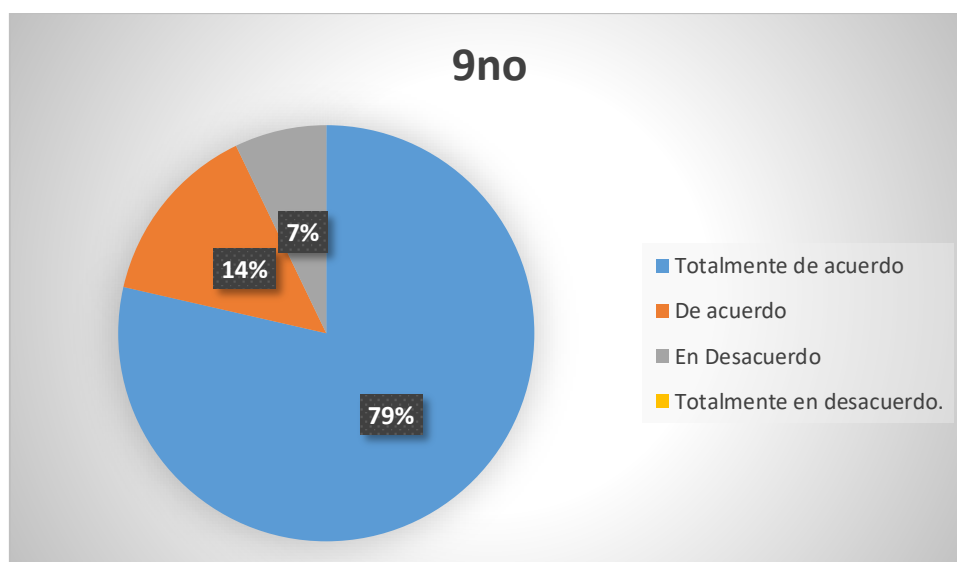
En la figura No.8 se indica el resultado de 15 estudiantes del 10mo ciclo de Medicina Veterinaria, en el cual se observa que 14 estudiantes equivalentes al 94% da una respuesta positiva, por lo cual decimos que están de acuerdo con la pregunta realizada y 1 estudiante equivalente al 6% está en desacuerdo.



**Figura No 8:** Resultado del 10mo Ciclo de la primera pregunta

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 9 se visualizan los porcentajes de resultados de la primera pregunta de los estudiantes del 9no ciclo de Medicina Veterinaria; estos porcentajes indican que aproximadamente el 93% de estudiantes están de acuerdo con la pregunta establecida y el 7% indican estar en desacuerdo con la pregunta relacionada a la resolución de fracturas.

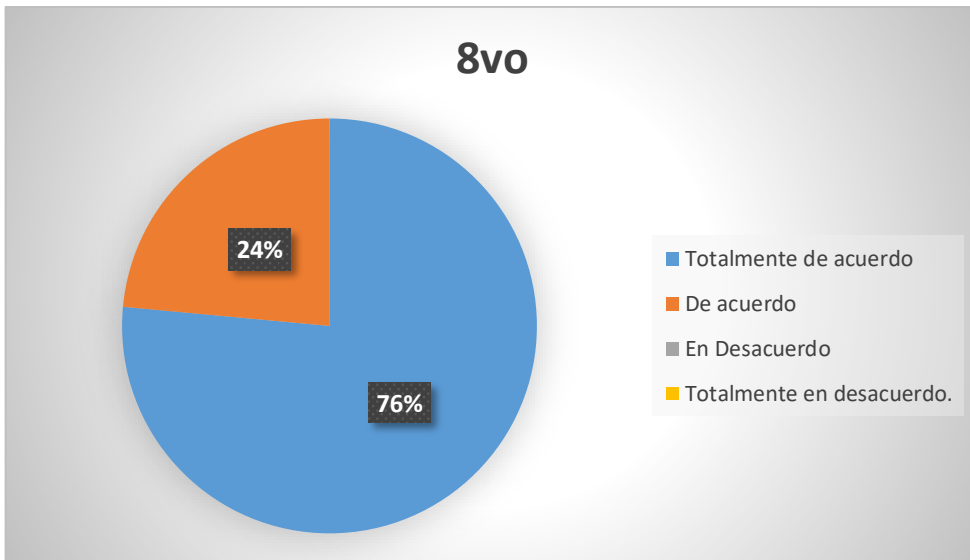


**Figura No 9:** Resultado del 9mo Ciclo de la primera pregunta

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 10 se presenta el resultado de los 17 estudiantes del 8vo ciclo de Medicina Veterinaria, mismos que indican que las placas impresas en 3D si

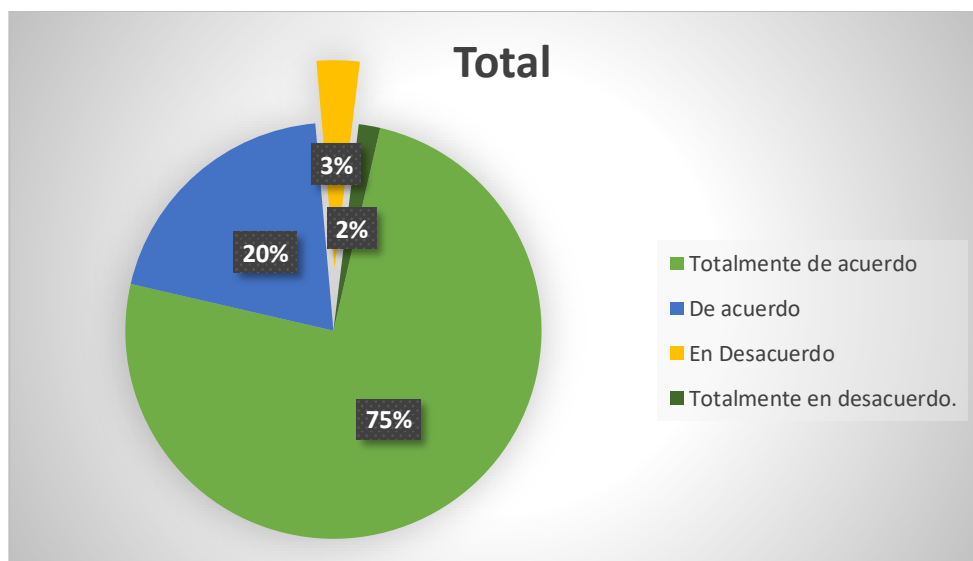
ayudan a facilitar la resolución de las fracturas, ya que el 100 % de estudiantes respondieron positivamente a la pregunta realizada.



**Figura No 10:** Resultado del 8vo Ciclo de la primera pregunta

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 11 se muestra el porcentaje total de los 60 estudiantes encuestados, en el cual se observa que el 95% de estudiantes consideran que las placas 3D ayudan a la resolución de fracturas de las pequeñas especies y el 5% está en desacuerdo; por lo tanto, se puede afirmar que 57 estudiantes de 60 están de acuerdo con los beneficios que puede brindar la tecnología 3D.

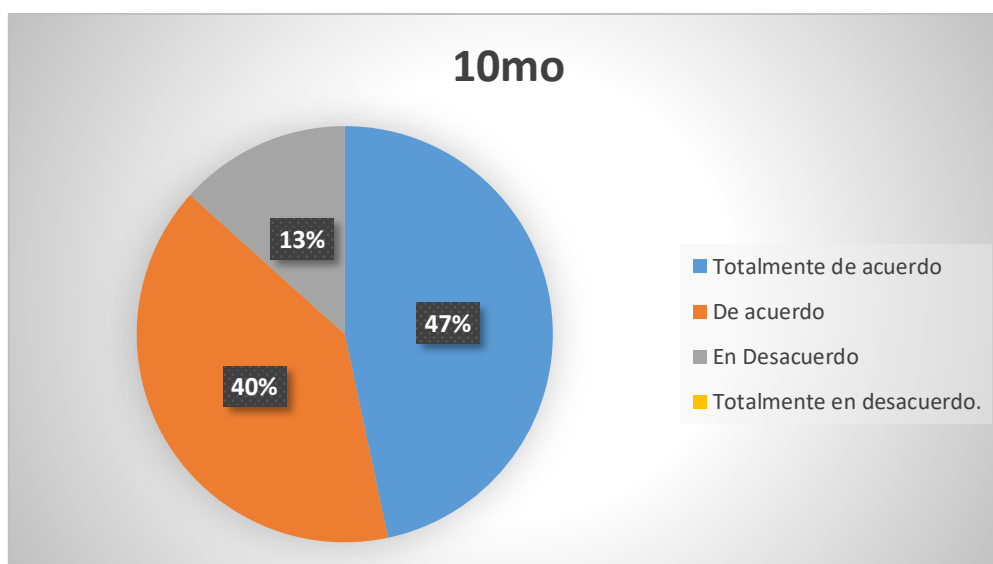


**Figura No 11:** Resultado total de los 60 encuestados de la primera pregunta

Fuente: Elaboración Propia

2. ¿Las placas impresas en 3D son didácticas y fáciles de utilizar?

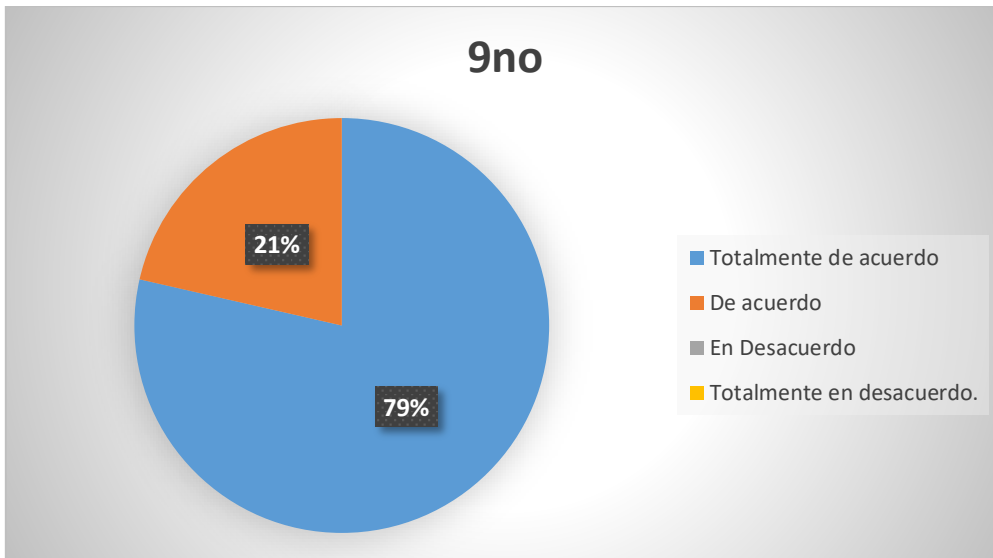
En la figura 12 se observa que el 87% de estudiantes considera que las placas didácticas impresas en 3D serán fáciles de manejar, mientras que el 13% indican estar en desacuerdo, ya que piensan que el uso de placas 3D tienen su grado de dificultad.



**Figura No 12:** Resultado del 10mo Ciclo de la segunda pregunta

Fuente: Elaboración Propia

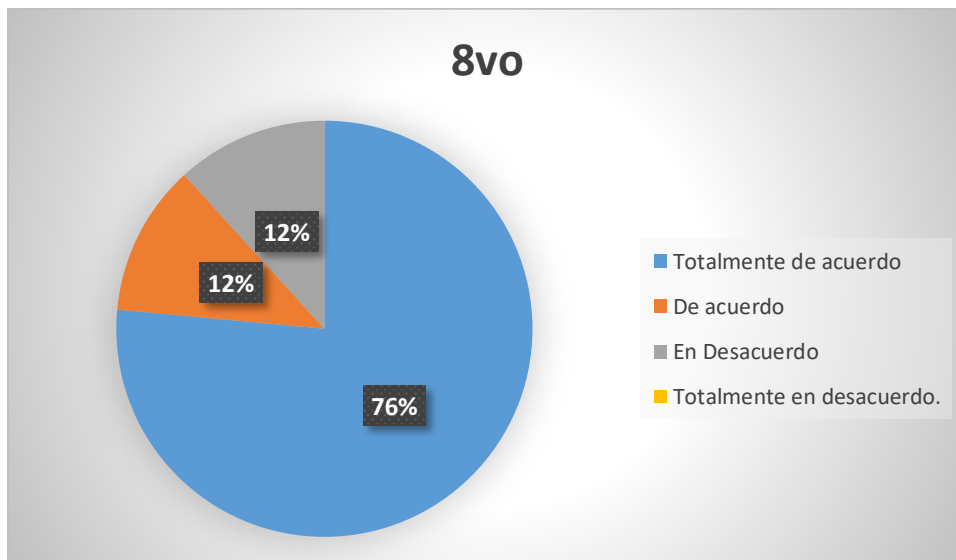
En la figura 13 se presentan los resultados obtenidos de los estudiantes del 9no ciclo de Medicina Veterinaria, en el cual se observa que el 100% de encuestados están de acuerdo con la presente investigación, puesto que consideran que las placas didácticas impresas en 3D serán fáciles de utilizar.



**Figura No 13:** Resultado del 9no Ciclo de la segunda pregunta

Fuente: Elaboración Propia

En la figura Nro. 14 se presentan los porcentajes de los resultados obtenidos de la encuesta aplicada a los estudiantes del 8vo ciclo de Medicina Veterinaria. En estos porcentajes se analiza que aproximadamente el 88% de encuestados piensan que las placas didácticas son de fácil manejo mientras que el 12% cree que las placas didácticas no son de fácil manejo, puesto que tendrán que identificar diferentes tipos de placas.

