



DISEÑO DE DISPOSITIVO DE MONITOREO DE BIENESTAR Y ANGUSTIA EQUINA

**ALFREDO
VARELA
ARMENDARIZ**

PROYECTO DE TÍTULO MENCIÓN
DISEÑO DE INTERACCIÓN DIGITAL
2021

“ *Le agradezco profundamente a todas las personas que han hecho este proceso posible, partiendo por mi familia, quienes han estado siempre presentes en las buenas y en las malas.*

Asimismo le debo este logro a mis amistades, que me han acompañado en el viaje con risas y llantos...

A todos los docentes que han cultivado su conocimiento en mí a lo largo de la carrera, en especial a mis profesores guía.

Por último, gracias a Isidora Abusleme, Sandra Gogoy, Daniela Pelayo y a la clínica veterinaria EquiVet, por ayudar a que este proyecto tuviese el sustento necesario para sensibilizar al resto sobre el bienestar y angustia equina.

AGRADECIMIENTOS

Diseño de dispositivo de monitoreo de bienestar y angustia equina

ALFREDO IÑAKI VAREL ARMENDARIZ

12 - 2021

PROFESORES GUÍA

Álex Hurtado - Nataly Silva - Mauricio Reyes

*Memoria presentada a la Facultad de Diseño de la Universidad del
Desarrollo para optar al Título Profesional de Diseñador*

ÍNDICE

I. ABSTRACT	11
II. INTRODUCCIÓN	13
III. MARCO TEÓRICO	16
1. EL CABALLO	17
1.1 Definición	17
1.2 Morfología	17
1.3 Domesticación	18
2. BIENESTAR Y ANGUSTIA EQUINA	24
3. SÍNDROME ABDOMINAL AGUDO (SAA)	26
3.1 Incidencia y mortalidad	26
3.2 Examinación del caballo	27
4. MOTILIDAD INTESTINAL EN EQUINOS	29
5. AUSCULTACIÓN ABDOMINAL	29
5.1 Instrumento para auscultar	31
6. IMPACTO DEL CÓLICO EQUINO	32
7. INDUSTRIA EQUINA	33
8. ESTADO DEL ARTE	34
8.1 Biotelemetría	34

8.2 NightWatch	34
8.3 Estetoscopio veterinario eKuore vet II	36
8.4 Trackener	36
9. ANTECEDENTES TECNOLÓGICOS	36

IV. MARCO METODOLÓGICO **39**

1. PROBLEMA/OPORTUNIDAD **40**

2. USUARIO **42**

2.1 Caballo	42
2.2 Propietario	44
2.3 Petisero	45
2.4 Perfil Persona	46

3. SÍNTESIS DEL PROCESO INVESTIGATIVO **48**

4. PROPUESTA SOLUCIÓN **49**

5. CONCEPTO DE PRODUCTO **49**

5.1 Requerimientos	49
--------------------	----

6. DESARROLLO DEL PROYECTO **50**

6.1 Prototipos y prototipado	51
6.2 Exploración tecnológica (primera dimensión)	52
6.2.1 Capturar ruidos	52

6.2.2 Parametrización	55
6.2.3 Bases para la automatización	61
6.3 Desarrollo de producto (segunda dimensión)	65
6.3.1 Identidad de marca	65
6.3.2 Diseño de producto	69
6.4 Desarrollo de App (tercera dimensión)	84
7. PLAN DE EJECUCIÓN	88
7.1 Mercado	88
7.2 Modelo de negocio	90
7.3 Roadmap y escalabilidad	93
V. CONCLUSIONES	11
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	13
VII. GLOSARIO	16

El dolor abdominal agudo (cólico) es el motivo más común de tratamiento veterinario de emergencia en el caballo. Es una condición clínica con fuerte impacto en la sanidad equina, debido a la alta morbilidad que lo caracteriza. Este síndrome representa un desafío para los veterinarios, debido a la dificultad que supone diagnosticar con precisión las causas, deficiencia que se agrava con el acelerado progreso del cuadro patológico del animal.

El cólico se caracteriza por la alteración de la motilidad del sistema gastrointestinal, que se monitorea a través de la auscultación abdominal. Por medio del estetoscopio, los veterinarios pueden establecer un pronóstico, los métodos de tratamiento y controlar el progreso del cuadro clínico.

