



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA

**“DISEÑO DE UN MODELO ANATÓMICO DE APRENDIJAZE
PARA CATETERIZACIÓN TRANSURETRAL EN CANINAS”**

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN

DEL TÍTULO DE MÉDICO VETERINARIO

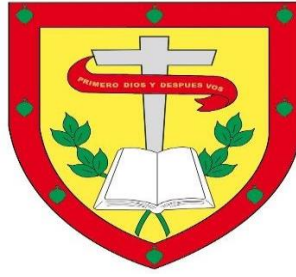
AUTOR: ERICK XAVIER MAZÓN MAURAD.

DIRECTOR: Dr. PABLO GIOVANNY RUBIO ARIAS M. Sc

CUENCA - ECUADOR

2024

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS.**

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA.

**DISEÑO DE UN MODELO ANATÓMICO DE APRENDIZAJE
PARA CATETERIZACIÓN TRANSURETRAL EN CANINAS**

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

AUTOR: ERICK XAVIER MAZÓN MAURAD.

DIRECTOR: Dr. PABLO GIOVANNY RUBIO ARIAS M. Sc

CUENCA – ECUADOR

2024

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



Universidad
Católica
de Cuenca

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

Erick Xavier Mazón Maurad portador de la cédula de ciudadanía N.º **0106432917**. Declaro ser el autor de la obra: “**Diseño de un Modelo Anatómico de Aprendizaje para Cateterización Transuretral en Caninas**”, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro 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. Declaro finalmente que mi 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, **16 de febrero de 2024**

F:

Erick Xavier Mazón Maurad

C.I. 0106432917

CERTIFICACIÓN

Yo Pablo Giovanni Rubio Arias, con cédula de identidad № 0102938107 en calidad de director de Trabajo de titulación con el tema: "DISEÑO DE UN MODELO ANATÓMICO DE APRENDIZAJE PARA CATETERIZACIÓN TRANSURETRAL EN CANINAS", certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Erick Xavier Mazón Maurad, bajo mi supervisión.



Doc. Pablo Giovanni Rubio Arias

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

**DOCENTE DE LA CARRERA DE MEDICINA
VETERINARIA**

DEDICATORIA

Esta tesis es un homenaje a mi familia. Gracias a su apoyo, celebro mi esfuerzo, mi dedicación y mi persistencia para superar cualquier obstáculo que se presentó en el camino. Es mi deseo constante recordar que tengo la capacidad de alcanzar grandes logros y que mi voluntad es inquebrantable.

Erick Xavier Mazón Maurad

AGRADECIMIENTOS

Quiero aprovechar este instante para manifestar mi gratitud hacia todas las personas que me han ayudado en la culminación de mi trabajo de titulación. Este logro tiene un significado en mi vida, y no habría sido posible sin el respaldo, la guía y la inspiración que he recibido durante esta trayectoria académica.

Expreso mi agradecimiento a mi tutor, Doc. Pablo Giovanni Rubio Arias, por compartir su conocimiento, sus experiencias y contribuyendo con ideas e información que me beneficio en mi tema de investigación. Con sus recomendaciones constantes han sido un estímulo para mi superación personal y para poder explorar perspectivas más allá de lo obvio.

Quiero expresar mi gratitud a mis padres, por darme la confianza y brindarme el apoyo a lo largo de este camino académico. Siempre voy a estar agradecido por su disposición para poderme escuchar las inquietudes que tenía, y su valentía para decir que nunca me dé por vencido y siguiera creyendo en mí. Agradecer a mi hermano que a pesar de las peleas siempre nos hemos tenido el uno al otro y agradezco a mis abuelos por todas las enseñanzas que me han brindado durante mi vida.

No puede faltar es reconocer y dar las gracias a mis amigos que me han apoyado, su respaldo convirtió mis momentos de tensión en momento de risa, relatos y anécdotas las cuales siempre las voy a tener bien guardadas para recordarlas y reír. Agradecerles por todos los momentos que se compartió, por las fiestas que vivimos, por los negocios que se habla, y sobre todo esas conversaciones que te hacían recapacitar de las cosas. A mis amigos con los que he compartido los mejores momentos se convirtieron en hermanos.

Erick Xavier Mazón Maurad

ÍNDICE

<i>RESUMEN</i>	11
<i>ABSTRACT</i>	12
<i>Capítulo 1</i>	13
1.1 Introducción	13
1.2 HIPÓTESIS	14
1.2.1 Hipótesis alternativa	14
1.3 OBJETIVOS	15
1.3.1 Objetivo General.....	15
1.3.2 Objetivos Específicos	15
1.4 JUSTIFICACIÓN	15
<i>Capítulo 2</i>	13
2.1 Marco Teórico.....	17
2.1.1 Historia de las sondas	17
2.1.2 Sistema urinario.....	18
2.1.3 Anatomía del sistema urinario de las caninas	18
2.1.4 Riñones	19
2.1.5 Uréteres.....	19
2.1.6 Vejiga.....	20
2.1.7 Uretra femenina.....	20
2.1.8 Histología uretral y vaginal	21
2.1.9 Fisiología uretral.....	21
2.1.10 Producción de orina	22
2.1.11 Uroanálisis	22
2.1.12 Cateterización uretral.....	23
2.1.13 Casos en los que se usa un catéter en un paciente	24
2.1.14 Técnica e introducción de las sondas	24
2.1.15 Lesiones uretrales.....	25
2.1.16 Impresiones 3D.....	26
2.1.17 Biomodelos	27
2.1.18 Impresión 3D en Medicina Veterinaria	27
2.1.19 Uso de modelos anatómicos para cateterización transuretral en caninas 28	
2.1.20 Curva de Aprendizaje.....	29
<i>Capítulo 3</i>	30
3.1 Metodología de la Investigación.....	30
3.1.1 Área de estudio	30
3.1.2 Materiales	30
3.1.3 Variables por cuantificar	31
3.2 Procedimiento y muestreo	32
3.2.1 Diseño Experimental	32
3.2.2 Análisis estadístico	33

<i>Capítulo 4</i>	34
4.1 Resultados	34
<i>Capítulo 5</i>	39
5.1 Discusión	39
<i>Capítulo 6</i>	42
6.1 Conclusiones	42
6.2 Recomendaciones	43
<i>Bibliografía</i>	44
<i>Anexos</i>	49

ÍNDICE DE CUADROS

Tabla 1 Número de intentos y análisis de tiempos en maniqués impresos en 3D	49
Tabla 2 Intento 4 y 5 en un paciente vivo de una hembra canina.....	50
Tabla 3, Análisis de varianza	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Hospital Veterinario	30
Figura 2 Intento 1 en maniqués 3D	34
Figura 3 Intento 2 en maniqués en 3D	35
Figura 4 Intento 3 en maniqués 3D	35
Figura 5 Intento 3, con valores atípicos.....	36
Figura 6 Intento 4, en un modelo vivo	36
Figura 7, Intento 5, en un modelo vivo	37
Figura 8, Regresión Lineal en un modelo impreso en 3D de una canina	37
Figura 9, Regresión Lineal en un modelo vivo de una canina	38

RESUMEN

El desarrollo de un modelo anatómico canino impreso en 3D para la enseñanza de la cateterización transuretral aborda un avance significativo en la medicina veterinaria. El objetivo general de la investigación trata sobre desarrollar un modelo anatómico impreso en 3D del sistema excretor urinario de caninas para mejorar la enseñanza y práctica de la cateterización transuretral en caninas, de esta manera se está facilitando un aprendizaje seguro y efectivo para los estudiantes de medicina veterinaria. Utilizando tecnología de impresión 3D, basada en tomografías computarizadas de caninas (TAC), se diseñó un modelo anatómico detallado. El proyecto incluyó fases de diseño, impresión y validación práctica con estudiantes de medicina veterinaria para evaluar la efectividad del modelo en el aprendizaje de la cateterización transuretral. Los resultados mostraron una mejora significativa en la curva de aprendizaje de los estudiantes que practicaron con el modelo 3D, evidenciando una reducción en los tiempos de procedimiento y una menor tasa de errores en comparación con métodos de enseñanza tradicionales. En lo que respecta a resultados el modelo anatómico 3D demuestra ser una herramienta pedagógica valiosa en la educación veterinaria, permitiendo a los estudiantes adquirir y perfeccionar habilidades prácticas esenciales en la cateterización transuretral en caninas, sin comprometer la seguridad de los animales. Se sugiere la adaptación de modelos anatómicos impresos en 3D en programas de formación veterinaria para mejorar la competencia práctica de los estudiantes. Además, se recomienda la realización de estudios adicionales para explorar la aplicación de modelos 3D en otras áreas de la medicina veterinaria.

Palabras clave: Cateterización Transuretral, Modelos Anatómicos 3D, Educación Veterinaria, Tomografías Computarizadas.

ABSTRACT

Developing a 3D-printed canine anatomical model for teaching transurethral catheterization addresses a significant advance in veterinary medicine. This research aims to develop a 3D-printed anatomical model of the canine urinary excretory system to enhance the teaching and practice of canine transurethral catheterization, facilitating safe and effective learning for veterinary medical students. A detailed anatomical model was designed using 3D printing technology based on canine computed tomography (CT) scans. The project included design, printing, and practical validation phases with veterinary medical students to evaluate the model's effectiveness in learning transurethral catheterization. The results showed a significant improvement in the students' learning curve who practiced with the 3D model, evidencing reduced procedure times and a lower error rate than traditional teaching methods. In terms of results, the 3D anatomical model is a valuable pedagogical tool in veterinary education, allowing students to acquire and perfect essential practical skills in transurethral catheterization in canines without compromising the animals' safety. Adapting 3D-printed anatomical models in veterinary training programs is suggested to improve students' practical competence. Furthermore, additional studies are recommended to explore the application of 3D models in other areas of veterinary medicine.

Keywords: Transurethral catheterization, 3D anatomical models, veterinary education, computed tomography.

Capítulo 1

1.1 Introducción

Según Balaguera et al., (2021) a través del tiempo los maniqués didácticos han sido usados para tener un mejor entendimiento tanto de la medicina humana como animal, sobre todo en aquellas materias cuya práctica es indispensable como la anatomía, patología y cirugía, estos campos son fundamentales para garantizar una sólida formación entre los profesionales. Básicamente, estos modelos impresos en 3D representan réplicas artificiales que buscan imitar, lo posible, la morfología y función de un organismo.

La gran parte de las estructuras anatómicas internas se caracterizan por ser extremadamente complejas de apreciar, para ello es el uso de los modelos anatómicos impresos en 3D ya que presentan una alternativa, cuyo objetivo es ser una herramienta educativa que permite el aprendizaje y al mismo tiempo la retención del contenido anatómico al aprendiz (Lujan et al., 2013).

Para Anderson et al., (2006) las lesiones uretrales en perros y gatos generalmente son causadas por algún tipo de traumatismo estos pueden ser vehiculares (atropellamiento) caídas golpes, también pueden generarse por lesiones penetrantes, cálculos urinarios traumatismo iatrogénicos es decir por sondajes o cirugías. En la clínica de pequeñas especies es común los procedimientos quirúrgicos del tracto urinario inferior, estos procedimientos no suelen provocar complicaciones como pérdida de orina, obstrucción de la salida de orina o estenosis, más bien las complicaciones pueden ocurrir por una inadecuada práctica que puede lesionar estructuras nerviosas y vasculares (McLoughlin, 2011).