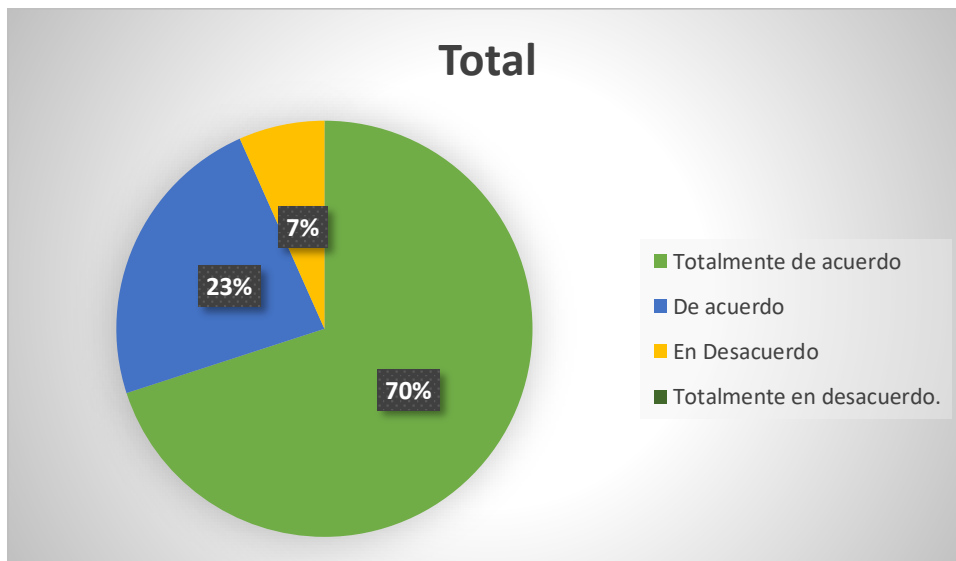


**Figura No 14:** Resultado del 8vo Ciclo de la segunda pregunta

Fuente: Elaboración Propia

En la figura Nro. 15 se presenta el resultado total de los 60 estudiantes encuestados, del cual se analiza que aproximadamente el 93% de encuestados

considera que las placas didácticas impresas en 3D son de fácil manejo, mientras que el 7% consideran que las placas impresas tendrán un grado de complejidad al momento de usarlas.

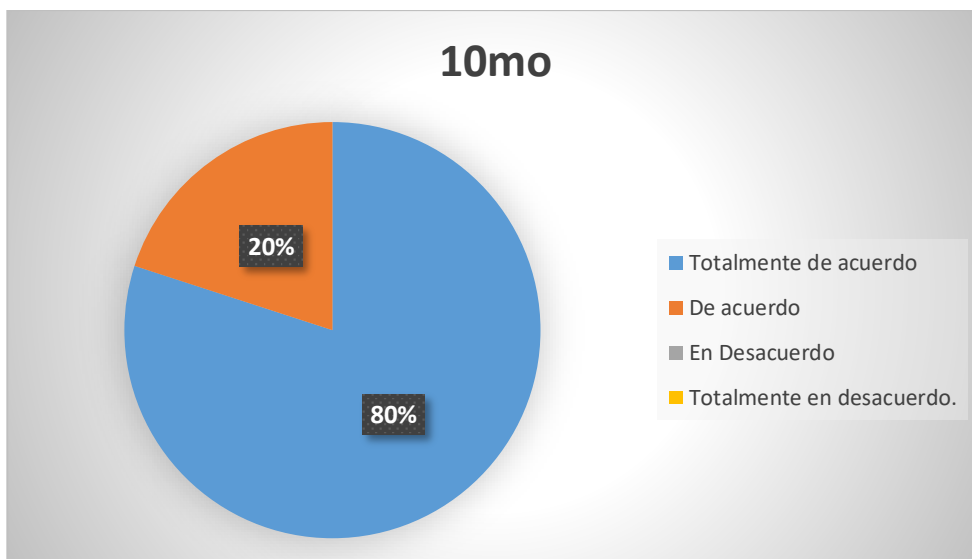


**Figura No 15:** Resultado total de los 60 encuestados de la segunda pregunta

Fuente: Elaboración Propia

3. ¿Cree usted que las placas impresas en 3D son útiles para el estudio de las fracturas de huesos?

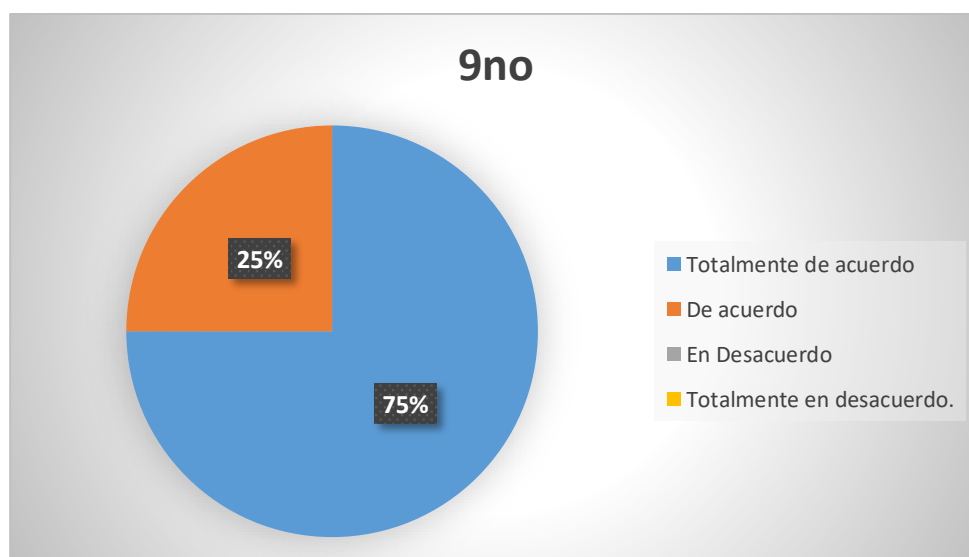
En la figura Nro. 16 se exponen los resultados de la pregunta aplicada a los estudiantes del 10mo ciclo de Medicina Veterinaria, en donde se observa que el 100% de encuestados considera que las placas didácticas impresas en 3D ayudaran a mejorar su calidad de estudio, puesto que será de mucha utilidad aprender a detalle los tipos de placas que se usan en los diferentes tipos de fracturas.



**Figura No 16:** Resultado del 10mo Ciclo de la tercera pregunta

Fuente: Elaboración Propia

En la figura Nro. 17 se presentan los resultados de la pregunta aplicada a los estudiantes del 9no ciclo de Medicina Veterinaria. En donde se analiza que el 100% de estudiantes encuestados consideran que las placas impresas en 3D ayudarán a su educación, ya que obtendrán experiencia en el manejo de los tipos de placas que se usan en las fracturas.

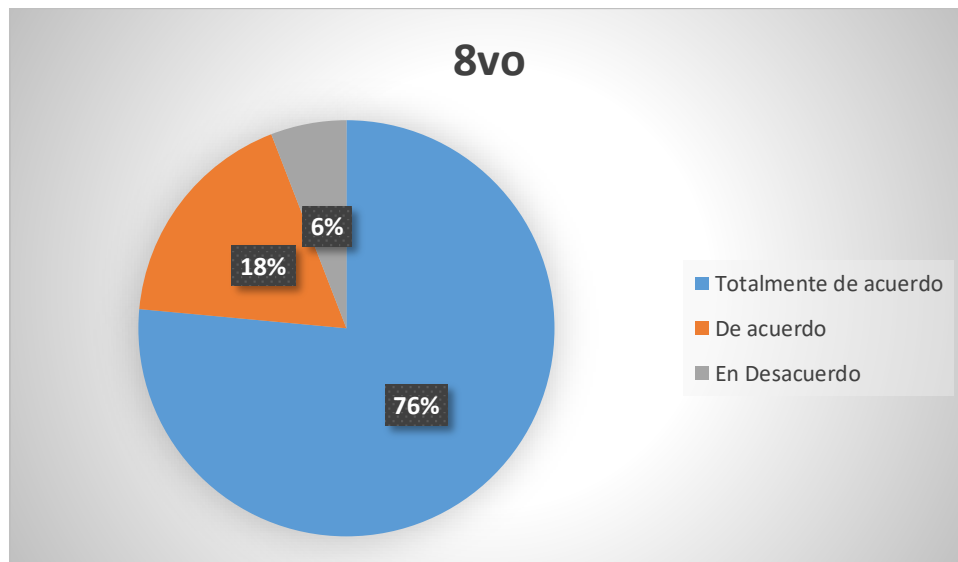


**Figura No 17:** Resultado del 9no Ciclo de la tercera pregunta

Fuente: Elaboración Propia

En la figura Nro. 18 se exhiben los porcentajes obtenidos de la pregunta aplicada a los estudiantes del 8vo ciclo, en la cual se analiza que el 94% de encuestados consideran y mencionan que será gran ayuda utilizar placas

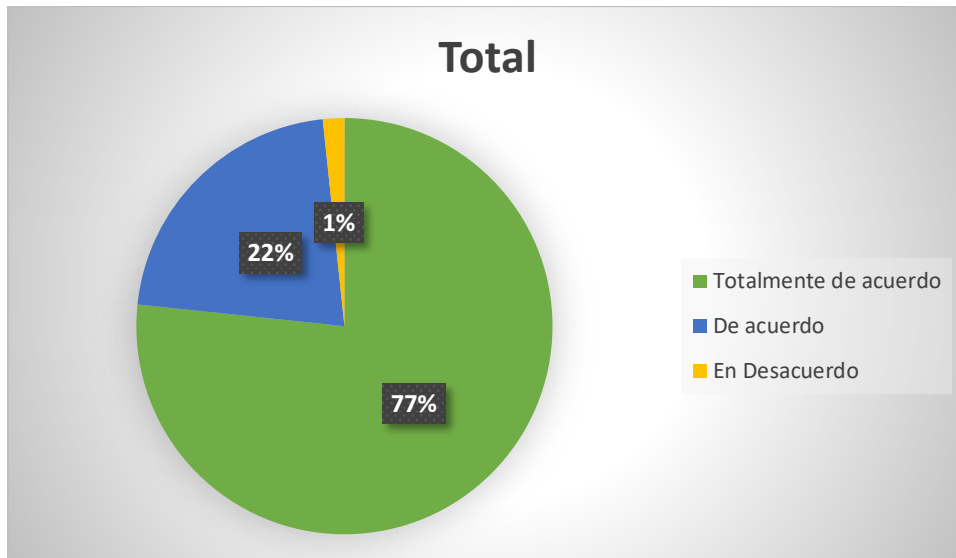
didácticas, ya que les ayudará en su carrera profesional. Mientras que el 6% de encuestados considera que las placas didácticas impresas en 3D no será de mucha utilidad, puesto que hasta ahora no han realizado practicas con esta herramienta.



**Figura No 18:** Resultado del 8vo Ciclo de la tercera pregunta

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 19 se observa los resultados obtenidos de los 60 estudiantes encuestados, en donde se examina que el 99% de estudiantes consideran que la presente investigación es de gran utilidad para sus estudios, ya que será una herramienta de apoyo para identificar los tipos de placas que se usa en las diferentes fracturas. El 1% cree que las placas didácticas impresas en 3D no serán de gran utilidad en sus estudios, puesto que no se han realizado prácticas.

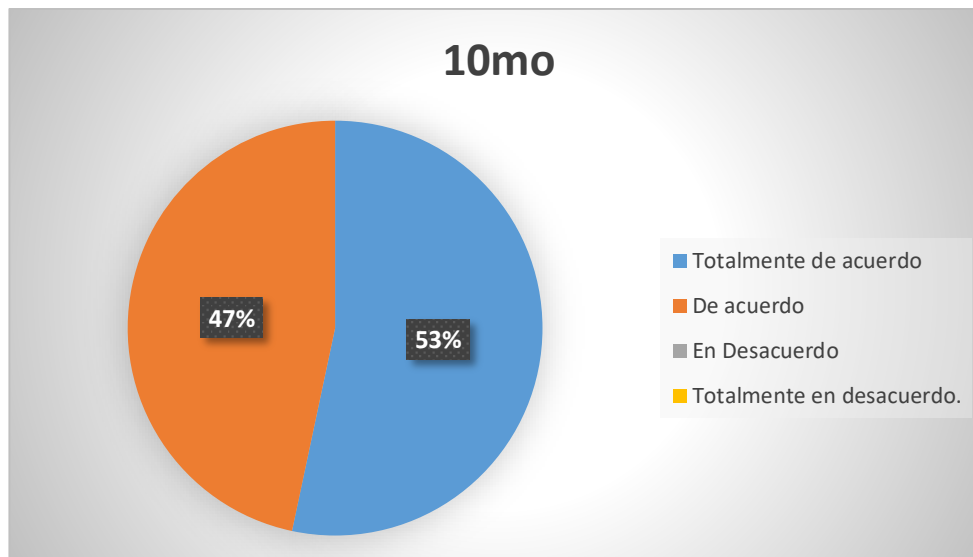


**Figura No 19:** Resultado total de los 60 encuestados de la tercera pregunta

Fuente: Elaboración Propia

4. ¿Cree que los modelos de placas impresas en 3D son similares a las placas que se usan cirugías reales ortopédicas de pequeñas especies?

En la figura Nro. 20 se muestran los resultados de la pregunta aplicada a los estudiantes del 10mo ciclo de Medicina Veterinaria. En el cual se observa que el 100% de encuestados cree que las placas impresas en este proyecto son similares a las placas de titanio que se usan dentro de las cirugías.