Gracias a los avances tecnológicos en el campo del monitoreo biométrico de seres vivos, es posible tanto el desarrollo de nuevos productos, como la aplicación de tecnología existente, en nuevas áreas de uso.

La efectividad de estos avances se evidencia al adaptar técnicas y equipamiento análogos de auscultación, a métodos asistidos

por instrumentos digitales, revolucionando la prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de pacientes.

En el presente trabajo se presentan la propuesta conceptual de un sistema electrónico, y los requerimientos para desarrollar un modelo de monitoreo, para la detección y almacenamiento de los datos de la motilidad equina a través del reconocimiento de patrones presentes en la señal almacenada, entre otras. Principalmente, el método de evaluación propuesto presenta la gran ventaja de ser un sistema no invasivo y de monitorización en tiempo real.

PALABRAS CLAVES:

**SONIDOS INTESTINALES - MONITOREO INTESTINAL
- ANGUSTIA EQUINA - BIENESTAR EQUINO -
FONOENTERÓGRAFO DIGITAL**

ABSTRACT



[Fig. 1] Foto de Vincent Botta en Unsplash

II. INTRODUCCIÓN

El cólico equino es una preocupación constante para propietarios, entrenadores, criadores y veterinarios. Siendo la principal causa de muerte de este animal, la tasa de síndrome abdominal agudo, se sitúa entre 10-36 por ciento anual. Existen diferentes métodos de tratamiento y diagnóstico, los cuales dependen de la auscultación abdominal, donde los veterinarios deben analizar e interpretar los sonidos en el mismo momento que son escuchados a través de un estetoscopio, dependiendo completamente de la experticia del médico tratante. Debido a la importancia que tiene el estudio de la actividad intestinal para tratar el cólico equino, se ha identificado la necesidad de un nuevo método de auscultación: continua, en tiempo real y no invasiva, que permita la transmisión de datos biológicos o fisiológicos desde una ubicación remota a una ubicación que tiene la capacidad de interpretar los datos y afectar la toma de decisiones.

Pregunta de investigación

¿De qué manera la auscultación y monitorización de la motilidad de un caballo en tiempo real por medio de un dispositivo IOT, permitiría el reconocimiento temprano de los síntomas de un cuadro de cólico equino?

Objetivo General de la investigación

Diseñar un dispositivo inteligente capaz de monitorear las constantes fisiológicas correlacionadas con el dolor y, principalmente, la periodicidad de los ciclos intestinales.

Objetivo específicos

1. Investigar sobre bienestar y angustia equina.
2. Comprender el síndrome abdominal agudo (cólico) y la auscultación abdominal.
3. Comprender la tecnología existente de monitoreo biométrico no invasivo (dispositivos médicos) y técnicas que permitan detectar la motilidad intestinal a través de la auscultación digital.
4. Diseñar un dispositivo que detecte los ciclos intestinales en tiempo real y que registre su periodicidad.



[Fig. 2] Foto de Yael Gonzalez en Unsplash



[Fig. 3] Foto de Sebastian Abbruzzese en Unsplash

III. MARCO TEÓRICO

1. EL CABALLO

1.1 Definición

Los caballos se pueden definir como “mamíferos perisodáctilos –en cuyas extremidades poseen dedos terminados en pezuñas– que pertenecen a la familia de los **équidos**. Son herbívoros y el periodo de gestación de las hembras es de unos 11 meses, después del cual nace tan solo una cría. Existe únicamente una especie de caballo doméstico, sin embargo podremos encontrar alrededor de 400 razas diferentes que se especializan en todo tipo de tareas, desde fuertes y resistentes animales usados para tirar de los aperos del campo hasta los más veloces empleados en las carreras.”(Caballos - Fichas de animales en National Geographic, s. f.).



[Fig. 4] Foto de Pieter van Noorden en Unsplash

1.2 Morfología

Los caballos gozan de particularidades únicas que han cooperado con su desarrollo, supervivencia y valor como compañero del ser humano.