La cateterización transuretral constituye una técnica que posibilita la entrada a la vejiga, esta opción resulta beneficiosa para aquellos pacientes que experimentan dificultades al orinar, además de permitir la obtención de muestras de orina y la administración de fármacos. Para llevar a cabo este procedimiento, se debe insertar una sonda a través de la uretra hasta alcanzar la vejiga, facilitando así la extracción

de orina o, en casos específicos, permitiendo la permanencia prolongada de la sonda (Chung, 2023).

Es importante recalcar que el método de sondaje uretral necesita de una técnica adecuada por parte del profesional para evitar complicaciones de lesiones o infecciones de manera que al usar de un biomodelo impresos en 3D para la realizar la cateterización transuretral en caninas, es una alternativa ideal para permitir a los estudiantes desarrollar habilidades en esta técnica ya que su uso ayudaría a simular un procedimiento real.

Las impresiones 3D es una de las tecnologías que permite crear objetos físicos a partir de diseños digitales. Este proceso se realiza añadiendo capas sucesivas de material hasta obtener el objeto deseado. En los últimos años, la impresión 3D se ha utilizado cada vez más en el campo de la salud, especialmente en las cirugías. Esto se debe a que la impresión 3D permite crear dispositivos personalizados a costos accesibles, lo que puede mejorar los resultados de los procedimientos quirúrgicos, las impresiones en 3D, tiene un gran potencial para revolucionar la cirugía. Se puede utilizar para crear modelos anatómicos personalizados, que pueden ayudar a los cirujanos a planificar y practicar procedimientos. También se puede utilizar para crear dispositivos personalizados, como prótesis e implantes (Telich-Tarriba et al., 2020)

1.2 HIPÓTESIS

1.2.1 Hipótesis alternativa

El uso de los modelos anatómicos para cateterización transuretral en caninas resulta una alternativa beneficiosa; de esto se espera que se facilite el desarrollo de las habilidades en los estudiantes de medicina veterinaria. Esta hipótesis sugiere que el uso de los modelos anatómicos impresos en 3D, proporcionen una plataforma de aprendizaje efectiva y realista para que los estudiantes puedan poner en práctica lo que es la cateterización transuretral en un medio controlado antes de poder realizar en pacientes reales. El uso de los modelos anatómicos para cateterización transuretral es parte del desarrollo de habilidades de los estudiantes, lo cual con el número de

intentos que realizan los estudiantes puedan mejorar los tiempos para realizar una cateterización transuretral y así se pueda mejorar la curva de aprendizaje.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

- Prototipar un modelo anatómico del sistema excretor urinario de la hembra canina impreso en 3D, para el uso en la cateterización transuretral en caninas.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Generar un modelo anatómico del sistema urinario de la hembra canina didáctico en 3D.
- Evaluar la funcionalidad del modelo anatómico impreso en 3D por parte de los estudiantes de la carrera de medicina veterinaria.
- Determinar la curva de aprendizaje de la cateterización transuretral en caninas por los estudiantes de medicina veterinaria, previo a ensayos en el modelo anatómico impresos en 3D y a posterior en un paciente real.

1.4 JUSTIFICACIÓN

En el momento actual, la urología representa una relevancia dentro de la medicina tanto humana o como animal (Oliveira et al., 2018). Por lo que con el paso del tiempo la clínica veterinaria de pequeñas especies ha aumentado su importancia de igual manera lo que va relacionado con la actualización de los recursos para establecer y poder llegar a un diagnóstico más acertado en las diversas afecciones (Badiola, 2006).

El laboratorio clínico es un aspecto importante de la medicina basada en evidencia. Esto se debe a que, desde el inicio de la medicina, se han reconocido las propiedades fisicoquímicas de la orina como un indicador de la salud. De hecho, la orina fue el primer líquido del cuerpo utilizado para obtener un diagnóstico. (Campuzano et al., 2007).

Las afecciones del órgano excretor urinario son los más frecuentes en pequeños animales ocupando el 10% y 14% en caninos y 1% en felinos (Núñez-Torres et al., 2017).

Para Tipler et al., (2020) la aplicación de la técnica de sondaje uretral resulta factible para llevar a cabo lo que es un análisis y evaluar la salud de los pacientes. No obstante, este enfoque puede conllevar a diversas complicaciones como son las lesiones de la mucosa uretral e incluso puede producir perforaciones del tracto urinario, estas complicaciones tienden a manifestarse con mayor frecuencia cuando los pacientes se encuentran hospitalizados con sondas. Es muy común que surjan infecciones, especialmente cuando no se mantiene un nivel apropiado de asepsia durante el proceso, por lo que se recomienda adoptar estrategias para mitigar las infecciones.

La urología se origina con la llegada de procedimientos quirúrgicos como la circuncisión, otra práctica ancestral, que se reconoce desde el siglo XXI, es la castración, que en ese contexto fue empleada por diversas comunidades con propósitos variados. En épocas antiguas, tanto los chinos como los hindúes empleaban técnicas como la introducción de hojas delgadas y material de origen animal; como cachos eran usados para sondear la uretra, estos métodos se desarrollaban con el fin de mejorar la retención de orina (Oliveira et al., 2018).

Para (Fredotovich, 2003) los comienzos del cateterismo, se empleaban materiales como pajas, cañas y hojas de palma. En la antigua China, utilizaban hojas larvas curvadas estas hojas eran sometidas a un proceso de tratamiento y secado antes de ser utilizadas. La civilización babilónica, fabricaban catéteres de oro, los doctores de esa civilización sugerían la aplicación de compuestos vegetales para elaborar medicamentos que se introducían en la uretra mediante un tubo.

Capítulo 2

2.1 Marco Teórico

2.1.1 Historia de las sondas

Se los denominaba “sonda” a la palabra que viene del latín, esto significa examinar; este es un método que se aplicaba con el propósito de explorar y reconocer las diferentes cavidades de los cuerpos. De esta forma los primeros sondajes se realizaban con paja, junco, caña y también la hoja de la palma enrollada, en las primeras prácticas en China se usaban la hoja larga y curva del verdeo, estas hojas pertenecen a la familia de la cebolla ya que son huecas, esta hoja bien procesada, secada podía ser una buena sonda o catéter.

Durante la excavación de Pompeya se encontró catéteres que se usaban en la antigua Roma estos eran de un material metálico (bronce), de esta manera Galeno (131-210 AC) también los usaba y así recomienda que se use un catéter similar. En la medicina del medio oriente usaban catéteres suaves y blandos ya que eran más fáciles su uso por ser maleable, así mismo Avicena en el año 1036, recomienda que para realizar una cateterización debía ser suave y no realizarlo con fuerza.

Las primeras sondas o catéteres se los realizaban con piel de animal estos eran tratados con una crema hecha a base de la clara del huevo y la sangre de toro esto hacía que sea firme, para poder lubricar se usaba crema de leche. Arcularius (1484) mencionaba que las sondas flexibles se fabricaban con la madera, papel hasta huesos. En la época medieval se usaban catéteres de hechos de plata, este material se usó por ser más fácil de trabajar por que se podía dar la forma requerida, los catéteres usados por Ambrosio Paré (1564) fue curvo, también menciona que la sonda debería ser ajustado al sexo, edad, del paciente, estas debían ser pequeñas, cortas, largas, curvas y rectas. Para que sea más fácil la introducción en la vagina usaban una guía hecha de plata, la cual se retira una vez llegada a cavidad. Fauricio de Acquapendente (siglo XVI) menciona catéteres fabricados de cobre, bronce y hasta

de cuero, mencionaba que estos catéteres presentaban orificios laterales, y su punta era roma.

En los años posteriores se introdujo las sondas o los catéteres de goma elástica o de caucho, Herissad en Francia decía que la goma se usaba para hacer sondas, Bernad, en Paris sugirió cubrir con la goma los catéteres hechos con plata. Goodyear y Thomas fueron los que inventaron la vulcanización, entonces con la ayuda de ellos se podía dar forma y moldear las sondas, para poder dar elasticidad, flexibilidad y durabilidad al caucho.

En el siglo XX, John Herman mencionaba haber fabricado un catéter autofijable, que tenía un balón de 5 ml hecho de goma, lo malo era que se disolvía por estar en contacto con la orina que estaba en la vejiga, no fue hasta 1929 que se pidió que se creara un catéter y su balón sean resistentes a los líquidos y no se disolvieran (Fredotovich, 2003).

2.1.2 Sistema urinario

El aparato urinario está compuesto por riñones, vejiga, uretra y uréteres, los cuales operan en conjunto para filtrar los desechos y demás sustancias, esto se logra mediante la secreción de orina que posterior será excretada del sistema urinario, otro papel que desempeña es de brindar un equilibrio iónico, hídrico y ácido base (Robles, 2016).

2.1.3 Anatomía del sistema urinario de las caninas

Para Vita, (2021) el aparato urinario de los animales está constituido por un grupo de órganos que son los riñones, uréteres, vejiga. Estas juegan un papel esencial en la formación, retención y la eliminación de la orina, los riñones desempeñan una función vital en el equilibrio interno del cuerpo al eliminar a través de la orina ciertos subproductos que se metabolizan al conservar el agua y otros elementos. Además de regular los riñones estos intervienen en la producción de renina que ayuda a ajustar los niveles de líquidos en el espacio extracelular y controlar la presión arterial, así

como la eritropoyetina que estimula la generación de glóbulos rojos, la orina que se genera es transportada por los uréteres hasta la vejiga, donde se almacena hasta que sea expulsada hacia el exterior.

2.1.4 Riñones

Los riñones son estructuras sólidas, estas a su vez son de color rojizo azulado en los caninos, la ubicación de ellos es retroperitonealmente situando el riñón derecho más cranealmente que el lado izquierdo, topográficamente el riñón derecho esta entre las vértebras lumbares 1^a - 3^a, esta se encuentra en contacto con el hígado, el riñón izquierdo esta entre la 2^a - 4^a. De esta forma cada riñón está cubierto por una capa de grasa la cual va servir de protección para evitar presión ejercida por los otros órganos, los riñones presentan dos superficies curvadas, la una en la parte dorsal y la otra es ventral, también con sus bordes uno es lateral y otro medial, así como dos extremidades que apunta a craneal y caudal. En el margen medial se encuentra el hilio renal, donde el uréter se encuentra dilatado y por este ingresan o salen los vasos y nervios que se conectan al riñón. En los caninos los riñones tienen la forma de un frijol, la superficie dorsal y ventral son mucho más convexo lo que les da una forma globosa

Los riñones de los caninos y los felinos presentan forma de frijol y sus superficies dorsal y ventral son más convexas, comparándolas con los riñones de equinos, lo que les da un aspecto mucho más globuloso (Vita, 2021).

2.1.5 Uréteres

La pelvis renal, situada en el interior del riñón, constituye el punto donde se va a dilatar el uréter. Después de emerger a través del hilio del riñón (borde medial), su segmento tubular muestra una regularidad notable. Realiza un trayecto retroperitoneal a lo largo del techo del abdomen y cerca de la entrada de la cavidad pelviana, se inclina hacia el centro en el caso del macho y se posiciona en el ligamento ancho del útero en la hembra, finalmente llega a la parte superior de la vejiga, cerca de su cuello. En la pared de la vejiga, sigue un recorrido intramural que evita que la orina fluya de vuelta al uréter desde la vejiga cuando la presión en el órgano aumenta. Esta travesía

intramural forma dos protuberancias en la pared de la vejiga se las conoce con el nombre de columnas ureterales (Vita, 2021).