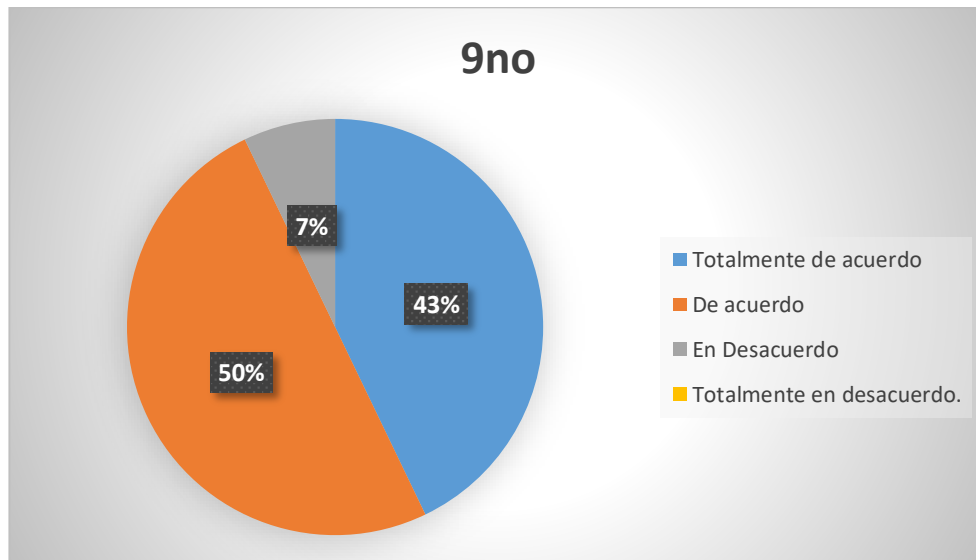


**Figura No 20:** Resultado del 10mo Ciclo de la cuarta pregunta

Fuente: Elaboración Propia

En la figura Nro. 21 se exponen los resultados de la pregunta aplicada a los estudiantes del 9no ciclo de Medicina Veterinaria. En donde se observa que el

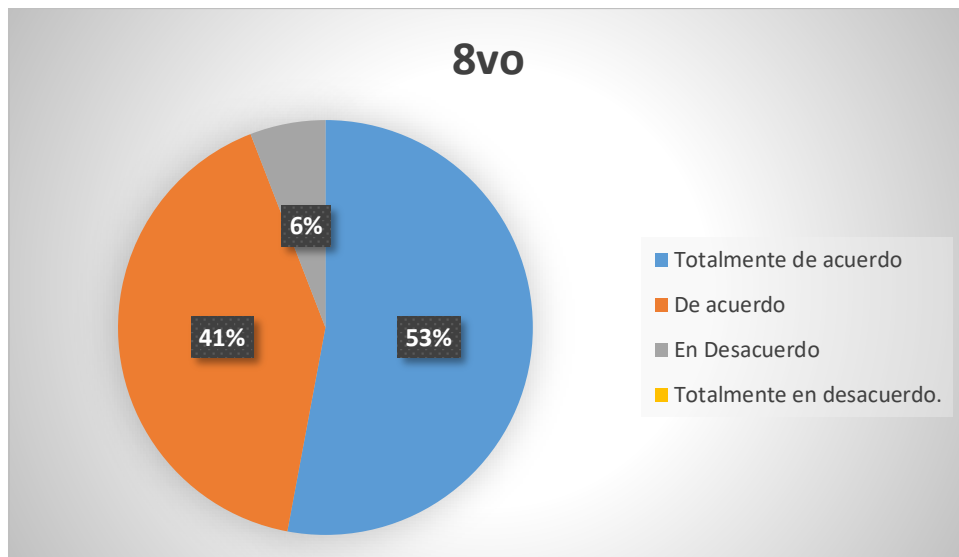
93% de encuestados cree que las placas impresas presentadas son muy parecidas a las placas 3D que se utilizan en las cirugías de pequeñas especies. Mientras que el 7% considera que las placas presentadas no son similares por el tamaño y por el material que estas tienen.



**Figura No 21:** Resultado del 9no Ciclo de la cuarta pregunta

Fuente: Elaboración Propia

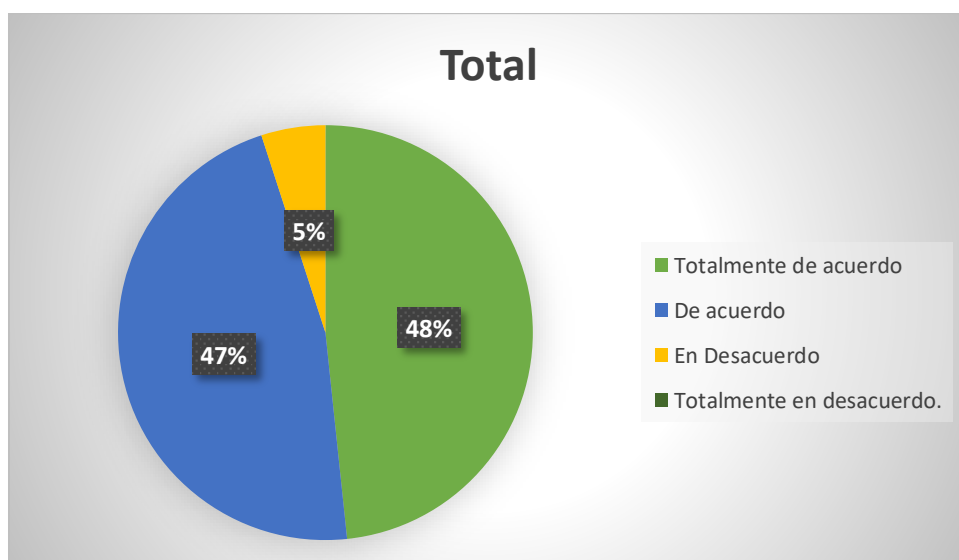
En la figura Nro. 22 se presentan los resultados obtenidos de los estudiantes del 8vo ciclo de Medicina Veterinaria. En donde se examina que aproximadamente el 94% de encuestados, señalan estar de acuerdo con la pregunta realizada, ya que consideran que las placas impresas en este proyecto son similares a las placas que comúnmente se utiliza en las cirugías, en cuento al 6% de encuestados indican que las placas impresas no son similares, pues estas tienen una dimensión más pequeña.



**Figura No 22:** Resultado del 8vo Ciclo de la cuarta pregunta

Fuente: Elaboración Propia

En la figura Nro. 23 se observa el resultado total de los 60 encuestados, en donde se analiza que el 95% de encuestados considera que las placas impresas en este proyecto son muy similares a las placas que se usan en las cirugías de pequeñas especies. El 5% cree que las placas impresas dentro de este proyecto no son similares, puesto que la dimensión utilizada para la impresión no es la correcta.

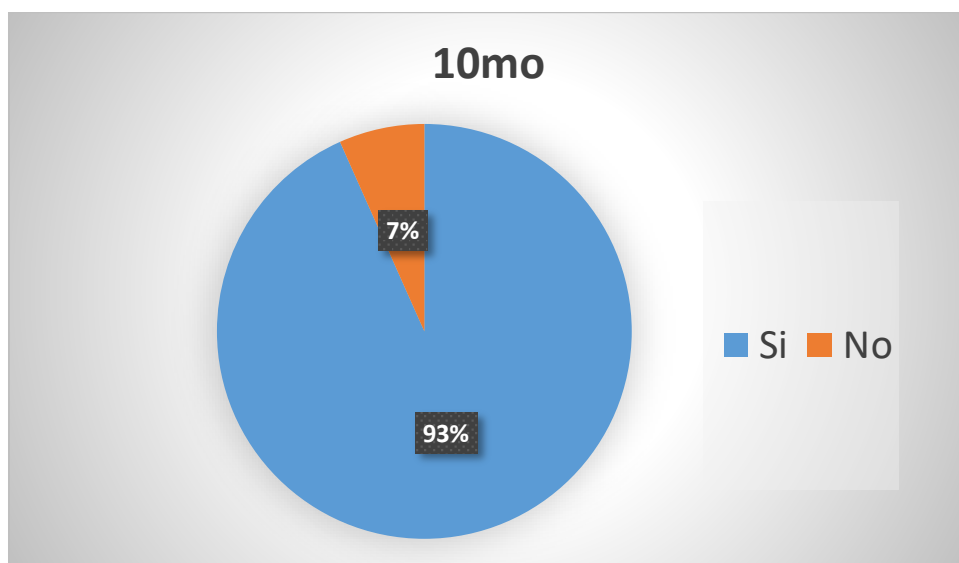


**Figura No 23:** Resultado total de los 60 encuestados de la cuarta pregunta

Fuente: Elaboración Propia

5. ¿Le gustaría que las placas impresas en 3D sean para todo tipo de fracturas en diferentes huesos?

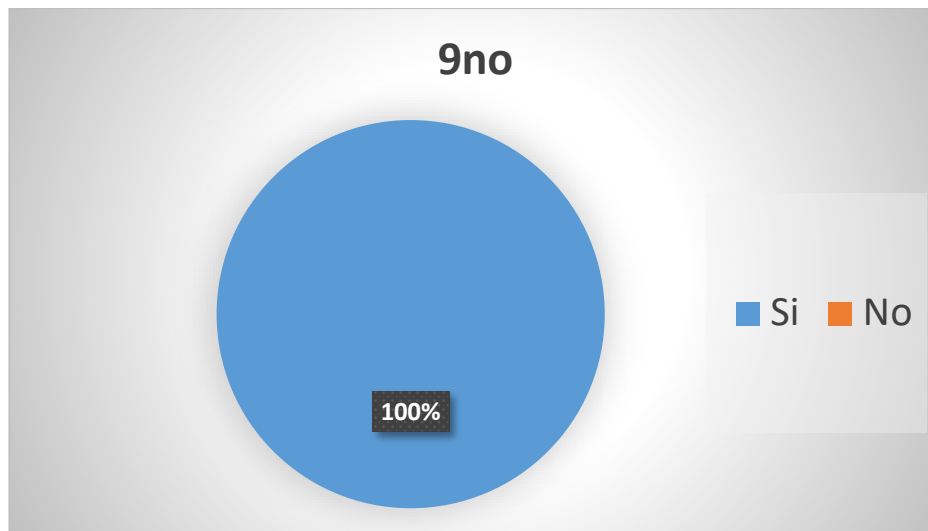
En la figura Nro. 24 se presentan los resultados de la pregunta aplicada a los estudiantes del 10mo ciclo de Medicina Veterinaria, en donde se identifica que el 93% de encuestados consideran necesario imprimir todos los tipos de placas en 3D, puesto que ayudara a reforzar su aprendizaje. El 7% menciona que no es necesario imprimir todos los tipos de placas, porque les resultaría complicado aprender todos los tipos de placas, consideran que es necesario empezar por el estudio de las placas más comunes.



**Figura No 24:** Resultado del 10mo Ciclo de la quinta pregunta

Fuente: Elaboración Propia

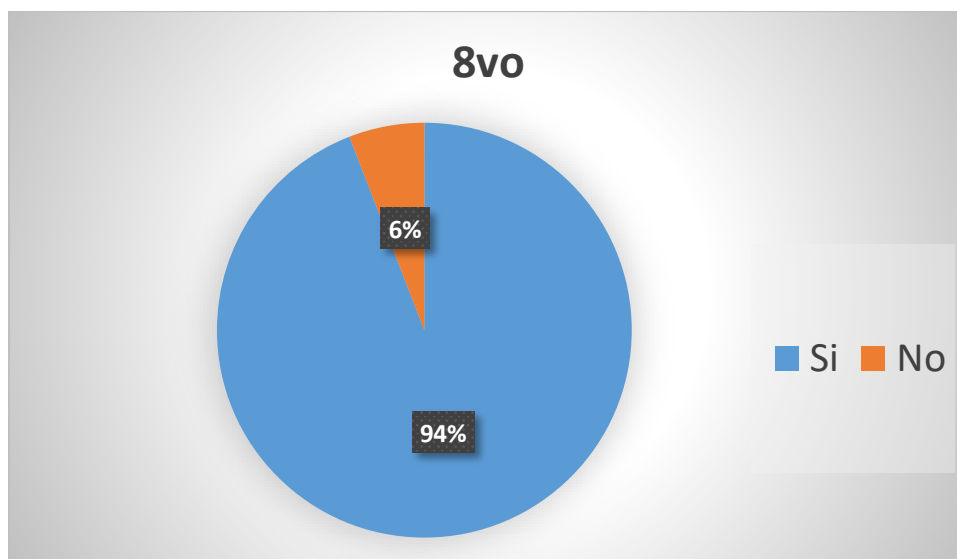
En la figura Nro. 25 se presentan los resultados de los estudiantes encuestados del 9no ciclo en donde se examina que el 100% de encuestados considera importante el aprendizaje de los tipos de placas que se aplican en las diferentes fracturas.



**Figura No 25:** Resultado del 9no Ciclo de la quinta pregunta

Fuente: Elaboración Propia

En la figura Nro. 26 se observa el resultado de la encuesta aplicado a los estudiantes del 8vo ciclo. En donde se analiza que aproximadamente al 94% de encuestados les gustaría que se impriman todos los tipos de placas, ya que esta herramienta ayudara a reforzar su aprendizaje. El 6% considera que no es necesario imprimir todos los tipos de placas, puesto que no llegaran a estudiar en detalle todos los tipos de placas.

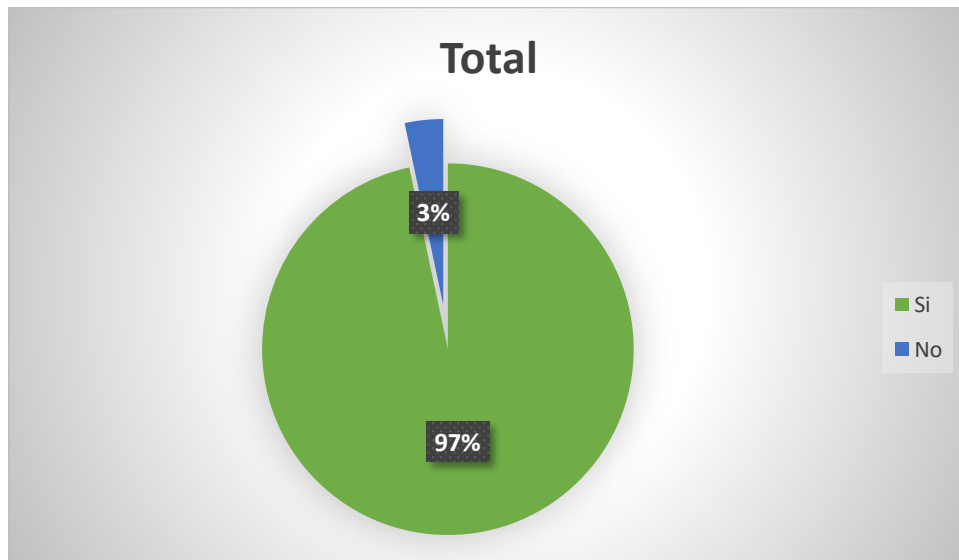


**Figura No 26:** Resultado del 8vo Ciclo de la quinta pregunta

Fuente: Elaboración Propia

En la figura Nro. 27 se expone el resultado total de los 60 estudiantes encuestados, en donde se indica que aproximadamente el 97% de encuestados

consideran importante realizar la impresión en 3D de todos los tipos de placas, puesto que es una herramienta de gran utilidad para reforzar su aprendizaje. El 3% menciona que para ellos no es de gran importancia que se impriman todos los tipos de placas, ya que no llegarían a estudiar todas las placas.