Especialmente, a diferencia de otros animales domesticados de su mismo tamaño (vaca, toro), los caballos son animales fuertes y ágiles. Cualidades propias producto de su composición **morfológica**. Como declara Prieto, es preciso destacar, que es difícil determinar las características físicas de los caballos en general, ya que existen 400 razas diferentes, y cada una tiene atributos que los diferencian. Sin embargo, a grandes rasgos, es posible identificar que:

- Existen caballos y mini caballos, y sus alturas se miden desde la **cruz** (zona donde se une el cuello con el lomo) al piso. El caballo promedio mide entre 140 y 165 cm, y su peso fluctúa entre los 350 kg y los 600 kg, sin embargo, hay grandes variaciones según raza. El mini caballo más pequeño del mundo llegó a medir 43 cm con tan solo 27 kg de peso, mientras que el caballo más grande, midió 220 cm llegando a pesar 1.500kg.

- La **cabeza** de un caballo es alargada y, según su raza, puede estar en una posición más vertical o más horizontal, lo que les permite una oxigenación diferente según su función. Se dice que la forma alargada es el resultado de un fenómeno evolutivo que les permitió aumentar la distancia de sus ojos al piso, para así aumentar su campo visual mientras pastan. Sus ojos están ubicados a los costados y el tamaño de su lóbulo ocular está dentro de los más grandes de los mamíferos terrestres.
- El cuello es de forma trapezoidal en su parte superior, a lo largo de todo el cuello se inserta la crin. Al ser alargado y flexible, le brinda estabilidad y equilibrio para maniobrar, además de permitir que aumente aún más su rango visual.
- El tronco es la parte más pesada y grande de su

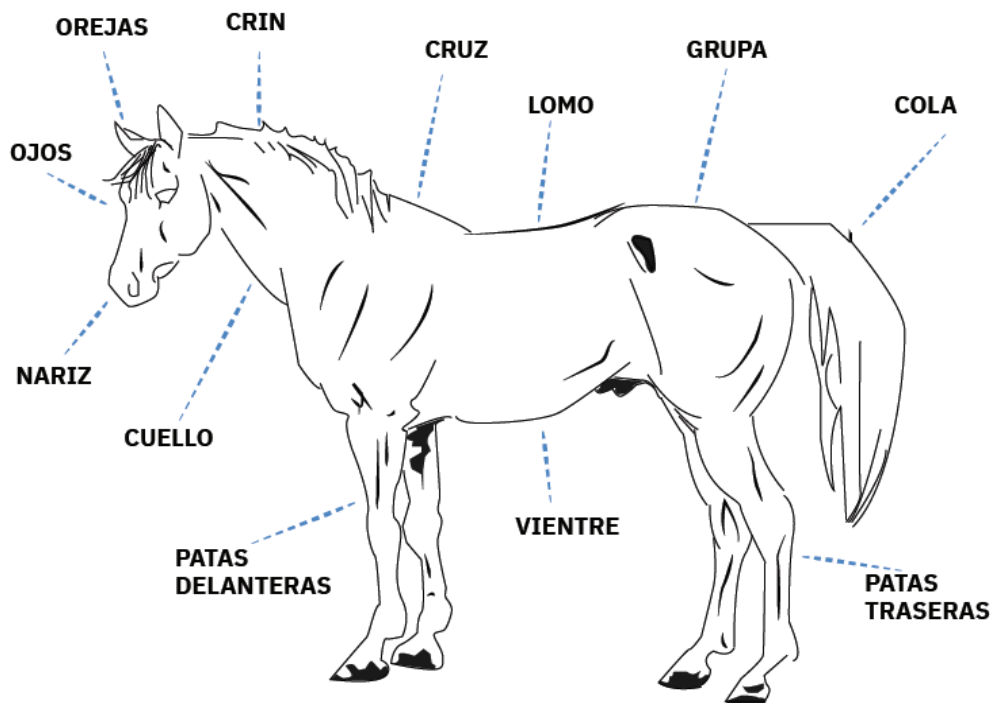
cuerpo y se subdivide en: cruz, lomo (zona donde se pone la montura), vientre (parte inferior del lomo) y grupa, donde se conecta con la cola.