2.1.6 Vejiga

Vita (2021), menciona que la vejiga es un órgano diseñado que almacena la orina. En los perros, puede llegar almacenar unos 150 a 180 ml. Este órgano de forma piriforme se caracteriza por su estructura que comprende un fondo, en el cual se localiza la reminiscencia del uraco embrionario, un cuerpo y un cuello que se enlaza con la uretra en el orificio uretral interno. Sus dimensiones, posición varían según su grado de llenado.

En los perros, un segmento breve del cuello de la vejiga reside en la cavidad pélvica, mientras que la mayor parte del órgano se encuentra en el fondo de la región abdominal, y puede ampliarse hasta la zona umbilical a lo que está llena. Presenta tres pliegues la vejiga, la cual conectan con las cavidades abdominales y pélvica. Se trata de dos ligamentos que están a los laterales, cuyo extremo craneal alberga el ligamento redondo de la vejiga, que es un vestigio de la arteria umbilical, y un pliegue medio ventral que la une al fondo del abdomen. En las hembras, la vejiga se encuentra en posición dorsal respecto al útero.

2.1.7 Uretra femenina

En las hembras, la uretra sigue un camino que transcurre a lo largo del piso de la pelvis y desemboca en el vestíbulo vaginal, en la zona limítrofe entre este último y la vagina, en perras y gatas, la uretra presenta una longitud comparativamente mayor; teniendo su punto de inicio en la parte frontal de la región pelviana, atraviesa el área inferior de la pelvis y culmina al llegar al vestíbulo vaginal. En las hembras caninas, la abertura externa de la uretra está vinculada a una pequeña prominencia denominada tubérculo uretral, que puede servir como guía para ubicar el orificio uretral durante procedimientos de sondaje (Vita, 2021).

2.1.8 Histología uretral y vaginal

El sistema urogenital en mamíferos hembras abarca tanto los órganos del sistema urinario como los reproductivos. En el caso de la especie canina, la uretra se conecta con la vagina en proximidad del seno urogenital. La uretra en este grupo es notablemente extensa y tiene su origen en la porción frontal de la pelvis, desembocando en la unión entre el vestíbulo vaginal. En perras, la anatomía de la vagina presenta una conformación estrecha y prolongada en su porción frontal, la cual está recubierta por epitelio columnar, mientras que la sección caudal posee epitelio escamoso. La capa muscular de la vagina es de espesor considerable y compuesta por fibras (Rodríguez et al., 2012).

Según Vita, (2021) menciona que su estructura, se compone de una capa mucosa, una submucosa y el músculo uretral, siguiendo una similitud con la uretra pelviana de los machos. La luz interna de la uretra es altamente adaptable, lo que resulta en una baja incidencia de obstrucciones provocadas por cálculos en esta área.

Para Rodríguez et al., (2012), en caninos y felinos, la parte superior de la vagina presenta una estructura más angosta y alargada. El canal vaginal muestra una diferenciación en diferentes regiones a lo largo de su longitud en términos de su composición histológica. Tanto en caninos como en los felinos, la zona superior está recubierta por un tipo de tejido epitelial llamado columnar, es diferente en la zona caudal, esta se caracteriza tener tejido epitelial escamoso estratificado. En lo que respecta a la capa muscular, en las dos especies es descrita como una capa gruesa compuesta por fibras circulares

2.1.9 Fisiología uretral

La liberación de la orina se desencadena mediante la activación de las vías del sistema nervioso parasimpático que afectan al músculo detrusor, así como la supresión de las señales provenientes del sistema nervioso somático que controlan el esfínter uretral externo. En actividad simpática tiene su origen, en una vía de reflejo que conecta la vejiga con el sistema nervioso simpático en la médula espinal. Esto

apunta a que las integraciones de las señales provenientes tanto del sistema nervioso simpático como del parasimpático en la vejiga podría tener lugar tanto en el ganglio autónomo periférico como en los niveles del propio órgano (D'GROAT, 1980).

El sistema renal realiza la tarea de filtrar los residuos presentes en la sangre y luego crea y elimina la orina. Las funciones que realiza son vitales para mantener tanto el equilibrio de los fluidos corporales como la composición adecuada del organismo. A medida que las proteínas y los ácidos nucleicos se descomponen en el proceso normal del cuerpo, se libera nitrógeno en el torrente sanguíneo. Aunque una parte de este nitrógeno es reciclada para generar nuevos componentes celulares, la mayoría debe ser eliminada. La eliminación es esencial porque niveles elevados de nitrógeno en la sangre pueden resultar tóxicos. El nitrógeno se combina con hidrógeno en forma de NH_3 , conocido como amoníaco, este se disolverá con facilidad en el agua. Los mamíferos excretan principalmente urea, acompañada por una cantidad adicional de agua. La combinación de urea, agua y otros desechos constituye lo que llamamos "orina". Aunque la orina sigue siendo notablemente más concentrada que la sangre, el sistema encargado de este proceso de concentración es el sistema urinario (González, 2018).

2.1.10 Producción de orina

Cuando se completa el proceso de reabsorción en la nefrona, lo que queda del filtrado se convierte en la orina. Esta orina está compuesta principalmente por agua un 96%, además contiene desechos de nitrógeno generado a partir del metabolismo de proteínas, como la urea y el ácido úrico (alrededor del 2.5%). También incluye el cloruro de sodio, en cantidades muy pequeñas, también se encuentran sustancias, como es la urobilina y el urocromo, que son responsables de dar la coloración a la orina, constituyen aproximadamente el 1.5% del contenido total, (González, 2018).

2.1.11 Uroanálisis

Menciona Campuzano et al., (2007) que la urolitiasis, también denominada litiasis, es una afección poco común que afecta aproximadamente al 1,5% al 3% de

los perros. Los urolitos, conocidos también como cálculos, son estructuras sólidas compuestas en su mayor parte por un 95% de cristales, junto con una cantidad reducida de material orgánico. La cristaluria surge cuando la orina se satura en exceso, lo que puede conllevar a la formación de estos cálculos. Si esta condición no se aborda a tiempo, puede resultar en la obstrucción de los uréteres o la uretra por los urolitos, lo que interrumpe el flujo normal de la orina. Esto puede llevar a la incapacidad de eliminar la orina de manera adecuada.

Para González (2018), el análisis completo de orina, también conocido como examen general de orina (EGO), involucra la evaluación de las características físicas y químicas de la orina, la medición de la concentración de sus componentes solubles y la observación de sedimentos microscópicos presentes. Este tipo de análisis se recomienda tanto para pacientes con indicios de afecciones en el sistema urinario como para aquellos con trastornos no relacionados con el sistema urinario, ya que proporciona información que abarca varios sistemas del cuerpo.

Afirma Chew et al., (2010) que existen diversos factores que influyen en esta situación, que incluyen la edad, el género y la raza de los individuos, otro de los factores es la alimentación también ya que desempeña un papel importante en la formación de cálculos, y aunque estos factores pueden estar interrelacionados, no necesariamente llevan a las mismas consecuencias en lo que respecta a los urolitos.

2.1.12 Cateterización uretral

La cateterización uretral, conocida como sondaje uretral, son los procedimientos manuales que implica la colocación de un catéter o sonda por medio de la uretra hasta la vejiga. Esta técnica, que tiene carácter invasivo y puede producir traumas que afecta el tracto urinario inferior y puede resultar en una infección urinaria. Se necesita conocimientos tanto anatómicos, fisiológicos y una habilidad técnica para llevar a cabo este procedimiento. Considerando que la prevención mediante la correcta indicación es la vía óptima para reducir la frecuencia de infecciones que se asocian con estos procedimientos (Diez et al., 2005).

El uso de realizar cateterizaciones es una técnica que posibilita la evacuación de la orina acumulada en la vejiga con el objetivo de recolectarla. Este enfoque, llamado sondaje, también puede emplearse con la finalidad de poder administrarse líquidos para tratamientos específicos o para el diagnóstico de posibles problemas en la vejiga. Para llevar a cabo este proceso, se utiliza catéteres, un dispositivo flexible diseñado para ser insertado en cavidades con el fin de facilitar el paso de líquidos (Campuzano et al., 2007).

2.1.13 Casos en los que se usa un catéter en un paciente

Para Rodríguez et al., (2012) esta técnica puede ser empleada por diversas razones, que incluyen: la obtención de una muestra de orina, el vaciamiento de la vejiga previo a una cirugía abdominal, su uso antes de una neumocistografía, en situaciones de obstrucción uretral o cuando es necesario administrar sustancias de contraste para una RX, además, se utiliza para la administración de medicamentos, también se recurre a este método cuando los pacientes sufren incontinencia como resultado de una cirugía en la vejiga. De esta forma se puede lograr un monitoreo constante para prevenir la distensión de la vejiga y al mismo tiempo reducir la tensión que se ocasiona por las suturas.

El uso de un catéter urinario en pacientes es para los que experimentan problemas o incapacidad para orinar, este procedimiento involucra la inserción de la sonda a través de la uretra hasta alcanzar la vejiga, con el propósito de extraer la orina acumulada (Mazzo et al., 2015).

2.1.14 Técnica e introducción de las sondas

La técnica que se usa para realizar un sondaje procede desde la asepsia, antes de realizar este procedimiento se debe contar con: pares de guantes, gasas, antiséptico: alcohol al 70%, yodo, clorhexidina, catéter uretral esto varía según el paciente, lubricante, jeringa de 3 – 5 ml, suturas para fijación. Es imprescindible tener en cuenta la importancia de la asepsia para realizar este proceso, para ello es necesario tener un lavado de manos antes y después de colocar la sonda. Se debe usar guantes estériles y de esta manera evitar contaminación exógena, antisepsia del

meato urinario previo a la introducción del catéter y así disminuir el número de microorganismo que puedan introducirse en la vejiga con el uso de la sonda, para poder realizar la introducción del catéter o sonda se debe lubricar la punta para que no produzca lesiones internas, siempre se debe tomar con la mano dominante y así evitaremos que se contamine.

Stornelli (2021), dice que para mantener el bienestar del paciente recomienda la sedación por ahí casos que los pacientes se encuentran nerviosos y esto produce molestias por el manejo que realiza, una vez que el paciente está sedado se lo coloca en decúbito ventral, con sus miembros posteriores recogidos o en forma de rana. Con la ayuda del dedo índice y el dedo pulgar de la mano no dominante separamos los labios para poder localizar el meato uretral y si no se puede observar hay que palparlo, una vez localizado se introduce la sonda suavemente y firme sin hacer presión, cuando se llegue a vejiga la orina empezara a salir. Se debe fijar la sonda en la vulva para evitar que se salga o el paciente empiece a morder y lo pueda jalar y producir lesiones internas (Diez et al., 2005).

Para Chew et al., (2010) la selección de una sonda es crucial para realizar este tipo de procedimientos, ya que elegir el tamaño correcto va a minimizar algún daño, por eso la aplicación de los lubricantes es primordial ya que hará más fácil introducir la sonda y no va a generar fricción.

2.1.15 Lesiones uretrales

En caninos y felinos, las lesiones en la uretra se originan debido a factores como traumas, accidentes automovilísticos, caídas, impactos, lesiones punzantes o daños accidentales ocasionados por procedimientos médicos, como el sondaje uretral o después de una intervención quirúrgica. Uno de los resultados de la ruptura en la uretra es la aparición de desequilibrios metabólicos provocados por la acumulación de orina debido a la obstrucción (Anderson et al., 2006).