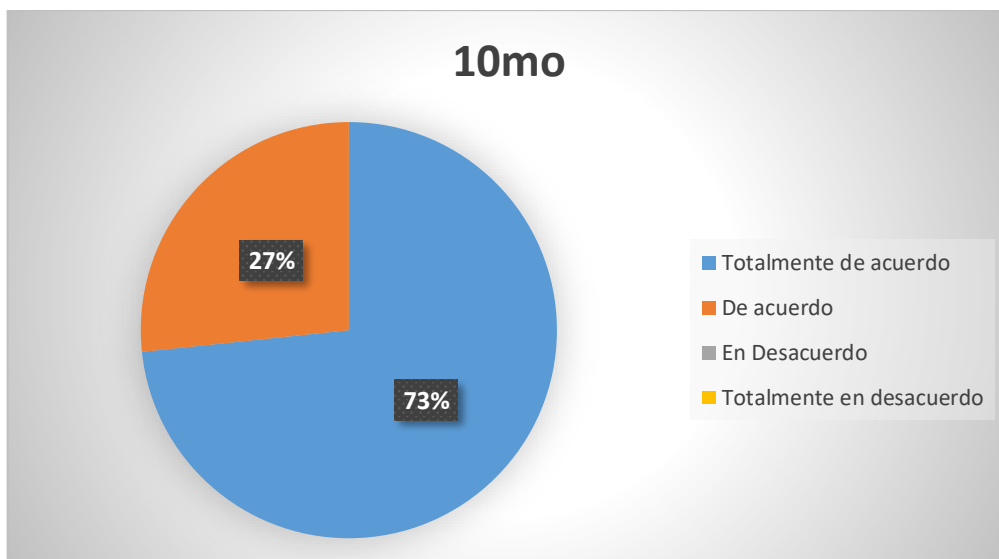


**Figura No 27:** Resultado total de los 60 encuestados de la quinta pregunta

Fuente: Elaboración Propia

6. De acuerdo con su conocimiento cree que las placas impresas en 3D son de ayuda para reforzar el aprendizaje en un mejor manejo del paciente pre y post quirúrgico.

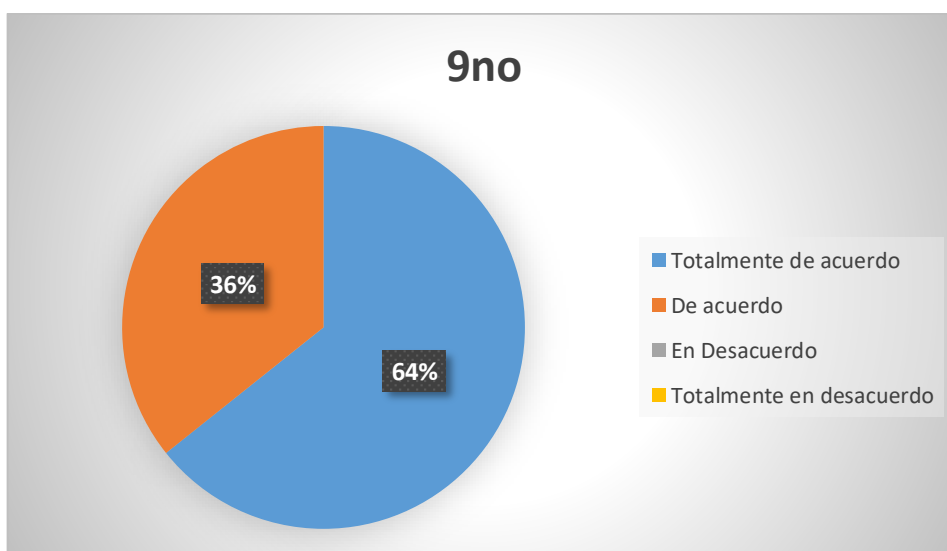
En la figura Nro. 28 se presenta los resultados de los estudiantes encuestados del 10mo ciclo de Medicina Veterinaria, en donde se observa que el 100% de encuestados considera que las placas impresas dentro de este proyecto serán de gran utilidad para reforzar el aprendizaje y sobre todo para identificar los tipos de placas que se usan en las diferentes fracturas.



**Figura No 28:** Resultado del 10mo Ciclo de la sexta pregunta

Fuente: Elaboración Propia

En la figura Nro. 29 se exhibe los porcentajes de los resultados obtenidos de la pregunta aplicada a los estudiantes del 9no ciclo. En donde se examina que el 100% de encuestados creen que la presente investigación será de mucha ayuda para reforzar sus conocimientos y tener un aprendizaje más eficiente que le permitirá crecer profesionalmente.

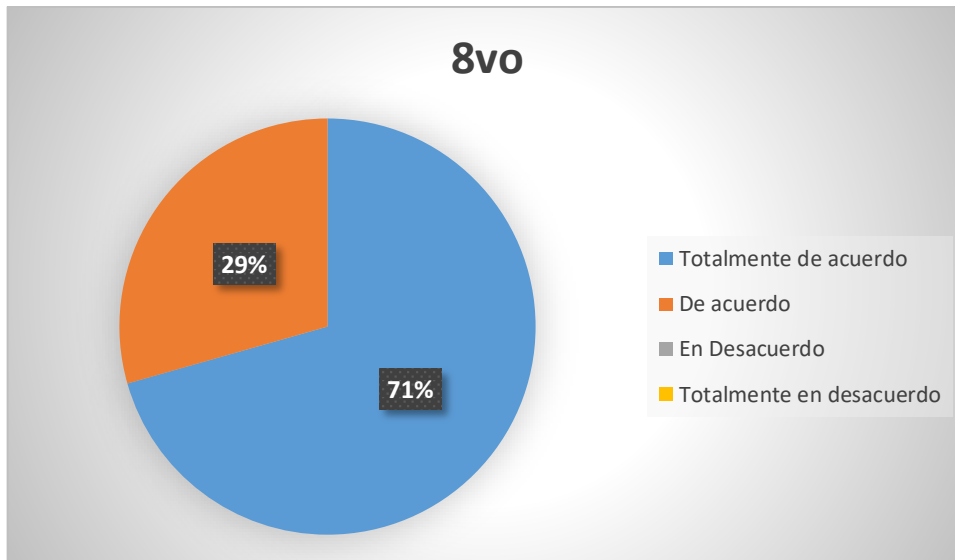


**Figura No 29:** Resultado del 9no Ciclo de la sexta pregunta

Fuente: Elaboración Propia

En la figura Nro. 30 se presenta los resultados obtenidos de la pregunta aplicada a los estudiantes del 8vo ciclo. En donde se indica que el 100% de encuestados consideran que las placas impresas en 3D serán de gran utilidad y

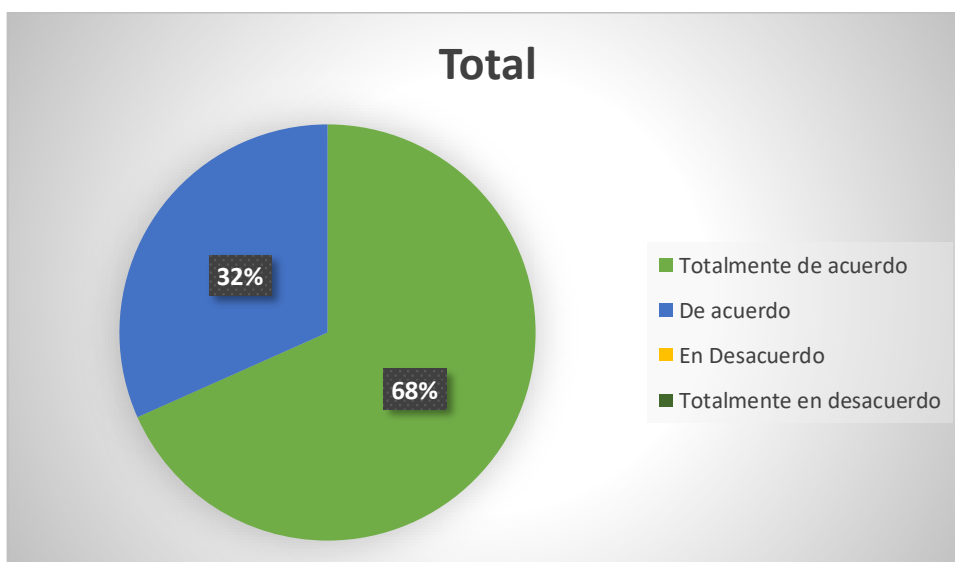
apoyo para sus prácticas y también creen que una herramienta que permite reforzar sus conocimientos en cirugías ortopédicas de pequeñas especies.



**Figura No 30:** Resultado del 8vo Ciclo de la sexta pregunta

Fuente: Elaboración Propia

En la figura Nro. 31 se presenta el resultado total de los 60 encuestados en donde se visualiza que el 100% de encuestados piensa que las placas que se imprimieron en el presente proyecto serán de gran utilidad para su aprendizaje, puesto que podrán realizar prácticas que permitan la fijación correcta de la placa en la fractura.



**Figura No 31:** Resultado total de los 60 encuestados de la sexta pregunta

Fuente: Elaboración Propia

## CAPÍTULO 5

### 5.1 Discusión

Hoy en día los diseños e impresiones en 3D se realizan a partir de una fotografía digital o desde una tomografía computarizada, ya que mediante la digitalización de objetos se pueden realizar modificaciones o ajustes de dimensiones, colores, formas y estilos del objeto que se requiere imprimir. En el campo de la medicina, las impresiones en 3D son formadas mediante una tomografía computarizada porque esta permite reducir la dimensión del objeto, con el fin de cumplir pruebas de perforación, fijación de placas y tornillos y así determinar si el objeto ayudara en la salud del paciente. En el estudio elaborado por, (Scheuermann DVM, Kim BVSc, Lewis DVM, Johnson, & Biedrzycki BVSc, 2022), mismos, que señalan que la fijación de placas 3D suelen ser más precisas cuando se hace uso de placas pre contorneadas, lo cual es independiente del tamaño y dimensión de la placa. Dentro de este proyecto no se hizo una reducción de medidas para la impresión de las placas, ya que se consideró utilizar el tamaño y dimensión de un hueso real con el fin de corroborar si existe algún cambio al momento de fijar la placa.

Los perros de razas pequeñas son más propensos a presentar la enfermedad conocida como inestabilidad atlantoaxial, misma que puede ser detectada radiológicamente, esta enfermedad puede llegar a causar dolor o cambios en el caminar. Con el fin de mejorar la salud de estos animales se han realizado diferentes estudios con la tecnología 3D, misma que ha permitido diseñar plantillas de guía de perforación y placas de osteosíntesis para determinar el impacto que esta herramienta puede tener en los perros que presentan inestabilidad atlantoaxial. Mediante la investigación titulada “Clinical application of 3D printing technology to the surgical treatment of atlantoaxial subluxation in small breed dogs” se confirmó que la tecnología 3D es de gran ayuda en la salud de los animales, puesto que en esta investigación aplicaron placas de osteosíntesis para la estabilización de la columna vertebral de los perros que padecían dicha enfermedad (Hiroaki , et al., 2019). Este proyecto se centra en los beneficios que puede traer la tecnología 3D en la salud del animal y en el área académica, es por ello que se realiza el diseño e impresión de placas 3D

para posteriormente usarlas como herramienta didáctica para la identificación del tipo de placas que se usan en las diferentes fracturas.

Hoy en día la tecnología 3D se ha convertido en una herramienta importante dentro de la medicina veterinaria debido al impacto positivo y a los beneficios que ha generado en varias investigaciones enfocadas a mejorar la salud del animal. El estudio título “A 3-dimensional-printed patient-specific guide system for minimally invasive plate osteosynthesis of a comminuted mid-diaphyseal humeral fracture in a cat” realizado por (Oxley MA, 2018) se centra en la impresión 3D de un sistema de guía de reducción específico mismo que es utilizado intraoperatoriamente para alinear los fragmentos de la fractura dando como resultado una alineación ósea correcta y sobre todo una recuperación sencilla del paciente lo cual ayudara a mejorar su salud. El presente proyecto se enfocó en la impresión de placas 3D, mismas que son usadas para ayudar a la reconstrucción del hueso y que serán usadas como herramienta didáctica para el estudio académico de los estudiantes del área de medicina veterinaria, ya que les ayudara a identificar y fijar las placas de manera correcta.

En la actualidad los implantes y las placas impresas en 3D han demostrado ser un recurso útil e importante en la reconstrucción de casos postraumáticos y en cirugías de deformidades. Estas herramientas se han convertido en recursos significativos no solo por el impacto positivo que han generado, sino por el procedimiento de diseño e impresión que hay que considerar, ya que es fundamental conocer a detalle la estructura anatómica que tiene el paciente con el fin de facilitar la fijación y estabilidad que debe tener el implante o la placa (Suojanen, Leikola, & Stoor, 2016). El diseño de placas 3D realizado en este proyecto se realizó de manera individual, ya que se considerando la estructura ósea de los diferentes huesos, con el fin de facilitar la fijación de la placa en la fractura.

Las investigaciones enfocadas en la tecnología 3D han permitido conocer los beneficios que esta herramienta ofrece al campo de la medicina humana y veterinaria, ya que en estos dos ambientes se ha podido observar el apoyo que brinda en la calidad de vida del paciente. Los autores (Carwardine , Gosling , Burton , O'Malley , & Parsons, 2021), mencionan y confirman que las guías de reposicionamiento de osteotomía y las placas impresas en 3D ayudan a corregir

de manera precisa diferentes tipos de deformidades, así como también en la reconstrucción de huesos. Este proyecto de investigación se centró en el uso de la tecnología 3D para demostrar cómo ha evolucionado la tecnología en el área de la medicina veterinaria y como esta se puede servir de apoyo en el campo académico.