- La cola también está recubierta por crin y cumple varias funciones; desde comunicación y equilibrio, hasta espantar moscas.
- Las extremidades son partes muy importantes para un caballo, ya que, a diferencia de mamíferos más pequeños, no pueden prescindir de una de ellas. Las patas delanteras son las que soportan la mayor parte del peso, sin embargo, son las patas traseras las que le brindan impulso.

1.3 Domesticación

Los caballos son animales que forman parte de la historia de la humanidad desde tiempos inmemorables. Algunos estiman que hace 4000 años el caballo fue domesticado por primera vez, sin embargo, otras teorías se apoyan por evidencia arqueológica que podría situar su origen hace aproximadamente 6000 años en Eurasia.

Muchas han sido las labores que ha llegado a



[Fig. 5] Morfología equina - elaboración propia

desempeñar este animal en distintas culturas. En un principio, el objetivo de la domesticación pudo ser su uso tanto para cazar otros caballos salvajes (Olsen, 2006), como producir una multitud de recursos secundarios, como carne, pieles, leche, fuerza motriz y transporte (Pérez, 2019). Sin embargo, es inevitable notar que la influencia del caballo caló tan profundo en la sociedad que llegó a convertirse en una unidad de medida que se utiliza hasta el día de hoy, los “caballos de fuerza”.

Si bien, el ser humano ha domesticado otros animales, ninguno ha supuesto mayor impacto en la historia de la humanidad como el caballo (Robinson, 1999). Significó un aumento en la eficiencia de la agricultura, ya que comparado a la fuerza de una persona, la utilización del caballo para el arado implicaba poder hacer el doble del trabajo en la mitad del tiempo, superando así a otros animales de granja y asegurando sustento para el resto del año durante la Edad Media.

Por otro lado, la utilización del caballo como medio de transporte amplió el alcance del hombre no sólo en distancia, sino que en capacidad de carga, ya que esto permitió poder transportar bienes, cultura, ideología y dar paso a los inicios del concepto de globalización (Ferrer, 2016).

El caballo actualmente cumple funciones muy variadas; mientras que en algunas culturas aún es una fuente de alimento, y cada vez menos, una herramienta para la agricultura, para otros se ha convertido en un animal de ocio y deporte (Edenburg, 1999).

En las últimas décadas se ha popularizado el uso del caballo y la equitación con fines terapéuticos para niños con espectro autista (Memishevikiy y Hodzhikj, 2010).

En la cultura chilena, el caballo tiene gran protagonismo, al punto que existe una raza nacional (caballo Chileno, corralero, criollo) y su población se extiende a lo largo de todo el país. El caballo chileno es un reflejo de la variedad geográfica de Chile y lo vasto que es el territorio nacional, ya que se adapta a

todo tipo de clima y suelo. Antiguamente era el único medio para poder cruzar la cordillera de Los Andes, gracias a su gran adaptabilidad.

En Chile, aún se utiliza el caballo chileno como medio de transporte y herramienta de pastoreo en zonas rurales. Asimismo, hay tradiciones artesanales que aún giran entorno a la existencia de éste, como lo son la artesanía de crin en Rari y el tallado en madera del estribo chileno, ambos considerados parte del patrimonio cultural del país.

Hoy en día, en el contexto nacional, las labores que realiza el caballo han cambiado, sin embargo se pueden clasificar en 3 grandes grupos:

- 1. Caballos trabajadores.**
- 2. Caballos deportistas.**
- 3. Caballos terapeutas.**

En el primer grupo, están los caballos que son utilizados con propósitos productivos o como parte del equipo de trabajo. Tal es el caso de los caballos de carabineros, militares, y seguridad ciudadana.

En este grupo también aparecen los caballos utilizados para la agricultura, que sirven tanto para arar los campos como para acarrear indumentaria o la cosecha.

En el segundo grupo correspondiente a los “caballos deportistas”, entran todos los deportes practicados con fines competitivos o recreacionales. En Chile existe una Federación Ecuestre que comprende la organización oficial de las diversas disciplinas practicadas con caballos, reconocidas por la FEI (Federación Ecuestre Internacional) a nivel competitivo.