Las afecciones del tracto urinario inferior en los caninos abarcan diversas enfermedades que impactan en la vejiga, la uretra y la próstata. Los síntomas más frecuentes son la hematuria, polaquiuria y disuria, entre estas afecciones, la

obstrucción de la uretra es una enfermedad que se presenta con mayor frecuencia en los perros machos, por lo general, está relacionada con enfermedades benignas o malignas, las causas benignas pueden incluir la formación de cálculos en el tracto urinario, problemas de coordinación nerviosa que afectan la micción y la inflamación de la uretra en forma de granulomas (Pinilla et al., 2020)

2.1.16 Impresiones 3D

La tecnología de impresiones tridimensionales (3D) se basa en la construcción de complejas estructuras mediante la adición de capas de material, aunque ha sido empleada en industrias, recientemente ha experimentado una mayor accesibilidad y su aplicación se ha extendido, especialmente en el ámbito médico. Se han identificado diversas aplicaciones médicas para esta tecnología, entre las que se incluyen la fabricación de prótesis, dispositivos y modelos personalizados destinados a la educación y la simulación (Abeysekera et al., 2021). Según Durfee et al., (2018) Las impresiones en 3D resultan especialmente ventajosa en el ámbito médico, puesto que posibilita la fabricación de dispositivos e implantes diseñados específicamente para pacientes con estructuras anatómicas complicadas, ya que este proceso se logra de una manera más económica en comparación con otras técnicas.

En lo que es la fabricación aditiva (AM) es un procedimiento en el cual se construye un objeto tridimensional agregando material para dar forma a los objetos. Esto engloba una amplia gama de métodos que hacen uso de diversos materiales y formas de unión. Las impresoras 3D, por ejemplo, depositan de manera selectiva hilos de plástico en líneas adyacentes para conformar las capas, una vez completadas las capas, la impresora agrega más del mismo hilo de plástico sobre la capa previamente creada, lo cual resulta en la formación de un objeto; mediante este proceso de añadir capa tras capa, es posible fabricar formas complejas y ajustar objetos entre impresiones si resulta necesario (Huysamen et al., 2020).

2.1.17 Biomodelos

(Balaguera et al., (2021) afirma que, desde tiempos antiguos, los modelos de animales han sido utilizados con el propósito de comprender procesos fisiológicos, anatómicos y patológicos, así como también como punto de partida para investigaciones en seres humanos. En el ámbito de la investigación biomédica, es necesario emplear animales de laboratorio como representaciones naturales o inducidas de biomodelos, los cuales presentan diversas enfermedades. Estos biomodelos son de gran ayuda para explorar y comprender la forma en que se desarrollan las enfermedades y la posibilidad de tratamientos.

Recientemente, se ha incorporado la enseñanza de la creación de modelos de tamaño real, como modelos anatómicos, con el propósito de mejorar la enseñanza, estas estrategias podrían ser valiosas para estudiantes de veterinaria. Los biomodelos han sido utilizados durante un largo tiempo como métodos de enseñanza, ya que resultan más efectivos que las imágenes en dos dimensiones para facilitar la comprensión y retención de los conceptos relacionados con la anatomía y la fisiología, esta técnica provee una excelente oportunidad para involucrar a los estudiantes en actividades basadas en la investigación, la colaboración y la resolución de problemas, lo cual no solo mejora el proceso de aprendizaje, sino que también estimula la curiosidad y el enfoque objetivo.

2.1.18 Impresión 3D en Medicina Veterinaria

Los modelos (3D) poseen aplicaciones educativas de gran importancia, beneficiando tanto a pacientes como a estudiantes, médicos en proceso de formación y a los cirujanos. Estos modelos juegan un rol esencial en la planificación de situaciones quirúrgicas complejas, los modelos impresos en 3D llegan a facilitar a los cirujanos la posibilidad de presentar visual y minuciosamente la complejidad del caso de los pacientes. En medicina veterinaria los estudios que se realizaron previos a una cirugía de columna, cirugía de corazón y abdominal, ayudaron a mejorar los diagnósticos y los tratamientos ya que se podían tener una mejor visualización de las estructuras que estaban afectadas y con los modelos impresos se tenía unas mejores

posibilidades de tener buenos resultados, con la ayuda de las impresiones en 3D, esto ayudo a producir implantes a medida para pacientes, ya que necesitan una reconstrucción ósea y para poder desarrollar se usó materiales biocompatibles que no rechace el cuerpo, en estos casos cuando es un trasplante de fémur se usa la hidroxiapatita ya que es un material antialérgico (Juárez et al., 2018).

2.1.19 Uso de modelos anatómicos para cateterización transuretral en caninas

La impresión 3D ofrece una amplia gama de beneficios en todos los campos de actividad de las ciencias veterinarias, desde la fabricación de prótesis tanto para animales, ampliando así el uso de modelos impresos en 3D para la enseñanza tanto de estudiantes como de docentes y abriendo más posibilidades de atención y cuidado de los pacientes (Gutiérrez et al., 2018). Ya que para Rizzi et al., (2018) antes de realizar la cateterización transuretral en un simulador, se realiza una limpieza en la región vaginal del maniquí de tal manera como se llevaría a cabo en un procedimiento real. Posteriormente, se coloca un guante estéril con lubricación y se procede a realizar la palpación utilizando el dedo. Para realizar la técnica a ciegas Abrams et al., (2020) el dedo se debe deslizar por la abertura vaginal, moviéndolo en dirección craneal y ventral hasta llegar a la zona inferior de la pelvis. Al mismo tiempo, se introduce la sonda utilizando la otra mano y guiada por el dedo, se dirige el catéter hacia el orificio uretral.

Según Tipler et al., (2020) otro método para realizar la cateterización transuretral en caninas o felinos implica emplear el método visual, con este método va a consistir en usar una fuente de iluminación para tener una vista de la abertura uretral, para lograr esto, se ejerce una leve tracción en dirección contraria al ano en la vulva, mientras se introduce un espéculo al mismo tiempo, este instrumento permite aplicar presión en el tejido blando del vestíbulo, lo que facilita la visualización de la uretra y permite la inserción del catéter.

2.1.20 Curva de Aprendizaje

Cada vez que repetimos una actividad, aprendemos de ella y la hacemos más eficiente, a esta actividad es conocida como curva de aprendizaje (CA), es una particularidad esencial en cualquier actividad organizada. Wright fue el primero en estudiar la curva de aprendizaje, que con las repeticiones que se realice el tiempo se reducirá, Wright tomo como ejemplo la fabricación de los aviones, donde los tiempos de ensamblaje de cada avión disminuía a medida que se ensamblaba más aviones (Rodríguez et al., 2022). La curva de aprendizaje es una herramienta que mide el tiempo necesario para realizar una tarea repetitiva, la CA se basa en la idea de que, a medida que se realiza una tarea con más frecuencia, el tiempo necesario para realizarla disminuye (Cardona et al., 2019).

Sarpong et al., (2020), menciona que cuando se evalúa la CA de un cirujano para realizar una técnica nueva, el cirujano va a tarda en adquirir las habilidades y la experiencia necesarias para realizar el procedimiento con éxito. La CA puede ser difícil de evaluar, ya que depende de una serie de factores, como la complejidad del procedimiento, la experiencia del cirujano y la disponibilidad de recursos. El paciente que se somete a una nueva técnica puede tener un mayor riesgo a un evento adverso, esto se debe a que el cirujano aún está aprendiendo y puede cometer errores. El riesgo de eventos adversos suele disminuir a medida que el cirujano supera la curva de aprendizaje.

Capítulo 3

3.1 Metodología de la Investigación

3.1.1 Área de estudio

La práctica se desarrolló en el Hospital Veterinario de la Universidad Católica de Cuenca, la cual se encuentra ubicado en la provincia del Azuay, cantón Cuenca, en la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias; esta se ubica en la Panamericana Norte km 2½ (Google Maps, 2023).



Figura 1 Hospital Veterinario

3.1.2 Materiales

3.1.2.1 De Oficina

- Esfero
- Cuaderno
- Calculadora

3.1.2.2 Material Biológico

- Tres canicas de diferente tamaño

3.1.2.3 Materiales para cateterización transuretral

- Jeringas
- Gasas
- Guantes
- Mesas
- Lubricante
- Modelo impreso 3D
- Sondas

3.1.2.4 Materiales físicos

- Impresora Anycubic
- Tomógrafo
- Computadora
- Software Meshmixer
- PLA (bioplástico)
- Cámara fotográfica
- Globos

3.1.3 Variables por cuantificar

3.1.3.1 Variables independientes

- Modelo anatómico para cateterización uretral en caninas
- Funcionalidad del modelo anatómico en 3D
- Modelo vivo de una hembra canina (sedada)

- Número de 20 alumnos

3.1.3.2 Variables dependientes

- Tiempo para realizar la cateterización uretral
- Número de intentos por estudiantes

3.2 Procedimiento y muestreo

Para poder realizar la impresión 3D, se parte de la realización de una tomografía axial computarizada (TAC), por medio de este se generará la anatomía topográfica del sistema excretor urinario de las hembras caninas (*canis lupus familiaris*); para la impresión de los maniqués se tomó en consideración dos hembras caninas de raza mediana (American Bully) y raza grande (Pitbull Terrier), con edades de 2 años y 5 años.

Para la toma de la TAC se procede a una sedación para realizar el sondaje. Colocar una sonda sirve para mantener una guía por dónde va la uretra, todos estos procedimientos se realizó en el Hospital Veterinario de la Universidad Católica de Cuenca, la TAC se realizó en Medimagen; para realizar la TAC a una de las caninas se le coloco 30 ml de contraste, esto permite una visualización de la uretra.

3.2.1 Diseño Experimental

Realizado la impresión 3D del modelo anatómico del sistema urinario se realizó la práctica, con los alumnos de medicina veterinaria de la Universidad Católica de Cuenca. Para poder probar el funcionamiento y la facilidad de aprendizaje la práctica se lo realizo en dos fases:

- La primera fase, consiste en que el grupo de 20 alumnos puedan practicar en los simuladores con tres intentos cada uno, lo que se va a tomar es el

tiempo que demoro cada alumno por intento para realizar la cateterización transuretral en caninas.

- La segunda fase, los alumnos ya entrenaron con los simuladores, se va realizar en una canina viva con los mismos 20 alumnos en dos intentos. El paciente va estar previamente sedado para mantener el bienestar animal y no pueda sentir molestias. Lo que se desea es que los alumnos lo puedan hacer en menor tiempo y nos va a servir para medir la curva de aprendizaje y para poder determinar si los simuladores son efectivos.

3.2.2 Análisis estadístico

La elaboración del diseño experimental se basa en la realización de una estadística descriptiva y cuantitativa luego de probar el simulador impreso 3D de un modelo anatómico del sistema urinario de una hembra canina, analizando la funcionalidad mediante una la curva aprendizaje, ya que mediante este método se usa el tiempo y el número de intentos que se necesitara cada estudiante para mejorar en este tipo de procedimientos ya sea de forma autónoma para tener resultados favorables; la curva de aprendizaje va a demostrar las destrezas de los alumnos ya que todo va a depender de los conocimientos anatómicos. De esta manera se va a determinar la facilidad o complejidad del método de sondaje transuretral realizado por los alumnos.