## **5.2 CONCLUSIONES**

En esta sección se finalizará con las conclusiones y recomendaciones de acuerdo con las pruebas que se realizaron con las placas y huesos impresos en 3D.

Para el desarrollo del presente proyecto fue necesario realizar una investigación para realizar el diseño, impresión y pruebas de las placas 3D, con la finalidad de evaluar la resistencia del material, el tamaño de las placas y la fijación de la placa en el hueso. Los cuatro tipos de placas que se imprimieron en este proyecto se usaron para las pruebas de fijación, mismas que se realizaron en las instalaciones de la Universidad Católica de Cuenca.

Para realizar las pruebas de fijación de la placa en el hueso fracturado, se utilizó la entenalla como herramienta de sostén, ya que permitió sujetar fijamente cada hueso que se taladró, este instrumento ayudo a mantener el hueso en una posición correcta para realizar la fijación de la placa 3D, sin causar danos al alrededor del hueso. También fue necesario hacer uso de otras herramientas como son: talador quirúrgico, brocas, tornillos, destornilladores y pinzas de hipófisis, mismas que sirvieron para completar la fijación de la placa en el hueso fracturado.

De acuerdo con las encuestas aplicadas a los estudiantes de los últimos ciclos de medicina veterinaria, se corrobora que el presente proyecto será de gran apoyo como herramienta didáctica de identificación de placas para diferentes tipos de huesos y fracturas.

Finalmente, concluimos que el material y la dimensión utilizada para la impresión de las placas 3D es resistente y se acerca mucho a la calidad y tamaño de una placa 3D real.

### **5.3 RECOMENDACIONES**

Para realizar la impresión de objetos en 3D es importante elaborar un diseño digital en el programa adecuado, ya que este permitirá realizar los ajustes o modificaciones necesarios de acuerdo con la necesidad del caso.

Se recomienda realizar estudios de investigación en diferentes especies, fracturas y deformaciones en los que se haga uso de la tecnología 3D con el fin de determinar los beneficios que esta tecnología puede llegar a ofrecer en el campo de la medicina veterinaria.

## XI. BIBLIOGRAFÍA

### Bibliografía

- A. Combalía, A., S. García, R., J. M. Segur, V., & R. Ramón, S. (s.f.). Fracturas abiertas (I): evaluación inicial y clasificación. *ELSEVIER*, 8. Obtenido de <https://www.elsevier.es/es-revista-medicina-integral-63-articulo-fracturas-abiertas-i-evaluacion-inicial-15354>
- Álvarez, H., Urbán, D., Castellanos, J. R., Padilla, F. J., Velázquez, A., & De la Torre, J. F. (2016). La electroeyaculación en aves : una alternativa para la conservación ex situ. *Memorias de Resúmenes*, 3, págs. 126-128. Yukatán: Revista Mexicana de Agroecosistemas.
- Arieta, R. d., Fernández, J. A., & Menchaca, J. (2014). Métodos de extracción de semen Bovino. *Revista electrónica de Veterinaria*, 15(6), 1-8.
- Atikuzzaman, M. (2016). *Seminal Influence on the Oviduct: Mating and/or semen components induce gene expression changes in the pre-ovulatory functional sperm reservoir in poultry and pigs*. Tesis Doctoral, Linköping University Medical Dissertations. Obtenido de <https://liu.diva-portal.org/smash/get/diva2:1047216/FULLTEXT01.pdf>
- Ávila, L. M., Madero, J. I., López, C., León, M. F., Acosta, L., Gómez, C., . . . Reguero, M. T. (2006). Fundamentos de criopreservación. *Revista Colombiana de Obstetricia y Ginecología*, 57(4), 291-300. Obtenido de <https://revista.fecolsog.org/index.php/rcog/article/view/468/513>
- Barriere, L., Melara, R., & Lazo, F. (2014). Prototipo de electro-eyeculador para aves en peligro de extinción en El Salvador. *Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)*, 19(26), 12-17. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10972/2375>
- Barrios, D. R. (1998). Consideraciones básicas acerca de la extracción de semen de toros mediante electroeyaculador. Venezuela. Obtenido de [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/inseminacion\\_artificial/95-electroeyaculador.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/95-electroeyaculador.pdf)
- Bernardi, S. F., Allende, R., Mazzeo, R., Monti, J., & Marini, P. R. (2011). Evaluación de los cambios ocasionados en espermatozoides bovinos por variaciones en el manejo de las dosis durante su manipulación en inseminación artificial. *In Vet*, 13(2), 25-38.
- Berrosteguieta, A. (2005). Características seminales de gallos seleccionados para la reproducción por. *Año LXV*, 40(158), 5-12. Obtenido de <http://www.revistaveterinaria.com.uy/revistas/numero158.pdf#page=5>
- Bertani, A., Mathieu, L., & Chauvin, F. (2016). Fracturas de la pierna en adultos. *ELSEVIER*, 10. doi:[https://doi.org/10.1016/S1286-935X\(16\)79142-8](https://doi.org/10.1016/S1286-935X(16)79142-8)
- Blesbois, E., Grasseau, I., Seigneurin, F., Mignon Grasteau, S., Saint Jalme, M., & Mialon Richard, M. M. (2008). Predictors of success of semen cryopreservation in chickens. *Theriogenology*, 69, 252–261. Obtenido de <file:///C:/Users/Antonio/OneDrive/blesbois2008.pdf>
- Brousset, D., Galindo, F., Valdez, R., Romano, M., & Schuneman, A. (2005). Cortisol en saliva, orina y heces: evaluación no invasiva en mamíferos silvestres. *Revista electrónica*

- veterinaria*, 36(3), 325-337. Recuperado el 15 de Febrero de 2020, de [http://www.ejournal.unam.mx/rvm/vol36\\_03/RVM36308.pdf](http://www.ejournal.unam.mx/rvm/vol36_03/RVM36308.pdf)
- Burrows, W., & Quinn, J. (1936). The Collection of Spermatozoa from the Domestic Fowl and Turkey. *Poultry Science*, 16(1), 1-6.
- Cabrera, P., & Pantoja, C. (2012). Viabilidad espermática e integridad del acrosoma en semen congelado de toros nacionales. *Inv Vet*, 23(2), 192-200. Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v23n2/a09v23n2.pdf>
- Campagne, D. (01 de 2021). *Generalidades sobre las fracturas*. Obtenido de Manual MSD : <https://www.msmanuals.com/es-ec/professional/lesiones-y-envenenamientos/fracturas/generalidades-sobre-las-fracturas>
- Canales TI. (05 de 08 de 202). *Impresión 3D para optimizar planificación quirúrgica*. Obtenido de cANALES: <https://itcomunicacion.com.mx/impresion-3d-para-optimizar-planificacion-quirurgica/>
- Cardona, M. w., Berdugo, J., & Cadavid, A. (2008). Comparación de la concentración espermática usando la cámara de Makler y la cámara de Neubauer. *Actas urológicas españolas*, 32(4), 443-445.
- Carwardine , D., Gosling , M., Burton , N., O'Malley , F., & Parsons, K. (2021). Three-Dimensional-Printed Patient-Specific Osteotomy Guides, Repositioning Guides and Titanium Plates for Acute Correction of Antebrachial Limb Deformities in Dogs. *Vet Comp Orthop Traumatol*. doi:10.1055/s-0040-1709702
- CORPUSLAB Modelos Anatómicos de estudio prequirúrgicos 3D. (2022). *corpuslab*. Obtenido de MODELOS ANATÓMICOS PARA PLANIFICACIÓN QUIRÚRGICA: <https://corpuslab3d.cl/>
- Cumpa, M., & Pomahuali, J. (2009). Evaluación comparativa del ácido ascórbico y del tocoferol sobre la fertilidad de semen de gallo. *Anales científicos*, 70(1), 27-33. Recuperado el 13 de Enero de 2020, de <http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/viewFile/68/67>
- Damerow, G. (2017). *Storey's Guide to Raising Chickens* (Cuarta ed.). (D. Burns, & S. Guare, Edits.) Storey publishing. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=IZpiDgAAQBAJ&pg=PA262&lpg=PA262&dq=urates+in+cock+semen&source=bl&ots=Bb3SrYQ4tO&sig=ACfU3U0EA-20Vn1gej0Gh1nebframXzGuw&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiKw5TaibnoAhWjTN8KHYGiCRMQ6AEwAHoECAoQAQ#v=onepage&q=urates%20in%20cock%>
- Dogliero, A., Rota, A., Mauthe von Degerfeld, M., & Quaranta, G. (2015). Use of computer-assisted semen analysis for evaluation of Rosy-faced lovebird (*Agapornis roseicollis*) semen colled in diferent periods of the year. *Theriogenology*, 83, 103-106.
- Duchi, N. A. (2009). *Calidad seminal, inseminación artificial y crioconservación espermática en el palomo deportivo murciano (Columba livia)*. Tesis de Doctorado en el Área de Fisiología Veterinaria, Universidad de Murcia, Departamento de Fisiología. España, Murcia.

- Duchi, N., Almela, L., Poto, A., & Peinado, B. (2008). Criopreservación de semen de gallo; una alternativa para la recuperación y conservación de la gallina de raza murciana. *In VIII Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica (SEAE)* (págs. 1-5). Bullas: Murcia.
- Ducroc, J., & Lopez, D. (2021). *Diseño y construcción de una placa interna para reducción de fracturas de huesos largos*. Naguanagua: Universidad de Carabobo. Obtenido de <http://mriuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/handle/123456789/7533/jeducroc.pdf?sequence=1>
- Fouad, H. (2019). Effects of the bone-plate material and the presence of a gap between the fractured bone and plate on the predicted stresses at the fractured bone. *ELSEVIER*, 32(7), 8. doi:<https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2010.05.003>
- Garde López, J. J. (2017). *Nuevos y antiguos retos de la espermatología veterinaria*. Cuenca, España: Universidad de Castilla la Mancha.
- Garner, D. L., & Hafez, E. S. (2000). Spermatozoa and seminal plasma. *Reproduction in farm animals*, 96-109.
- Giraldo, O. C. (01 de 11 de 2018). *Generalidades de las fracturas*. Obtenido de eFisioterapia: <https://www.efisioterapia.net/articulos/generalidades-las-fracturas>
- Gómez, C. A. (2013). Evaluación de la efectividad de un electroeyaculador experimental comparado a uno de marca comercial en ovinos. (*Bachelor s thesis, Quito: UCE*), 1-93.
- Google Maps. (11 de Diciembre de 2022). *Google Maps*. Obtenido de <https://www.google.com.ec/maps/place/Unidad+Acad%C3%A9mica+de+Agricultura,+Silvicultura,+Pesca+y+Veterinaria+de+la+Universidad+Cat%C3%B3lica/@-2.8813388,-78.9591341,698m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x91cd176239129c7b:0xf1e0dff85324a376!8m2!3d-2.8813541!4d-78>.
- Gruet, F., Seewald, W., & Rey, J. (2011). Evaluation of subcutaneous and oral administration of robenacoxib and meloxicam for the treatment of acute pain and inflammation associated with orthopedic surgery in dogs. *American Journal of Veterinary Research*, 72(2), 23. doi:<https://doi.org/10.2460/ajvr.72.2.184>
- Gunkel, C., & Lafortune, M. (2005). Current Techniques in Avian Anesthesia. *Seminars in avian and exotic pet medicine*, 14, págs. 263-276. doi:[doi:doi.org/10.1053/j.saep.2005.09.006](https://doi.org/10.1053/j.saep.2005.09.006)
- Gutiérrez Gómez, J. (2018). El proceso de remodelación ósea. *medigraphic*, 4(3), 7. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/orthotips/ot-2008/ot083d.pdf>
- Gutiérrez Bautista, Á. J. (2017). *Evaluación de la eficacia del dexketoprofeno en el control del dolor intra y postoperatorio en perros sometidos a cirugía ortopédica*. Córdoba. Obtenido de <https://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/14849/2017000001593.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hans, L., & Ballekom, W. (2014). The history of cock fighting. *Aviculture-Europe*, 1-9. Obtenido de <http://www.aviculture-europe.nl/nummers/14e01a05.pdf>

- Harryson, O., Marcellin-Little, D., & Horn, T. (2015). Applications of Metal Additive Manufacturing in Veterinary Orthopedic Surgery. *SpringerLink*, 3. doi:<https://link.springer.com/article/10.1007/s11837-015-1295-x#citeas>
- Hernández, C., & Jara, D. (2019). *Caracterización genética de gallos de pelea (Gallus gallus) del cantón Cuenca mediante mtDNA D-Loop*. Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca, Cuenca. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/33542/3/Trabajo%20de%20Titulacion.pdf>
- Hiroaki , K., Taku, S., Kohei , N., Hidetaka , N., Naoko, Y., Toru , F., . . . Sadatoshi , M. (2019). Clinical application of 3D printing technology to the surgical treatment of atlantoaxial subluxation in small breed dogs. *Plos One*, 15. doi:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216445>
- Jung Woo, L., Seung Gyun, C., Hak Tae , K., Kang Young , C., Eun Jung , O., Calce , J.-H., . . . Ho Yun , C. (2017). Osteogenesis of Adipose-Derived and Bone Marrow Stem Cells with Polycaprolactone/Tricalcium Phosphate and Three-Dimensional Printing Technology in a Dog Model of Maxillary Bone Defects. *Polymers*, 16. doi:<https://doi.org/10.3390/polym9090450>
- Justo, E. (1996). Pelea de Gallos. *Revista de dialectología y tradiciones populares*, 25(3), 317.
- Kanatiyanont, N., Kornchai, K., Piyawan, S., & Anuchai, P. (2012). *Effect of semen collection techniques on semen quality and sperm motility parameters in siamese fighting cock (Gallus gallus)*. Retrieved from Vet Med.: file:///C:/Users/Antonio/Desktop/Nueva%20carpeta%20(2)/kanatiyanont2012.pdf
- Kanatiyanont, N., Kornkaewrat, K., Suthanmapinunt, P., & Pinyopummin, A. (2012). Effect of Semen Collection Techniques on Semen Quality and Sperm Motility Parameters in Siamese Fighting Cock (Gallus gallus). *Thai J Vet Med*, 42(4), 439-445.
- Kowalczyk, A., & Lukaszewicz, E. (2015). Simple and effective methods of freezing capercaillie (Tetrao urogallus L.) semen. *PLOS ONE*, 10(1), 1-11. doi:10.1371/journal.pone.0116797
- Lake, P. E. (1957). Fowl semen as collectd by the massage method. *Journal of Agriculture Science*, 49(1), 120-126.
- Laserlines. (16 de 10 de 2019). *RegMedNet*. Obtenido de Surgical planning with patient-specific 3D-printed medical models: <https://www.regmednet.com/surgical-planning-with-patient-specific-3d-printed-medical-models/>
- Li, J., Ling, Q., Yang, K., Ma, Z., Wang, Y., Cheng, L., & Zhao, D. (2020). Materials evolution of bone plates for internal fixation of bone fractures: A review. *ELSEVIER*, 36(1), 8. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jmst.2019.07.024>
- Lierz, M., Reinschmidt, M., Muller, H., Wink, M., & Neumann, D. (2013). A novel method for semen collection and artificial insemination in large parrots (Psittaciformes). *Scientific reports*, 3(2066), 1-8. doi:10.1038/srep02066
- Lope-Huaman, R., Curasco-Ayma, A., & Fernandez-Apaza, J. (2021). Osteosíntesis con placa mínimamente invasiva (OPMI) para fractura completa de tibia y peroné en canino