Entre las disciplinas reconocidas por la FECH se encuentran:

1. El enduro (Fig. 6) que consiste en carreras de larga distancia, llegando a los 160 km. La dificultad está en lograr que el caballo pueda realizarlacarrerasinsobreeexigirse,paraloque se entrena mucho el estado físico del caballo.

2. El enganche (Fig. 7) mide la destreza y velocidad con la que el cochero puede manejar a los caballos que tiran del coche a través de un circuito.
3. Adiestramiento (Fig. 8) es una disciplina que pone a prueba la obediencia y elegancia del caballo al realizar diversos tipos de ejercicio.
4. Salto (Fig. 9) consiste en un circuito de obstáculos que el caballo debe recorrer sin derribar en el mejor tiempo posible.
5. Prueba Completa (Fig. 10) Combina las disciplinas Adiestramiento, salto y se le añade un circuito de campo travesa que contiene obstáculos de alta complejidad en largas distancias.
6. Rienda (Fig. 11) similar al adiestramiento, evalúa la obediencia y coordinación de jinete-caballo



[Fig. 6] Enduro - Foto de Satu Pirinen/FEI - <https://www.fei.org/stories/sport/endurance/uae-and-spain-take-endurance-golds>



[Fig. 7] Enganche - Foto de Coree Reuter - <https://www.chronofhorse.com/article/world-equestrian-games-combined-driving>



[Fig. 8] Adiestramiento - Foto de Satu Pirinen/FEI - <https://psdressage.com/fei-dressage-world-cup-wel-2019-2020-dazzling-dufour-cassidy-triumph-gothenburg/>



[Fig. 9] Salto - Foto de MBS.



[Fig. 10] Prueba completa - <https://www.fei.org/events/fei-eventing-nations-cup-strzegom>

en una serie de movimientos que requieren velocidad, fuerza y elasticidad.

Además de los deportes reconocidos por la FECH y la FEI, en Chile hay otros deportes que se practican y que concentran a un gran número de caballos, como lo son el Rodeo, la Hípica y el Polo. Todos tienen sus propias federaciones independientes para la organización de eventos competitivos.

El Rodeo (Fig. 12), un deporte que forma parte del bagaje cultural chileno, es una disciplina que se practica únicamente en Chile y está reglamentado por la FERROCHI (Federación Deportiva Nacional del Rodeo Chileno). Consiste en demostrar la destreza y coordinación de una collera (pareja de jinetes montados en caballos de raza chilena) al arriar y atajar un novillo.

La Hípica (Fig. 13), comúnmente conocida como

“carreras de caballos” es un deporte muy antiguo en que se pone a prueba la velocidad y potencia que puede llegar a tener un caballo en una carrera larga o corta distancia. Es un deporte de muy alta exigencia, tanto para el jinete como para el caballo, ya que se exige al máximo al caballo durante la carrera y el entrenamiento es muy arduo.

Por último está el Polo (Fig. 14), que consiste en un partido entre dos equipos, cada uno de 4 jugadores. El objetivo es anotar la mayor cantidad de goles. Cada jinete debe disponer de más de un caballo por partido, ya que deben ser intercambiados en los chukkers (tiempos) debido a la alta exigencia durante el partido. También tiene su propia federación para la organización de eventos competitivos entre equipos.

Todas estas disciplinas requieren caballos con distintas aptitudes físicas y conductuales, por lo que se emplea mucho tiempo y dinero en la crianza de



[Fig. 11] Rienda - <https://www.fei.org/stories/sport/reining/everything-you-need-know-about-reining>

buenos ejemplares que mejoren cada vez más el linaje. Por ejemplo, el caballo fina sangre es un caballo esbelto y con músculos alargados, lo que le permite tener mayor potencia y ligereza a la vez para correr muy rápido, muy similar a los atletas que compiten en atletismo. Sin embargo, el temperamento de éstos caballos suele ser explosivo, lo que es favorable para la Hípica pero complejo para otras disciplinas.

El caballo de raza chilena o corralero, por otro lado, es todo lo contrario. Son más pequeños y macizos, lo que les permite tener más fuerza de empuje y agilidad al moverse, lo que es favorable para poder atajar a un novillo. De temperamento suelen ser muy valientes y despiertos, lo que les ayuda a reaccionar rápido ante estímulos.

Por último se encuentran los **caballos terapeutas**.