Capítulo 4

4.1 Resultados

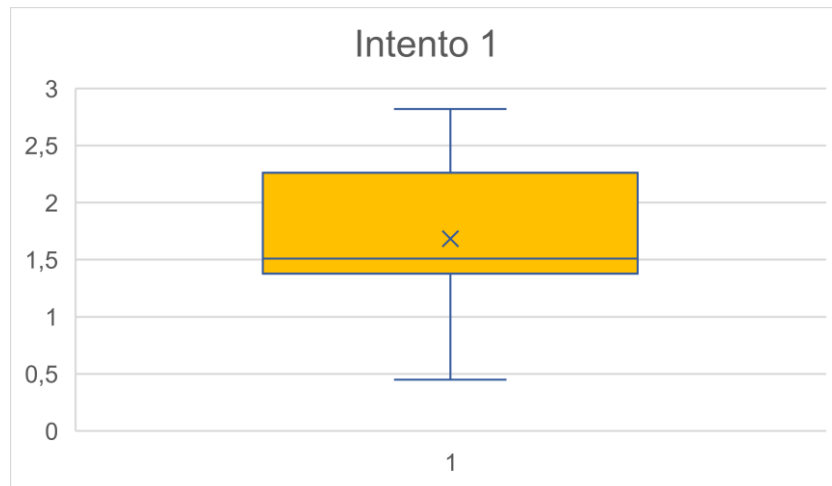


Figura 2 Intento 1 en maniqués 3D

La figura 2, indica el valor **X** es la mediana y las líneas superiores e inferiores es la línea de promedio, esto permite tener un rango desde X, mencionando que los tiempos van desde 2,3 minutos a 1,3 minutos. En el primer intento para realizar la cateterización transuretral en un modelo impreso en 3D los alumnos realizaron tiempos elevados esto es el reflejo que debe tener mayor práctica, lo que el diagrama de caja y bigotes ayuda a identificar los valores atípicos, y como es en este caso, no hay dichos valores, esto ayudara a comparar los datos del intento 1 con el resto de intentos y entender la variabilidad de los datos.

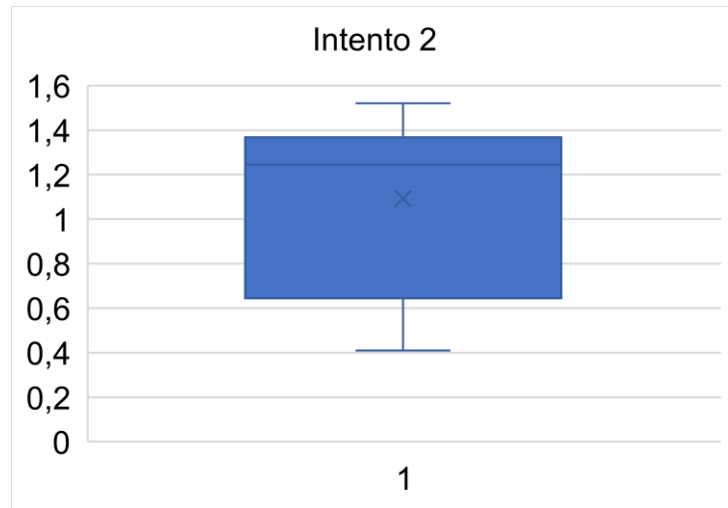


Figura 3 Intento 2 en maniqués en 3D

La figura 3, indica el tiempo que los alumnos tardaron en realizar la cateterización transuretral en caninas en los modelos impresos en 3D, con estos datos se observó que los alumnos en el intento 2 mejoraron su tiempo para realizar este procedimiento.

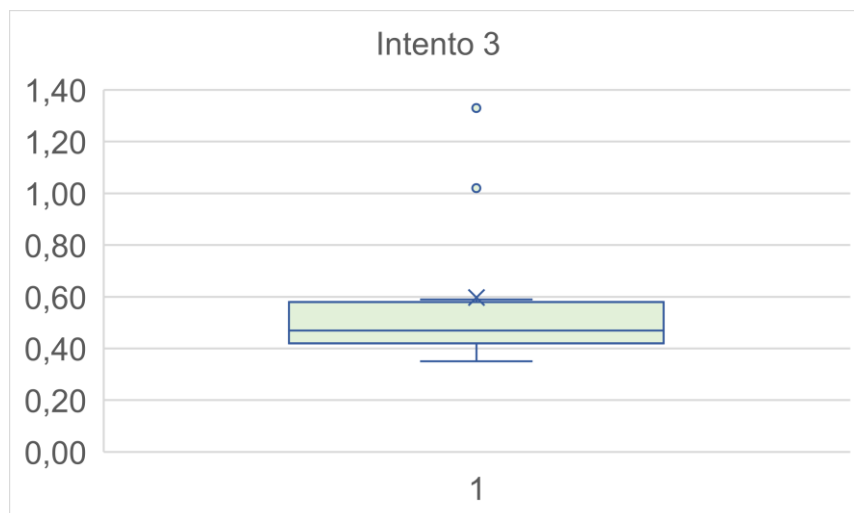


Figura 4 Intento 3 en maniqués 3D

Los análisis de la figura 4, se observa una variabilidad, con respecto a dos intentos anteriores, porque los alumnos mejoran sus tiempos para realizar la cateterización transuretral en los modelos impresos en 3D con la práctica, en este intento 3 existe una disminución de los tiempos ya que han disminuido hasta alcanzar 0,41 segundos es el dato de unos de los alumnos con mejor tiempo. En el intento 3 se

encontró valores atípicos estos son valores de estudiantes que a pesar de practicar siguen teniendo tiempos altos como es se observa en la figura 5.

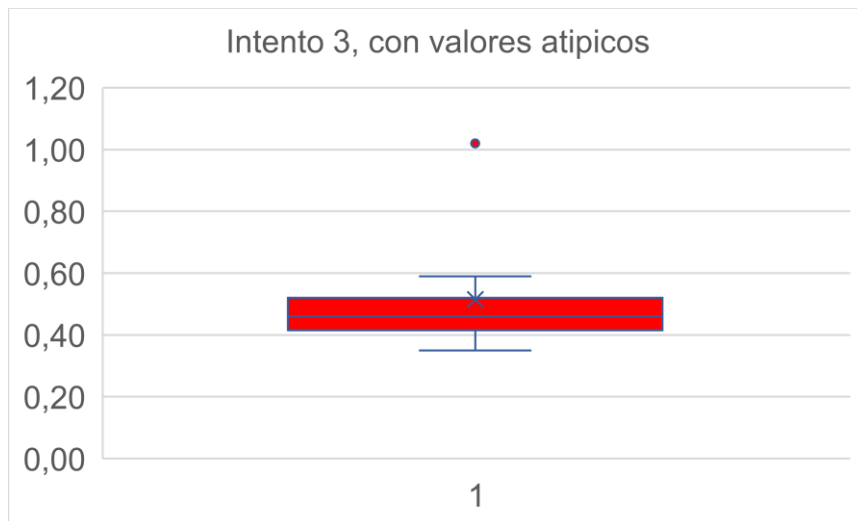


Figura 5 Intento 3, con valores atipicos

Figura 6, es el tiempo que les tomo realizar a los alumnos en el intento 4 la cateterización transuretral en un modelo vivo de una hembra canina, los tiempos con relación los tres intentos anteriores en impresiones 3D es distinto, ya que existe una variación en los tiempos los mismos que son altos, en estos casos un profesional por lo general lo hace de 1 a 2 minutos, es por la experiencia que se maneja. Los tiempos de los alumnos siendo el más alto 4,10 minutos y el tiempo más bajo es de 1,3 minutos y teniendo una media de 2,42 minutos.

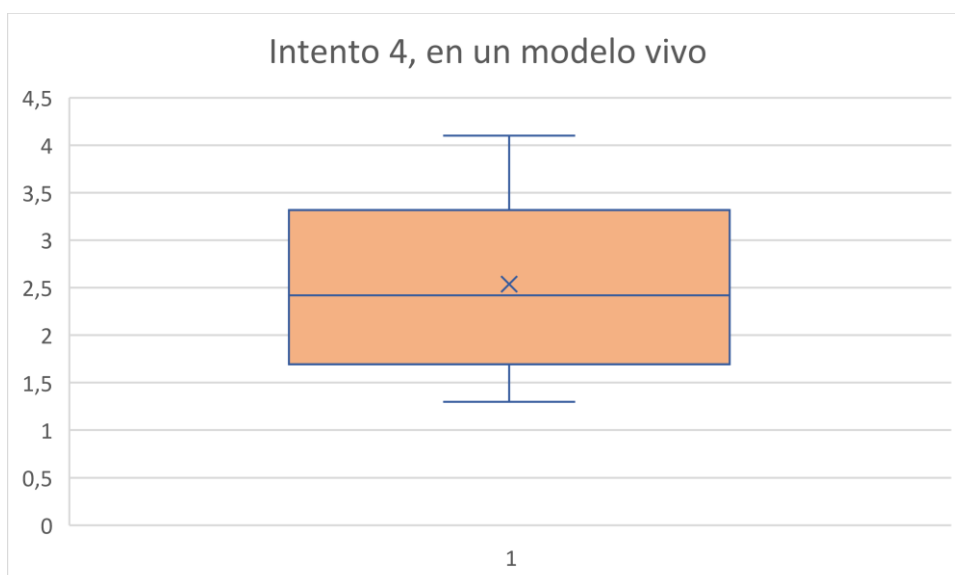


Figura 6 Intento 4, en un modelo vivo

Figura 7, son los tiempos que el alumno le tomo realizar en un modelo vivo de una hembra canina, estos tiempos han ido disminuyendo en el intento 5, esto quiere decir que repitiendo algunas veces los tiempos van a mejorar, basándonos en que el tiempo más alto fue de 3,47 minutos, la media es de 2,16 minutos y el tiempo más bajo fue de 0,38 segundos.

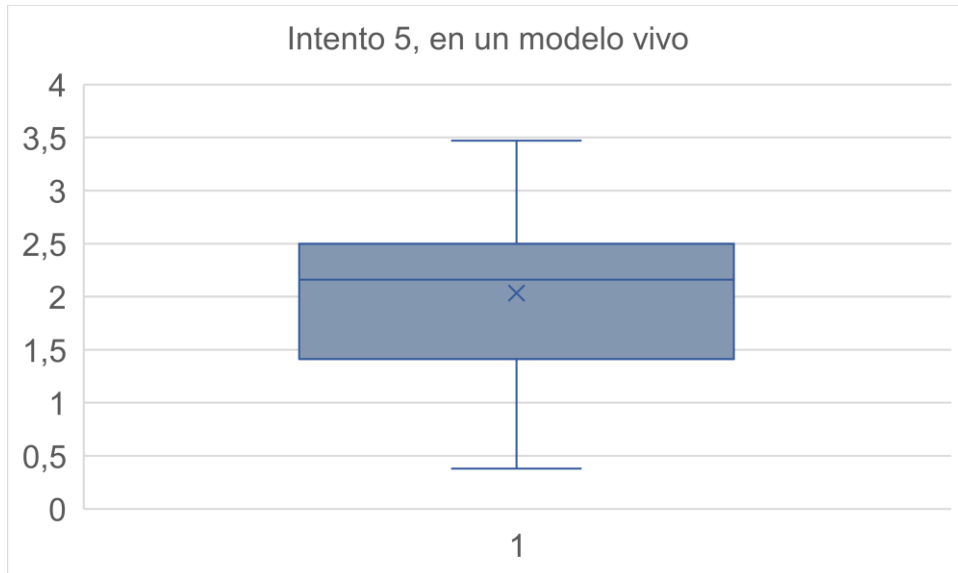


Figura 7, Intento 5, en un modelo vivo

Figura 8, representa la curva de aprendizaje en un modelo impreso en 3D de una canina se usó la regresión lineal ($y=ax+b$), de los intentos 1, 2, 3, siendo la ecuación de estos " $y = 0,0067x^2 - 0,6107x + 2,2865$ ", desde el intento 1 los tiempos que realizaron fueron altos, pero con los siguientes intentos 2 y 3 el cambio es distinto ya que se a visto una disminución según los intentos que hicieron cada alumno.