- (Canis lupus familiaris): Pre - Planificación virtual. *Selva Andina Animal Science*, 10. Obtenido de <http://portal.amelica.org/ameli/journal/198/1982763011/html/#fn1>
- Manoj Prabhakar, M., Saravanan, A., Haiter Lenin, A., Jerin Leno, I., Mayandi, K., & Sethu, P. (2021). A short review on 3D printing methods, process parameters and materials. *ScienceDirect*, 45(7), 10. doi:<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.225>
- Mantrana, G., Jacobo, O., Hartwing, D., & Giachero, V. (2018). Modelos de impresión tridimensional en la planificación preoperatoria. *Cirugía Plástica Ibero-Latinoamericana*, 44(2), 9. doi:10.4321/S0376-78922018000200010
- Mantrana, G., Jacobo, O., Hartwing, D., & Giachero, V. (2018). Modelos de impresión tridimensional en la planificación preoperatoria y en la enseñanza académica de las fracturas mandibulares. *Cirugía plástica Ibero-Latinoamericana*, 44(2), 1-9. doi:10.4321/S0376-78922018000200010
- Marzoni, M., Castillo, A., Sagona, S., Citti, L., Rocchiccioli, S., Romboli, I., & Felicioli, A. (2013). A proteomic approach to identify seminal plasma proteins in roosters (*Gallus gallus domesticus*). *Animal Reproduction Science*, 140, 216–223.
- Melara, R. G., & Lazo, F. M. (2015). Desarrollo de un prototipo de electroeyaculador para aves. *Ing.-Novación*, 3(5), 107-116. Obtenido de <http://redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/1984/1/desarrollo%20de%20un%20prototipo.pdf>
- Melo, R. (31 de Enero de 2016). Las peleas de gallos, una tradición que se mantiene en el norte del país. *El Telégrafo*. Obtenido de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/las-peleas-de-gallos-una-tradicion-que-se-mantiene-en-el-norte-del-pais>
- Méndez, R. M. (2013). El conocimiento de la gallina (*Gallus gallus domesticus*) entre los tseltales y tsotsiles de los altos de Chiapas, México. *Dialnet*, 1-15. Obtenido de <file:///C:/Users/Antonio/Downloads/Dialnet-ElConocimientoDeLaGallinaGallusGallusDomesticusEnt-5294482.pdf>
- Mie, K., Ishimoto, T., Okamoto, M., Imori, Y., Ashida, K., Yoshizaki, K., . . . Akiyoshi, H. (2020). Impaired bone quality characterized by apatite orientation under stress shielding following fixing of a fracture of the radius with a 3D printed Ti-6Al-4V custom-made bone plate in dogs. *PLOS ONE*, 12. doi:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237678>
- Miranda, M., Kulíková, B., Vasíček, J., Olexiková, L., Iaffaldano, N., & Chrenek, P. (2017). Effect of cryoprotectants and thawing temperatures on chicken sperm quality. *Wiley*, 1-8. doi:10.1111/rda.13070
- Molina, J., Polo, C., & Tovar, M. A. (2011). Diseño e implementación de un prototipo de electroeyaculador escalable para uso en más de una especie. *Ingeniería y región*, 8, 41-47.
- Moreno, S. J., Castaño, C., Toledano Díaz, A., Coloma, M. A., López, S., Prieto, M. T., & Campo, J. L. (2012). Influence of season on the freezability of free-range poultry semen. *Reproduction in domestic animals. Blackwell Verlag GmbH*, 47(4), 578-583.

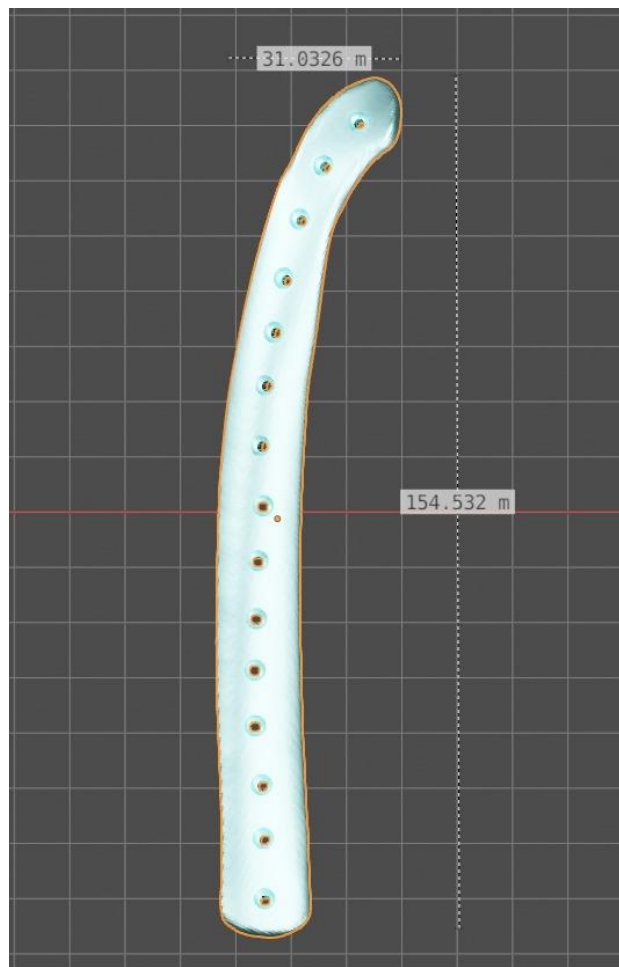
- Moreno, S., Castaño, C., Toledano, A., Coloma, M., López, S., Prieto, M., & Campo, J. (2011). Semen cryopreservation for the creation of a Spanish poultry breeds cryobank: Optimization of freezing rate and equilibration time. *Poultry Science*, *90*, 2047-2053. doi:10.3382/ps.2011-01355
- Morillo, M., Salazar, S., & Castillo, E. (2019). Evaluación del potencial reproductivo del macho bovino. *Instituto nacional de investigaciones agrícolas*, 1- 60.
- Moya, K., Reppenhagen, J., & Kim, S. (2022). Nonadherence to follow-up recommendations is common for dogs and cats undergoing orthopedic surgery. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, *260*, 10. doi:https://doi.org/10.2460/javma.21.01.0019
- Mphaphathi, M., Luseba, D., Sutherland, B., & Nedambale, t. (2012). Comparison of slow freezing and vitrification methods for Venda cockerels spermatozoa. *Open Journal of Animal Sciences*, *2*(3), 204-210. doi:doi.org/10.4236/ojas.2012.23028
- Muiño Otero, R. (2008). *Evaluación de la motilidad y viabilidad del semen bovino mediante el uso de sistemas CASA y citometría de flujo: identificación de subpoblaciones espermáticas*. Tesis doctoral, Universidad de Santiago de Compostela.
- Murillo, L. O., & Gutierrez, J. E. (2012). *Manual de crianza, raza, entrenamiento y reglamento del gallo de combate*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria. Obtenido de <http://repositorio.una.edu.ni/1463/1/tnl01m977.pdf>
- Ngo, T., Kashani, A., Imbalzano, G., Nguyen, K., & Hui, D. (2018). Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges. *ELSEVIER*, *143*(15), 10. doi:https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.02.012
- Nishiyama, H., Nakashima, N., & Fujihara, N. (1976). Studies on the Accessory Reproductive Organs in the Drake. *Poultry Science*, *55*, 234-242.
- Oberhuber, T., Lomas, P., Duch, G., & González, M. (Noviembre de 2010). Recuperado el 9 de Enero de 2020, de Selección de recursos: CIP-Ecosocial: [https://www.fuhem.es/wp-content/uploads/2019/08/Dossier\\_El\\_papel\\_de\\_la\\_biodiversidad.pdf](https://www.fuhem.es/wp-content/uploads/2019/08/Dossier_El_papel_de_la_biodiversidad.pdf)
- Oong, P. (18 de Octubre de 2017). *Conoce al primer cachorro de Australia con una prótesis de pierna impresa en 3D*. Obtenido de Noticias ADSK: <https://adsknews.autodesk.com/stories/pup-with-a-3d-printed-prosthetic>
- Osorio, Á., Rodríguez, D., Gámez, B., & Ojeda, D. (2010). Análisis numérico de una placa para fijación de fracturas de radio distal utilizando el método de elementos finitos. *Ingeniería UC*, *17*(1), 28-36. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/707/70721861004.pdf>
- Oxley MA, B. (2018). A 3-dimensional-printed patient-specific guide system for minimally invasive plate osteosynthesis of a comminuted mid-diaphyseal humeral fracture in a cat. *Veterinary Surgery*. doi:https://doi.org/10.1111/vsu.12776
- Palmer, C. W. (2005). Welfare aspects of theriogenology: Investigating alternatives to electroejaculation of bulls. *Theriogenology*, *64*(3), 469-479. doi:doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.05.032

- Peralta , M. F., & Miazzo, R. (2002). Bases de la reproducción animal: Reproducción Aviar. *Cursos de Introducción a la Producción Animal y Producción Animal I.* (págs. 1-11). FAV UNRC.
- Pérez, R. (2012). *Farmacología veterinaria.* Concepcion, Chile: Universidad de Concepcion.
- Pierluigi, D. (30 de 03 de 2022). *Jaunedá.* Obtenido de Modelos óseos impresos en 3D para planificar y ensayar la cirugía traumatológica y ortopédica: <https://www.juaneda.es/actualidad/214/modelos-oseos-impresos-en-3d-para-planificar-y-ensayar-la-cirugia-traumatologica-y-ortopedica>
- Pinduisaca, K. F. (2018). *Colecta y evaluación de semen de cuyes (Cavia porcellus), extraído por la técnica de electroeyaculación en el Centro Experimental.* Quito: Trabajo de titulación presentado como requisito previo a la obtención del Título de Médica Veterinaria y Zootecnista.
- Quintero, A., Rubio, J., González, D., Gutiérrez, J. C., Madrid, N., & Garde, J. J. (2011). Identificación de daño criogénico sobre la integridad de la membrana plasmática del espermatozoide de toro y su relación con la fertilidad en campo. *Revista Científica,* 21(5), 403 - 407. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/959/95919362005.pdf>
- Reyes García, R., Rozas Moreno , P., & MUÑOZ TORRES, M. (2018). REGULACIÓN DEL PROCESO DE REMODELADO ÓSEO. *ELSEVIER,* 17(1), 5. Obtenido de <https://www.elsevier.es/es-revista-reemo-70-articulo-regulacion-del-proceso-de-remodelado-13114862>
- Ricaurte, S. L. (2006). Importancia de un buen manejo de la reproducción en avicultura. *Revista electrónica de veterinaria,* 7(4), 1-16.
- Ricoh. (2022). *En RICOH, potenciado por Armor Bionics Ofrecemos un proceso que permite transformar un conjunto de imágenes bidimensionales (tomografía o resonancia magnética) en modelos digitales tridimensionales con la opción de imprimirlo en 3D, que replica a la perfec.* Obtenido de Ricoh: <https://www.ricoh-americalatina.com/en/solutions/3d-models-for-surgical-planning>
- Romano, B., Deri, E., Lantero, J., & Fernández, O. (2006). Análisis biomecánico de los fijadores internos. *Ciencias Biológicas,* 37(3), 1-6. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1812/181220529017.pdf>
- Romero, M. H., Uribe, L. F., & Sánchez, J. A. (2011). Biomarcadores de estrés como indicadores de bienestar animal en ganado de carne. *Biosalud,* 10(1), 71-87. Recuperado el 5 de Marzo de 2020, de <https://pdfs.semanticscholar.org/5773/266b58836d7d87f58d0c0e755014c3bd6d19.pdf>
- Rosés, G. (2013). Colección de semen en diferetes animales. 1-76.
- Sabater Fernández, C. (2019). *Diseño y Cálculo de una Prótesis Canina.* Valencia: Universitat Politècnica de Valencia. Obtenido de chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/125881/Sabater%20-%20Dise%C3%B1o%20y%20C%C3%A1lculo%20de%20una%20pr%C3%B3tesis%20canina.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