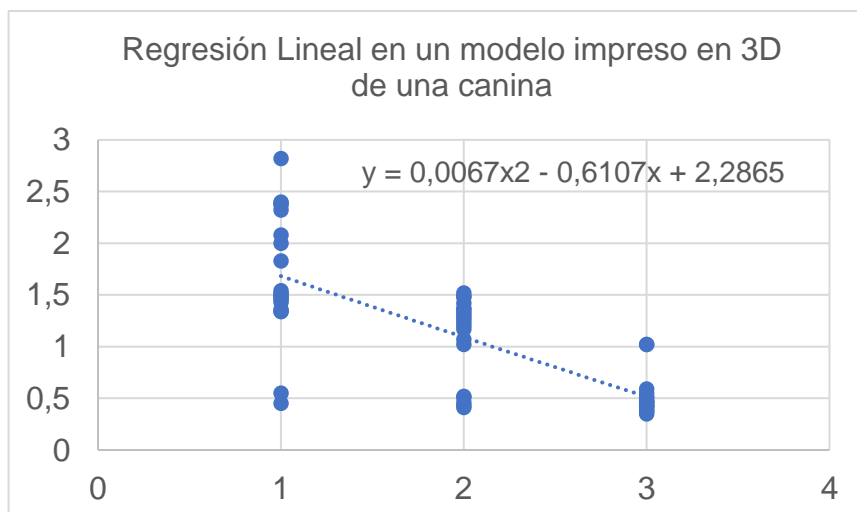


Figura 8, Regresión Lineal en un modelo impresos en 3D de una canina

Figura 9, es la curva de aprendizaje en un modelo vivo de una canina, en el intento 5, la ecuación es “ $y = -0,5035x + 4,5505$ ”, en comparación al intento 4 los tiempos disminuyeron notablemente haciendo que haya una mejora en la cateterización transuretral en un modelo vivo siendo el tiempo más alto 4,10 minutos, la media 2,03 minutos y el tiempo más bajo 0,38 segundos.

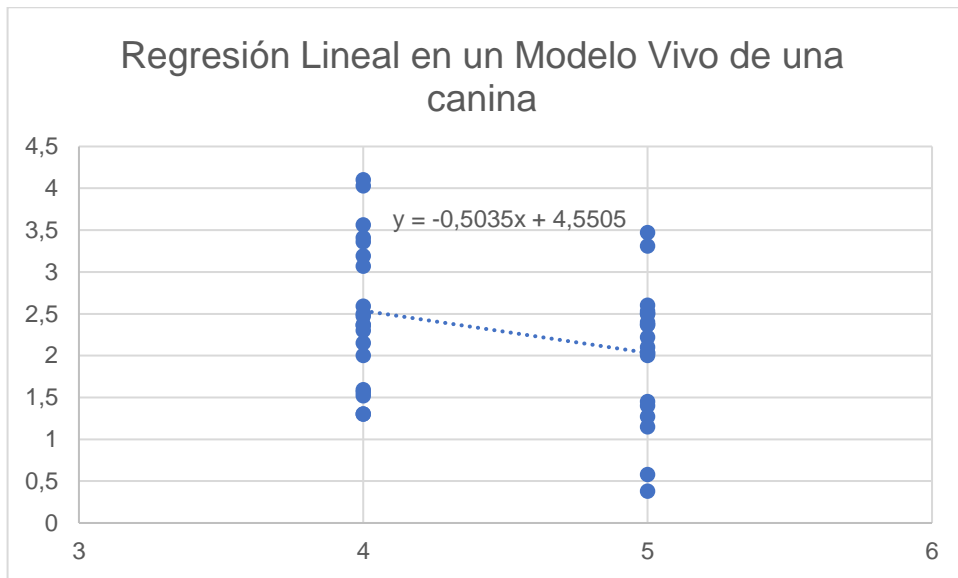


Figura 9, Regresión Lineal en un modelo vivo de una canina

Capítulo 5

5.1 Discusión

En este estudio, se focalizó en analizar que realizar la cateterización transuretral en caninas, por parte de los alumnos de medicina veterinaria en maniqués impresos en 3D, lo que se desea es mantener el bienestar animal y el confort físico de los pacientes y evitar que los animales de una forma u otra sean un medio de práctica físico, por eso el uso de los modelos impresiones en 3D. Se investigó de qué manera proporcionar un método más adecuado para que los alumnos puedan poner en práctica sus conocimientos anatómicos. Con la impresión en 3D lo que se busca es medir el tiempo que cada estudiante realiza con el número de intentos, porque con la práctica van a tener un mejor desenvolvimiento para realizar la cateterización en caninas, ya que un profesional lo debe hacer en un tiempo de 1 a 2 minutos. Porque al usar la curva de aprendizaje se va a medir el tiempo y los intentos que cada alumno realiza y se va a ver cómo van evolucionando en la práctica con los modelos impresiones 3D.

Martínez et al., (2021) considera que las curvas de aprendizaje son los modelos respaldados por datos empíricos que han facilitado el examen de las transformaciones tecnológicas que se producen a medida que se gana experiencia, desde este punto de vista, el aprendizaje se concibe como el conocimiento que se acumula mediante la repetición de un proceso. Ballesteros et al., (2005) también menciona que las curvas de aprendizaje, se basan en la idea de que tanto las empresas como el personal vayan mejorando sus procesos a medida que los repiten, lo que resulta en un aumento en su habilidad o eficiencia gracias a la acumulación de experiencia. Además, el aprendizaje también se ve influenciado por cambios en la gestión, en el equipo y los diseños de los productos, con esta forma el resultado que hacen por medio de los equipos, el método que apliquen va a influir en el mejoramiento para poder medir el rendimiento y graficar los resultados por medio de la curva de aprendizaje.

Latiff, (2005) dice que los factores que pueden alterar la curva de aprendizaje, van a variar de la destreza de cada persona y los conocimientos de anatomía antes de realizar el procedimiento, por esta razón se opta que los doctores antes de realizar una intervención quirúrgica pongan en práctica en simuladores impresos en 3D, por

lo cual la curva de aprendizaje va tener cambios en su pendiente. Se ha demostrado que el cirujano inexperto se lo ha entrenado tanto en cirugías abiertas como en laparoscópica, lo que hicieron fueron comparar las habilidades y el tiempo que les tomo realizar el procedimiento, por esto la curva de aprendizaje va a depender del procedimiento en un cierto periodo de tiempo. Las curvas de aprendizaje van a influir por el conocimiento y la destreza de cada persona, otro factor es no conocer la anatomía de los pacientes y a medida que vaya teniendo mayor conocimiento el personal la curva va tener un cambio.

Telich-Tarriba et al., (2020) menciona que la impresión en 3D, se basa en formar partes físicas que se crean en programas de computación, las impresiones se lo realizan capa por capa, para realizar este proceso pueden ser de un material diferente ya sea de material plástico o de silicona; en los tiempos actuales la impresión en 3D ayuda a definir mejor la dimensión, la posición de las diferentes partes o la estructura que se va abordar por lo cual mejora el procedimiento que se va a realizar cada paciente, una de las ventajas que se tiene es que con el modelo en 3D permite tener una comprensión de la anatomía de los pacientes. Para Heinze et al., (2020) las impresiones en 3D han tenido grades intereses para realizar los entrenamientos antes de realizar una cirugía, por esta razón el modelo impreso en 3D es un medio útil, esto sea dentro de las universidades, instituciones hospitalarias las cuales se dedican a la enseñanza por medios prácticos.

La impresión tridimensional podría llegar a representar soluciones que proporcionan a los estudiantes y a los médicos tengan una amplia gama de maniqués que es diseñado con fines prácticos para que puedan perfeccionar y mejorar las habilidades quirúrgicas. Edo Llobet et al., (2021) habla que con los nuevos desarrollos de la tecnología como es la impresión en 3D, tiene características que antes no se podía realizar ya que menciona que un cirujano antes solo podía ver en 2 planos y esta misma tenía que recrear el tercer plano, ahora con la tecnología actualizada esto se puedo ya imprimir en tres planos. El modelo anatómico impreso en 3D, es una herramienta útil para poder planificar las cirugías, ya que es una guía que nos va ayudar a encontrar o ubicar anatómicamente, con el fin de garantizar nuestras habilidades y los tiempos de una cirugía, ya que con la ayuda de los maniqués en 3D se va a diseñar las estrategias para abordar las cirugías, estos modelos en 3D se

asemejan lo más real a un órgano de un paciente y se puede practicar las veces que sean necesarias. La impresión 3D se utiliza en la medicina para crear modelos sintéticos de órganos y tejidos. Estos modelos se pueden utilizar para fines de entrenamiento y planificación, lo que puede mejorar la seguridad y la precisión de la atención médica antes de una cirugía (Aranda, 2020).

Capítulo 6

6.1 Conclusiones

Se ha logrado desarrollar con éxito un modelo anatómico tridimensional del sistema excretor urinario de las caninas. Este prototipo puede ser una herramienta valiosa para la capacitación y práctica de la cateterización transuretral en caninos, lo que puede mejorar la precisión y seguridad de este procedimiento médico. La tecnología de impresión en 3D ofrece la ventaja de crear representaciones anatómicas realistas y personalizadas que pueden ser útiles en la formación de profesionales de la salud veterinaria y en la investigación médica relacionada con el sistema urinario de los canes.

Se diseñó el modelo anatómico en 3D de acuerdo con principios pedagógicos y directrices específicas, con el fin de enriquecer la enseñanza de la cateterización transuretral en caninas. Este modelo proporcionó eficiencia a la hora de canalizar, según los tiempos e intentos proyectados para estudiantes en medicina veterinaria, permitiéndoles adquirir habilidades de manera segura y eficaz, lo que, en última instancia, contribuirá a una formación más sólida y a una mejora en la atención médica a caninos.

Se ha llevado a cabo una evaluación de la funcionalidad del modelo anatómico impreso en 3D por parte de los alumnos de los ciclos séptimo, octavo y decimo de la carrera de medicina veterinaria. Esta evaluación proporcionó información valiosa sobre la efectividad del modelo como una herramienta educativa para la enseñanza de conceptos y habilidades relacionadas con la medicina veterinaria, ya que con el intento número cuatro en una de las hembras canina vivas los tiempos variaron en relación a los tiempos realizados en los maniqués, los valores del intento cuatro, se observa que los tiempos son elevados en comparación a los intentos anteriores.