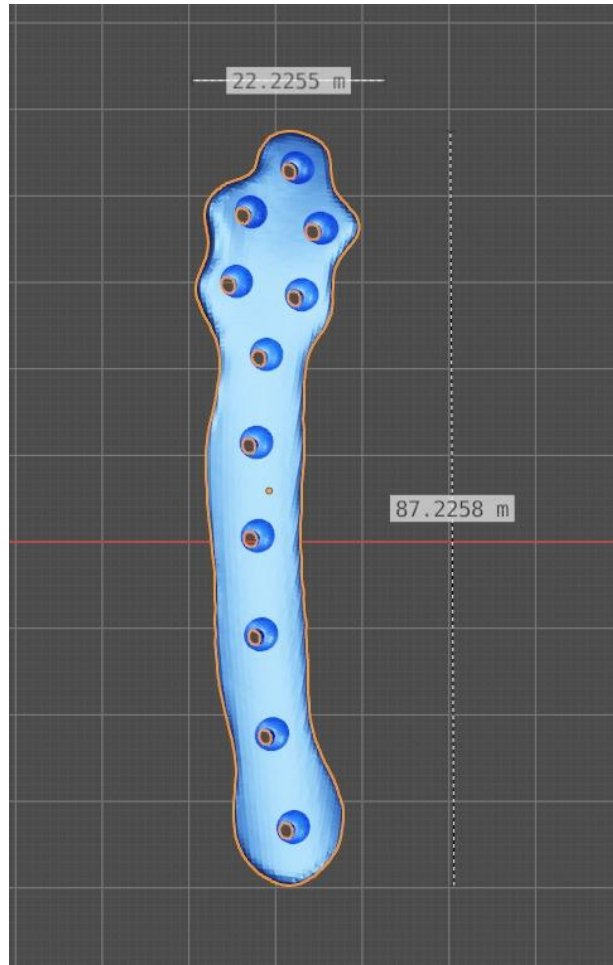
- Salinas, M. (2002). Crianzas, razas y entrenamiento de gallos de pelea. *Ripalme*, 1-135.
- Sañudo, C. (2013). *Atlas mundial de razas en avicultura*. En *Atlas mundial de razas en avicultura*. Zaragoza, España: Servet.
- Saorin , J., Torre, J., Melià , D., Castillo, C., & Bonnet, A. (2016). Creación, visualización e impresión 3D de colecciones online de modelos educativos tridimensionales con tecnologías de bajo coste. Caso práctico del patrimonio fòsil marino de Canarias. *Education in the Knowledge Society*, 17(3), 89-108. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/5355/535554763006.pdf>
- Scheuermann DVM, L., Kim BVSc, S., Lewis DVM, D., Johnson, M., & Biedrzycki BVSc, A. (2022). Minimally invasive plate osteosynthesis of femoral fractures with 3D-printed bone models and custom surgical guides: A cadaveric study in dogs. *Veterinary Surgery*. doi:<https://doi.org/10.1111/vsu.13925>
- Segura, J. C., & Montes, R. C. (2001). Razones y estrategias para la conservación de los recursos genéticos animales. *Revista Biomédica*, 12(3), 196-206.
- Sumano López, H. S., & Ocampo Camberos, L. (2006). *Farmacología Veterinaria*. Mexico: McGraw-Hill.
- Sumano, H. S., & Ocampo, L. (2006). *Farmacología Veterinaria*. Mexico: McGraw-Hill.
- Suojanen, J., Leikola, J., & Stoor, P. (2016). The use of patient-specific implants in orthognathic surgery: A series of 32 maxillary osteotomy patients. *Elsevier*, 44(12), 10. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jcms.2016.09.008>
- surgival. (2022). *Placas DCP para Osteosíntesis*. Obtenido de surgival: <https://www.surgival.com/placas-dcp/>
- Teixeira, M., & Belinha, J. (2021). *Advances and Current Trends in Biomechanics*. Londres: CRC Press. doi:<https://doi.org/10.1201/9781003217152>
- Tene, J. R. (2015). Utilización de bioestimulantes en la producción de semen de gallos e inseminación artificial en gallinas criollas. *Bachelor s thesis, Escuela Superior Politecnica de Chimborazo*, 1-172.
- Torres, C. (2019). Revisión bibliográfica de la rehabilitación aplicada a las hernias. *Tesis de pregrado*, 1-34. Universidad de Zaragoza, España. Obtenido de <https://zaguan.unizar.es/record/86885/files/TAZ-TFG-2019-4374.pdf>
- Tovar, M. A., & Polo, D. C. (2011). *Diseño e implementación de un prototipo de electroeyaculador escalable para uso en mas de una especie*. Tesis de pregrado, Neiva – Huila. Obtenido de <http://repositorio.usco.edu.co/bitstream/123456789/916/1/TH%20IE%200134.pdf>
- University London. (2017). *El rescate de extremidades en el RVC adopta la tecnología de impresión 3D*. Obtenido de RVC: <https://www.rvc.ac.uk/clinical-connections/limb-salvage-at-the-rvc-embraces-3d-printing-technology>
- Valdiviezo, S. (2017). *Caracterización de los tipos de fracturas por imagen radiológica en perros traumatizados, atendidos en los centros veterinarios de la ciudad de Guayaquil*.

- Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/7725/1/T-UCSG-PRE-TEC-CMV-22.pdf>
- Veloz Veloz, D. M. (2017). *Evaluación de la calidad espermática de reproductores bovinos mediante el uso de sistemas de evaluación seminal convencional y sistema CASA (análisis seminal asistido por computadora) y su respuesta con la fertilidad por inseminación artificial*. Tesis doctoral, Universidad de Cuenca, Cuenca. doi:[dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28466/1/Trabajo%20de%20titulación.%20pdf.pdf](https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28466/1/Trabajo%20de%20titulación.%20pdf.pdf)
- Vilabré Pagés, N., & Baraldés Canal, M. (2018). *Osteosíntesis en el tratamiento de las fracturas:Placas*. Hospital Universitari "Doctor Josep Trueta" de Girona. Obtenido de [https://unitia.secot.es/web/manual\\_residente/CAPITULO%2018.pdf](https://unitia.secot.es/web/manual_residente/CAPITULO%2018.pdf)
- Voltes Martínez, A., De la Concepción Ruiz, E., López Puerta, J., & Cano, P. (2020). Impresión 3D para la planificación preoperatoria avanzada en cirugía ortopédica y traumatología. *Revista PortalSato*, 11. Obtenido de [http://revista.portalsato.es/index.php/Revista\\_SATO/article/view/149/132](http://revista.portalsato.es/index.php/Revista_SATO/article/view/149/132)
- World Health Organization. (1999). *WHO Laboratory manual for the examination of human semen and sperm cervical mucus interaction*. Cambridge university press.
- Yamasaki, A., Pedraza, P., Peralta, M., Yong, G., Rothschuh, J. E., & Yamasaki, L. (2005). Diseño y construcción de electroeyaculador para ovinos y caprinos. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 6(8), 1-23. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/636/63612822015.pdf>
- Yan, L., Kostadinov, A., M.Y, X., & G.K, O. (2021). Osteointegration of 3D-printed bone plates. *infinite Science | Publishing*, 3(1), 2. doi:<https://doi.org/10.18416/AMMM.2021.2109561>

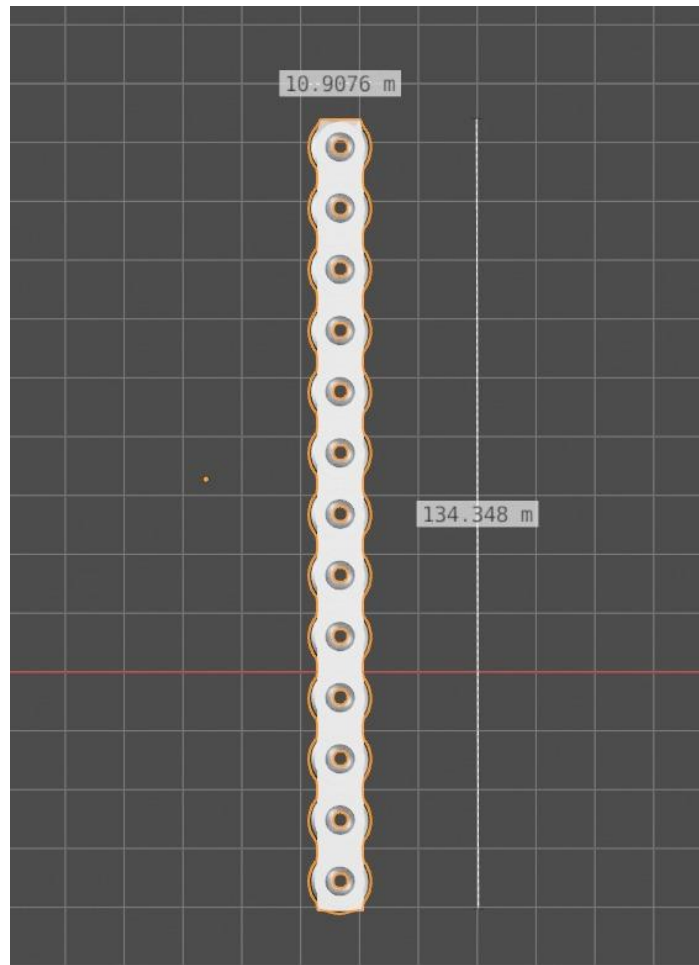
## XII. ANEXOS



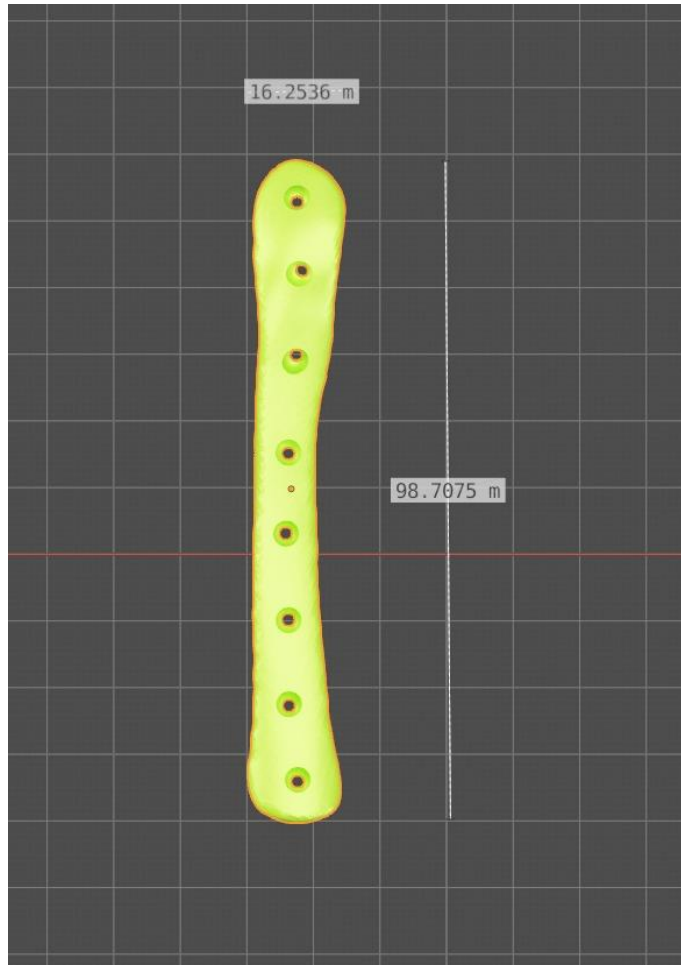
**Anexo 1:** Diseño Placa tipo L



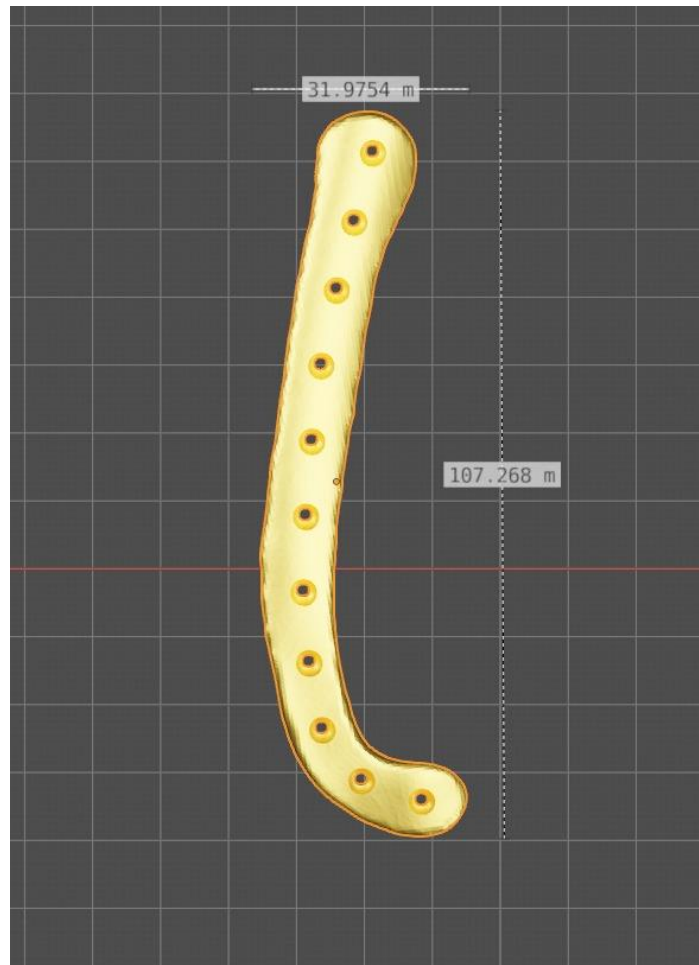
**Anexo 2:** Diseño Placa Sostén Condilar