Se evaluó la curva de aprendizaje de la cateterización transuretral en caninas por parte de los estudiantes de medicina veterinaria. A través de ensayos previos en el modelo anatómico impreso en 3D y, posteriormente, en un paciente real, se ha determinado cómo los estudiantes adquieren habilidades, destrezas y experiencia en

este procedimiento a lo largo del tiempo ya que se observó un cambio, con respecto a los primeros intentos en los maniqués.

6.2 Recomendaciones

- Se debe asegurar el que modelo anatómico represente con precisión la anatomía de las caninas. Cuanto más realista sea, mejor será como herramienta de aprendizaje.
- Realizar evaluaciones periódicas de la efectividad del modelo como herramienta de enseñanza y realizar mejoras en función de los resultados y las necesidades identificadas.
- Recopilar opiniones y comentarios de los estudiantes y profesores para mejorar continuamente el modelo. Su retroalimentación es esencial para hacer ajustes y mejoras.
- Proporcionar una capacitación inicial a los estudiantes sobre cómo utilizar la tecnología de manera efectiva para sacar el máximo provecho de la experiencia de aprendizaje, como por ejemplo sensores de presión o retroalimentación háptica, para que obtengan una experiencia más interactiva y realista.
- Proporcionar documentación y guías detalladas, es fundamental para asegurarse de que los estudiantes puedan aprovechar al máximo el modelo anatómico en su aprendizaje de la cateterización transuretral en caninas.

Bibliografía

- Abeysekera, N., Whitmore, K. A., Abeysekera, A., Pang, G., & Laupland, K. B. (2021). Applications of 3D printing in critical care medicine: A scoping review. *Anaesthesia and Intensive Care*, *49*(3), 164–172. <https://doi.org/10.1177/0310057X20976655>
- Abrams, B. E., Selmic, L. E., Howard, J., Horvath, S. J., Bednarski, L., McLoughlin, M. A., & Wavreille, V. A. (2020). Randomized controlled trial to evaluate a novel two-catheter technique for urethral catheterization in anesthetized healthy female cats and small dogs. *American Journal of Veterinary Research*, *81*(5), 448–452. <https://doi.org/10.2460/ajvr.81.5.448>
- Alfonso Latiff. (2005). La “Curva de Aprendizaje”. Qué es y cómo se mide. *Revista Urología Colombiana*, *XI*(1), 15–17.
- Anderson, R. B., Aronson, L. R., Drobatz, K. J., & Atilla, A. (2006). Prognostic Factors for Successful Outcome Following Urethral Rupture in Dogs and Cats. *Journal of the American Animal Hospital Association*, *42*(2), 136–146. <https://doi.org/10.5326/0420136>
- Aranda, M. (2020). Un cambio en los paradigmas de los sistemas de salud, la tecnología 3D. *Revista Peruana de Investigación En Salud*, *4*(3), 121–126. <https://doi.org/10.35839/repis.4.3.685>
- Balaguera Quinche, D. F., Vesga Castillejo, J. A., Burgos Guzmán, A. L., Simbaqueva Peña, J. S., Rodríguez Rodríguez, J. S., & Córdoba Parra, J. D. (2021a). El uso de los biomodelos didácticos en las ciencias veterinarias: Una revisión. *Ciencias Veterinarias*, *39*(2), 1–13. <https://doi.org/10.15359/rcv.39-2.1>
- Bertha Diez, & Rosita Ossa Montoya. (2005). Cateterismo Uretral: un tema para la reflexión. *Investigación y Educación En Enfermería*, *XXIII*(2), 118–136.
- Blanca Robles. (2016). *Situación actual de la urolitiasis canina en el cuatro hospitales de la ciudad de Guatemala* [Tesis de Grado, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA]. <https://1library.co/document/yjewdgmq-situacion-actual-urolitiasis-canina-cuatro-hospitales-ciudad-guatemala.html>
- Cardona-Arbeláez, D. A., Del Río-Cortina, J. L., Romero-Severiche, A. K., & Lora-Guzmán, H. (2019). La curva de aprendizaje y su contribución al desempeño del talento humano en las organizaciones: una revisión teórica. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, *10*(1), 37–51. <https://doi.org/10.19053/20278306.v10.n1.2019.10010>

- César-Juárez, Á. A., Olivos-Meza, A., Landa-Solís, C., Cárdenas-Soria, V. H., Silva-Bermúdez, P. S., Suárez Ahedo, C., Olivos Díaz, B., Ibarra-Ponce de León, J. C., César-Juárez, Á. A., Olivos-Meza, A., Landa-Solís, C., Cárdenas-Soria, V. H., Silva-Bermúdez, P. S., Suárez Ahedo, C., Olivos Díaz, B., & Ibarra-Ponce de León, J. C. (2018). Uso y aplicación de la tecnología de impresión y bioimpresión 3D en medicina. *Revista de La Facultad de Medicina (México)*, 61(6), 43–51. <https://doi.org/10.22201.fm.24484865e.2018.61.6.07>
- D'GROAT, W. C. (1980). Physiology of the Urinary Bladder and Urethra. *Annals of Internal Medicine*, 92(2_Part_2), 312. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-92-2-312>
- Dennis J. Chew, Stephen P. DiBartola, & Patricia A. Schenck. (2010). *Canine and feline nephrology and urology* (ELSE, Ed.; ELSEIVER Saunders, Vol. 2). Saunders.
- Durfee, W. K., & Iazzo, P. A. (2018). Medical Applications of 3D Printing. In *Engineering in Medicine* (pp. 527–543). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813068-1.00021-X>
- Edo Llobet, M., Pérez Fernández, A., Pablos González, Ó., & Cañas Miguel, E. (2021). Todo lo que nos puede aportar la impresión de tejidos blandos en 3D. *Monografías de Actualización de La Sociedad Española de Medicina y Cirugía Del Pie y Tobillo*, 13(1). <https://doi.org/10.24129/j.mact.1301.fs2105007>
- Fredotovich, N. (2003). Historia de la Urología. Historia de un emblema de la urología: la sonda. *Revista Argentina de Urología*, 68(3), 121–124.
- Germán Campuzano, & Mario Arbeláez. (2007). El Uroanálisis. *Revista Urología Colombiana*, XVI(1), 67–92.
- González, J. (2018). *Presencia de bacterias en orina de Canis lupus familiaris gerontes aparentemente sanos atendidos en las clínicas veterinarias “Perla del Pacífico” y “Veterinaria Chonillo” de la ciudad de Guayaquil* [Tesis]. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Google Maps. (2023, August 27). *Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Católica de Cuenca*. <https://www.google.com/maps/@-2.8817248,-78.9590576,588m/Data=!3m1!1e3!5m1!1e2?HI=es-ES&entry=ttu>. <https://www.google.com/maps/place/Facultad+de+Veterinaria+y+Agronom%C3%ADa+Universidad+Cat%C3%B3lica/@-2.8817248,-78.9590576,588m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x91cd17931588b9c7:0x4f9e592>

- 2505e625!8m2!3d-2.8816578!4d-
78.9582713!16s%2Fg%2F11fgl0q32_!5m1!1e2?hl=es-ES&entry=ttu
- Gutiérrez-Sandí, W., Lemos-Pires, T., Galiano-Murillo, G. C., & Madrigal-Lobo, J. A. (2018). Aplicaciones de las Impresoras 3D en el desarrollo de prótesis para cirugía de reemplazo protésico (artroplastias). Uso en caninos. *Revista Tecnología En Marcha*, 31(3). <https://doi.org/10.18845/tm.v31i3.3908>
- Heinze, A., Basulto-Martinez, M., & Suárez-Ibarrola, R. (2020). Impresión 3D y sus beneficios en el campo de la educación médica, entrenamiento y asesoría del paciente. *Revista Española de Educación Médica*, 1(1), 1–8. <https://doi.org/10.6018/edumed.421221>
- Huysamen, H. W., Kinnear, W. A., Fonternel, T. E., Turton, E., Yadroitsava, I., & Yadroitsev, I. (2020). 3D PRINTED LARYNGOSCOPE FOR ENDOTRACHEAL INTUBATION. *South African Journal of Industrial Engineering*, 31(3). <https://doi.org/10.7166/31-3-2446>
- J. Rodríguez-Antolín, E. Cuevas, L. Nicolás, V- Fajardo, F. Castelán, & M. Martínez-Gómez. (2012). Histología uretral y vaginal en algunas hembras de mamíferos. *Universidad y Ciencia*, 28(1), 85–95.
- Juan José Badiola. (2006, January 1). *El Futuro de la Profesión Veterinaria*.
- Lujan, H. L., Krishnan, S., O'Sullivan, D. J., Hermiz, D. J., Janbaih, H., & DiCarlo, S. E. (2013). Student construction of anatomic models for learning complex, seldom seen structures. *Advances in Physiology Education*, 37(4), 440–441. <https://doi.org/10.1152/advan.00098.2013>
- María Cecilia Stornelli. (2021). *Atlas de orina* (M. S. Arauz, L. L. L. Fontana, & P. L. Martín, Eds.). Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). <https://doi.org/10.35537/10915/129690>
- Mariangeles Vita. (2021). *Atlas de orina* (M. S. Arauz, L. L. L. Fontana, & P. L. Martín, Eds.; pp. 19–32). Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). <https://doi.org/10.35537/10915/129690>
- Martínez Gutiérrez, R., Landero Mada, A. A., Carey Raygoza, C. E., & Hurtado Sánchez, C. (2021). Curva de aprendizaje del ingeniero en comunicaciones y electrónica del espacio aéreo. *Ciencia y Poder Aéreo*, 16(2), 128–147. <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.687>

- Mazzo, A., Beltreschi Bardivia, C., Jorge, B. M., Duarte Souza Júnior, Fumincelli, L., & Mendes, I. A. (2015). Cateterismo urinario permanente: práctica clínica. *Enfermería Global*, 14(2).
- McLoughlin, M. A. (2011). Complications of Lower Urinary Tract Surgery in Small Animals. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 41(5), 889–913. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2011.07.001>
- Núñez-Torres Oscar Patricio, Lozada-Salcedo Euclides Efraín, Rosero-Peñaherrera Marco Antonio, Cruz-Tobar Eduardo Saúl, & Aragadvay-Yungan Ramon Gonzalo. (2017, April). *Evaluación de avena hidropónica (Arrenatherium elatius) en la alimentación de conejos en la etapa de engorde*. Journal of the Selva Andina Animal Science.
- Paul Chung. (2023, May). *Cómo hacer el cateterismo uretral en las mujeres*. Manual MSD.
- PEDRO BALLESTEROS, DIANA BALLESTEROS RIVEROS, & CESAR JARAMILLO. (2005). APLICACIÓN DE LA LÚDICA EN LA CURVA DE APRENDIZAJE. *Scientia Et Technica*, XI(27), 185–190.
- Pedro Henrique Martins de Oliveira, Daniel Pinheiro, & Hélio Begliomini. (2018). LA HISTÓRIA DA UROLOGIA A PARTIR DO JURAMENTO DE HIPÓCRATES. *Revista de La Facultad de Medicina Teresópolis*, 2(2). <https://revista.unifeso.edu.br/index.php/faculdadedemedicinadeteresopolis/articloe/view/989/507>
- Pedro Oliveira, Daniel Hernandez, & Hélio Begliomini. (2018). La historia de la urología a partir del juramento de Hipócrates. *Facultad de Medicina de Teresópolis*, 2(2).
- Pinilla León, J. C., & Da Silva, N. (2020). Uropatía obstructiva en canino: reporte de caso clínico. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 30(4), 1830–1836. <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i4.17192>
- Rodríguez Romero, Y., Cespón Castro, R., & Tovar Perilla, N. J. (2022). Estudio empírico sobre curvas de aprendizaje en sistemas de gestión logística. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 30(4), 794–802. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052022000400794>
- Sarpong, N. O., Herndon, C. L., Held, M. B., Neuwirth, A. L., Hickernell, T. R., Geller, J. A., Cooper, H. J., & Shah, R. P. (2020). What Is the Learning Curve for New Technologies in Total Joint Arthroplasty? A Review. *Current Reviews in*

Musculoskeletal Medicine, 13(6), 675–679. <https://doi.org/10.1007/s12178-020-09671-7>

Telich-Tarriba, J. E., Ramírez-Sosa, L. E., Palafox, D., Ortega-Hernández, E., & Rendón-Medina, M. A. (2020). Aplicaciones de la impresión 3D en cirugía plástica reconstructiva. *Revista de La Facultad de Medicina*, 68(4). <https://doi.org/10.15446/revfacmed.v68n4.77862>

Theresa E. Rizzi, Amy Valenciano, Mary Bowles, Rick Cowell, Ronald Tyler, & Dennis B. DeNicola. (2018). *Atlas de urianálisis canino y felino* (Multimédica Ediciones Veterinarias, Ed.; 1st ed.).