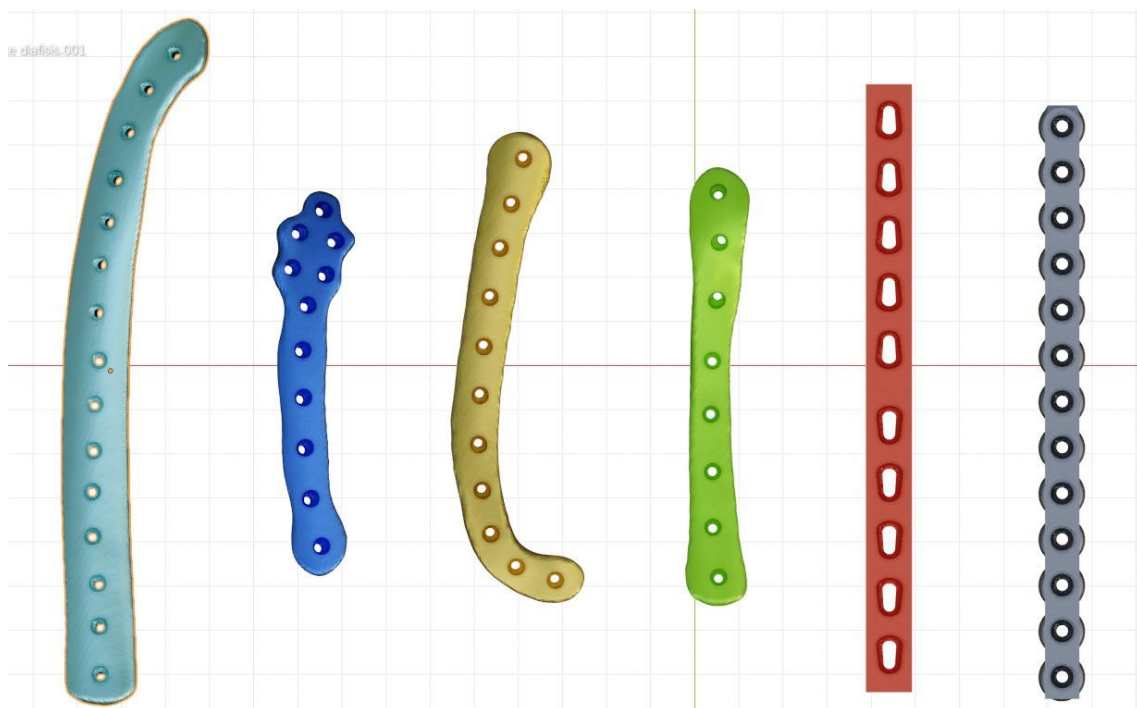
**Anexo 3:** Diseño Placa estrecha de reconstrucción



**Anexo 4: Diseño Placa estrecha de autocompresión**



Anexo 5: Diseño Placa sostén en L lateral



Anexo 6: Diseños de placas 3D



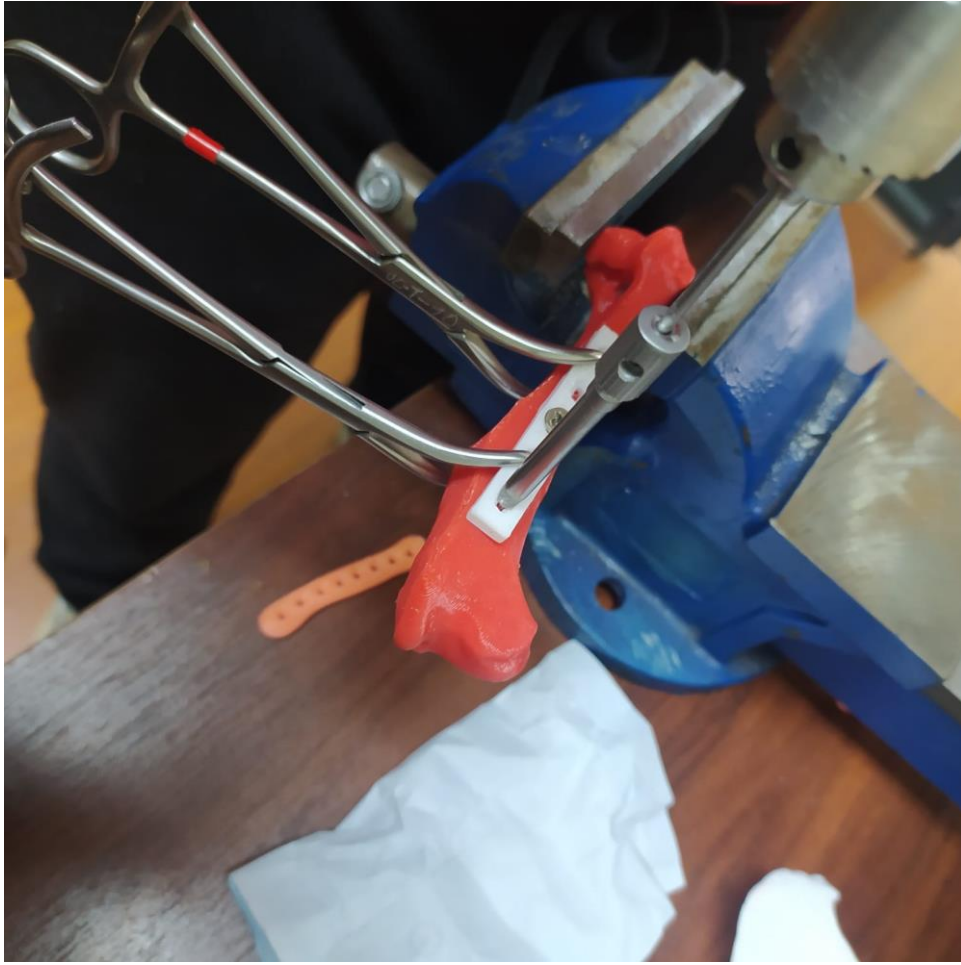
**Anexo 7:** Colocacion del hueso en la entenalla



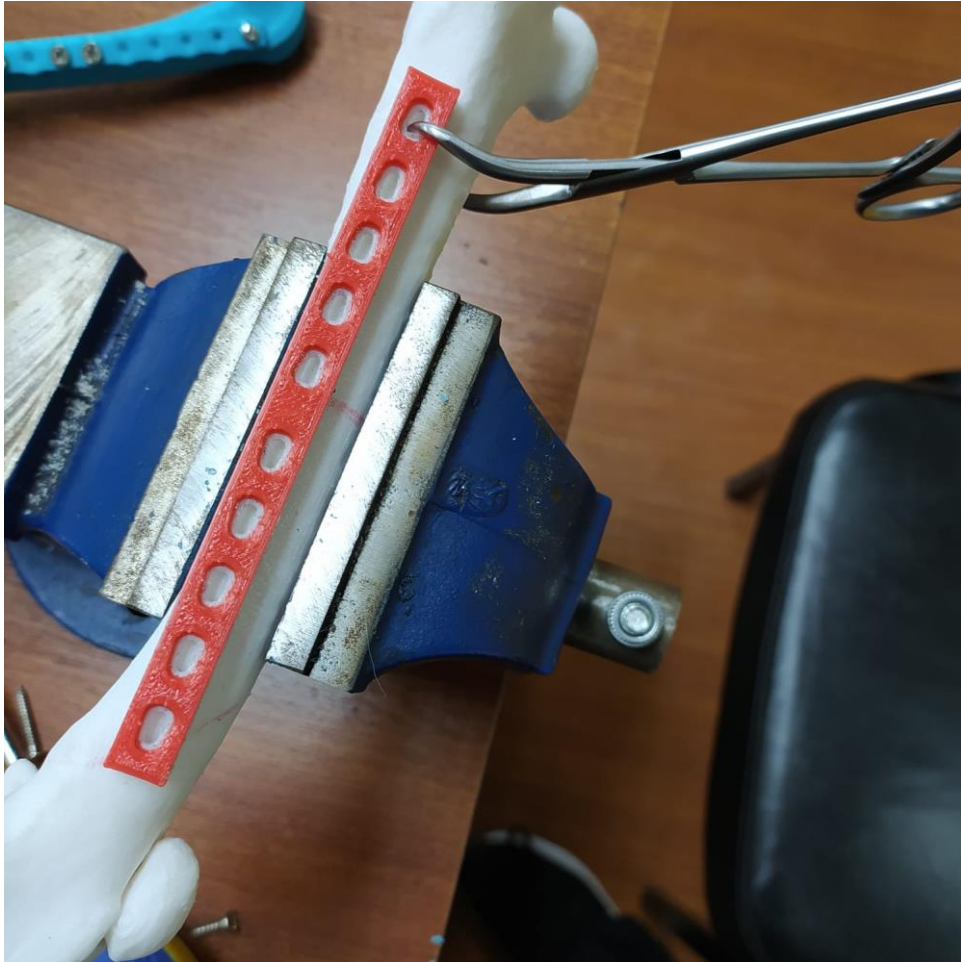
**Anexo 8: Perforación del hueso**



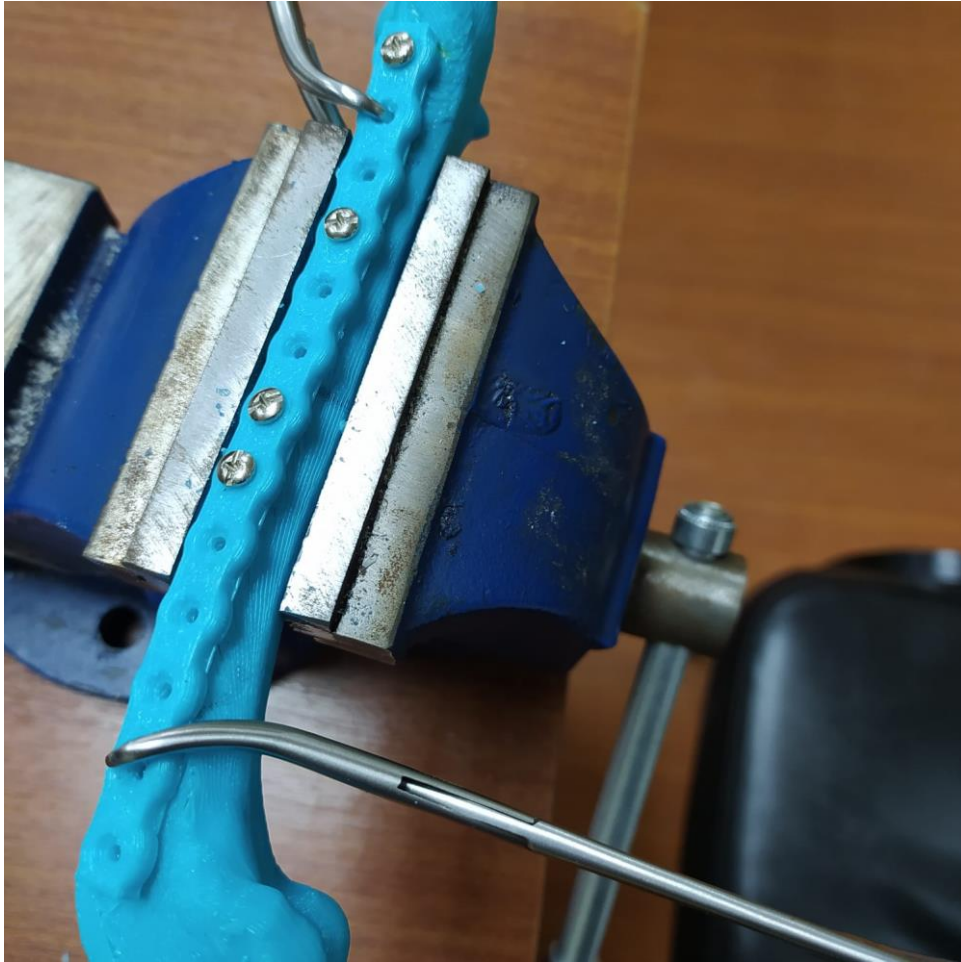
**Anexo 9:** Colocación de la placa en el hueso



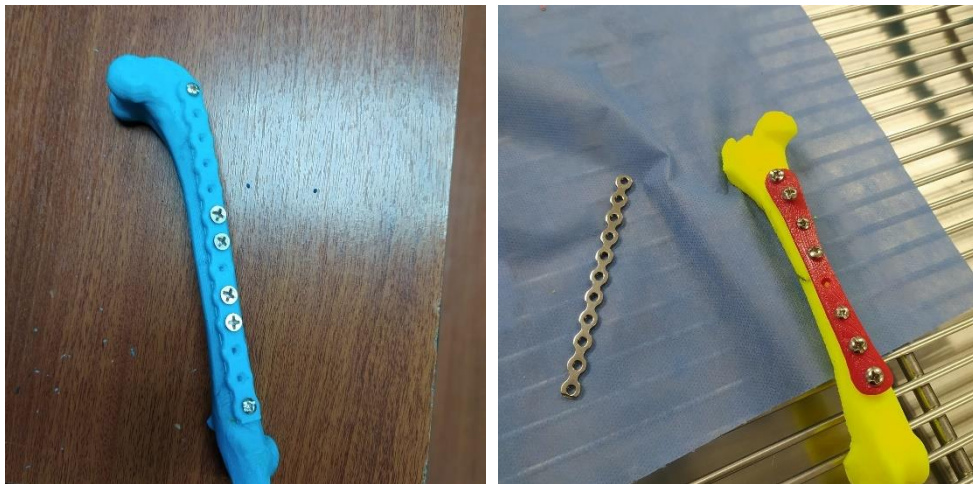
**Anexo 10:** Fijación de la placa estrecha



**Anexo 11:** Fijación de placa estrecha de autocompresión



**Anexo 12:** Fijación de placa estrecha de reconstrucción



**Anexo 13:** Vista final de la fijación de las placas



**Anexo 14:** Vista final de la fijación de las placas en diferentes tipos de huesos



**Anexo 15:** Vista final de la fijación de las placas en diferentes tipos de huesos



**Anexo 16:** Vista final de la fijación de la placa en un hueso y fractura real



Universidad  
Católica  
de Cuenca

## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo **Lenin Vicente Alvarez Llivichuzca**; en calidad de autor y titular de los derechos de este trabajo de titulación **“Diseño e impresión de placas didácticas en 3D para la resolución de fracturas en cirugía ortopédica en pequeñas especies ”**, concorde a lo establecido en el artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los conocimientos, creatividad e innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso comercial de la obra, con fines académicos, del mismo modo; autorizo a la UCACUE para que realice la publicación de este presente trabajo de titulación en el repertorio Institucional de conforme acuerdo a lo dispuesto en el artículo 114 de la ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **8 de marzo de 2023**

**Lenin Vicente Alvarez Llivichuzca**

C.I. **0104589485**