Tipler, A., Moses, E., Greer, R., Delisser, P., McCracken, B., & Moses, P. (2020). Urinary catheterisation of female dogs: a comparison between three techniques for catheter placement. *Australian Veterinary Journal*, 98(8), 364–370. <https://doi.org/10.1111/avj.12961>

Anexos

Tabla 1 Número de intentos y análisis de tiempos en maniqués impresos en 3D

# De Alumnos	# De Intentos		3
	1	2	
		Tiempo	
1	2,08	1,31	0,45
2	2,4	1,42	0,42
3	1,34	1,28	0,38
4	2	1,48	1,34
5	2,39	1,49	0,44
6	1,36	1,02	0,47
7	2,82	1,26	0,47
8	1,48	1,2	0,51
9	1,83	1,33	0,55
10	2,32	1,23	0,59
11	1,51	0,52	1,02
12	1,43	1,17	0,47
13	1,54	1,37	0,43
14	1,34	0,46	0,42
15	0,45	0,41	0,37
16	0,55	0,43	0,35
17	1,45	1,07	0,51
18	1,48	1,36	1,02
19	1,51	0,51	0,40
20	2,37	1,52	1,33

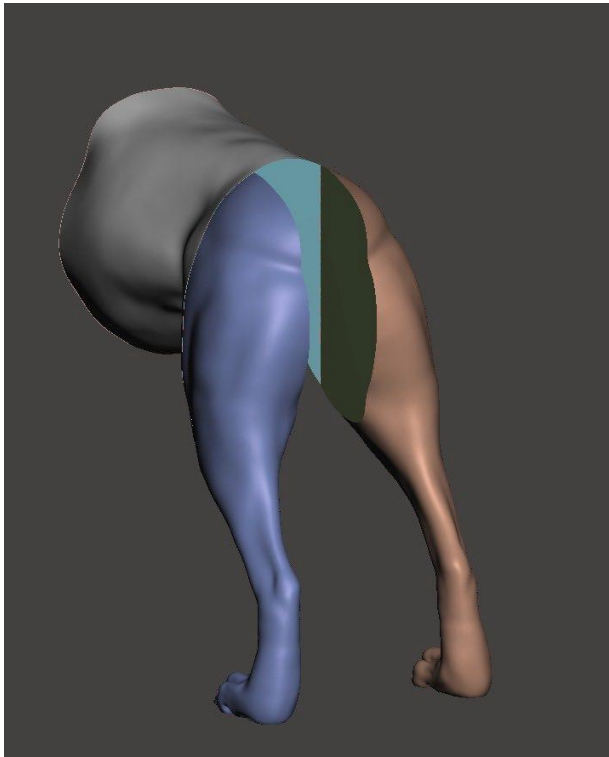
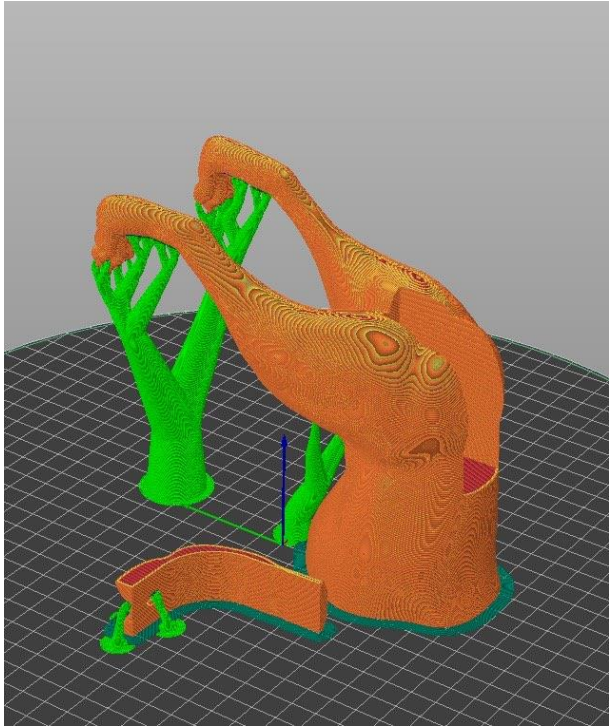
Tabla 2 Intento 4 y 5 en un paciente vivo de una hembra canina

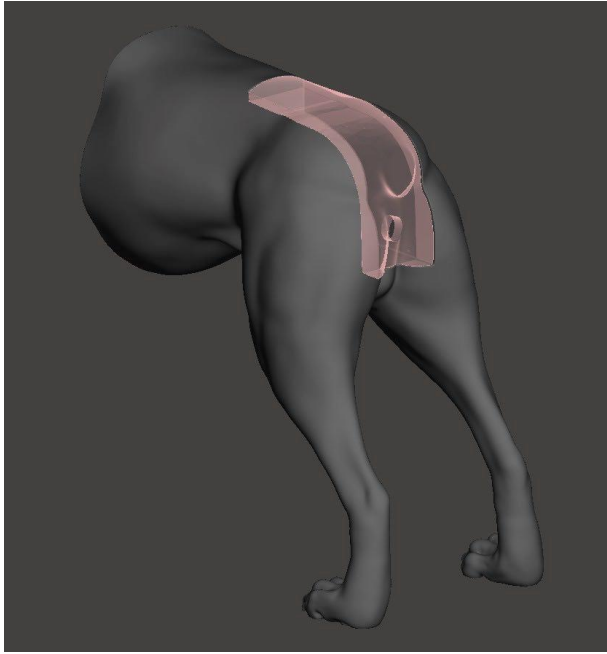
# De Alumnos	# De Intentos	# De Intentos
	4	5
	Tiempo	Tiempo
1	2,5	2,6
2	1,3	2,5
3	2,37	1,15
4	1,3	1,4
5	2	1,45
6	2,3	2,22
7	3,07	2,37
8	2,59	2
9	1,52	1,27
10	3,19	2,37
11	2,47	2,1
12	1,59	0,58
13	1,56	0,38
14	2,15	2,03
15	2,36	2,03
16	3,41	2,53
17	4,03	3,47
18	4,1	3,31
19	3,56	2,4
20	3,36	2,5

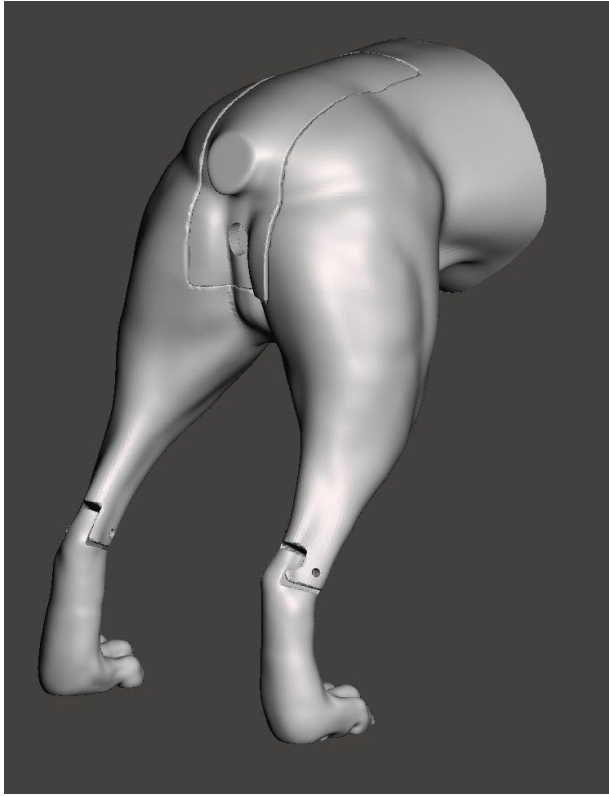
Tabla 3, Análisis de varianza

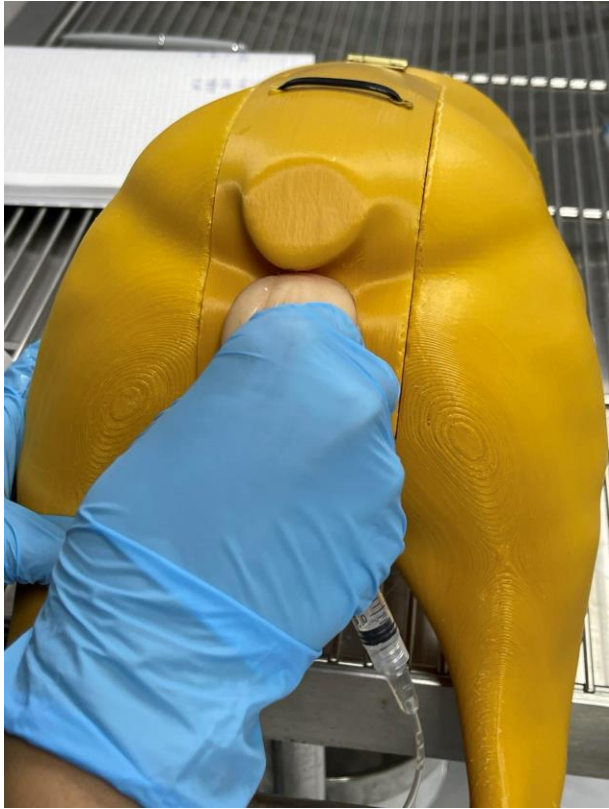
Intentos	Variable	N	Min	Max	Promedio	Desviación Estándar	CV%
1	Tiempo	20	0,45	2,82	1,6825	0,602135454	35,80%
2	Tiempo	20	0,41	1,52	1,092	0,382604234	35,04%
3	Tiempo	20	0,35	1,34	0,60	0,311888982	52,24%
4	Tiempo	20	1,3	4,1	2,5365	0,869865537	34,29%
5	Tiempo	20	0,38	3,47	2,033	0,796334365	39,17%























Erick Xavier Mazón Maurad portador de la cédula de ciudadanía N.º **0106432917**. En calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “**Diseño de un Modelo Anatómico de Aprendizaje para Cateterización Transuretral en Caninas**” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 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 no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizo además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **16 de febrero de 2024**



F:

Erick Xavier Mazón Maurad

C.I. 0106432917