[Fig. 12] Rodeo - Foto de Fernando de la Fuente - https://www.caballoyrodeo.cl/portal_rodeo/site/artic/20211008/pags/20211008211328.html#gal_id&slide=foto_14



[Fig. 13] Hípica - Foto de Noah Silliman en Unsplash

Probablemente un rubro bastante reciente para los caballos, pero que se ha comprobado que es muy eficaz.

Los caballos son animales muy dóciles y sociables, ya que en su estado natural viven en grupos jerarquizados. Esto facilitó en gran medida la relación caballo-hombre, debido a que, de alguna forma, el caballo es capaz de reconocer nuestra verdadera intención, y responde a ello. Si nos sentimos inseguros, el caballo va a sentirse inseguro también, por lo que nos obliga al final a dejar todo eso de lado para demostrarle al caballo que puede confiar en nosotros, y de esa forma, logramos olvidarnos de angustias, inseguridades, miedos y rabia que podrían estar afectándonos desde lo más profundo del subconsciente.

Por otro lado, el lomo del caballo se acopla a nuestro asiento, y a medida que se va moviendo, va soltando las tensiones musculares y la rigidez corporal que tenemos hasta que nos fundimos en el ritmo del caballo como si fuera nuestro propio paso.



[Fig. 14] Polo - Foto de Lucas Vidart en Unsplash



[Fig.15] - Foto de Jez Timms en Unsplash

2. BIENESTAR Y ANGUSTIA EQUINA

Estrés versus distrés

El estrés es una respuesta fisiológica natural a las demandas más exigentes. El buen estrés es solo a corto plazo, nos motiva y puede mejorar nuestro desempeño. Por el contrario, el mal estrés (es decir, distrés) causa la sensación de ansiedad o preocupación; puede ser a corto o largo plazo y, en última instancia, obstaculiza nuestro desempeño (ZULUAGA et al., 2018).

Distrés equino

La angustia equina puede deberse a muchos factores, que incluyen, entre otros, lesiones, traumas, enfermedades, miedo y aburrimiento. Si bien existen

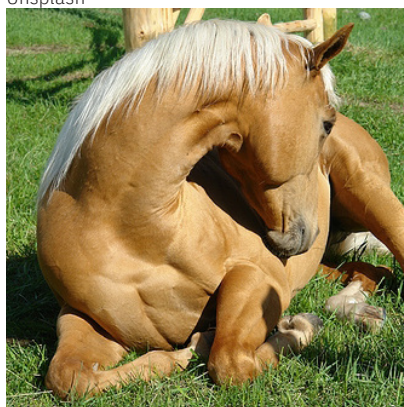
“

Frecuentemente el termino “estrés” es asociado para describir situaciones negativas, lo que nos ha hecho creer que todo estrés es malo, sin embargo, esto no es necesariamente correcto.”

— Zuluaga, 2018



[Fig. 16] Caballo - Foto de Mandy Naleli - Unsplash



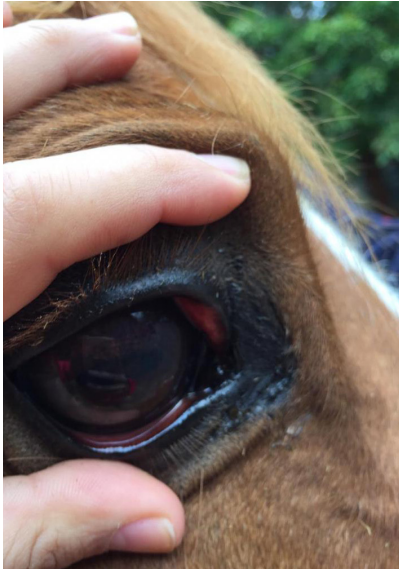
[Fig. 17] Caballo observando los flancos - <https://tiendahipicaderaza.es/blog/news/tratamiento-y-prevencion-del-colico-equino-parte-ii>

muchas afecciones comunes de angustia (por ejemplo, cólicos, yeso, parto), el cólico es la mayor preocupación porque es la principal causa natural de muerte en los caballos, solo superada por la vejez (Díaz, 2019). Los caballos son animales de presa que suprimen instintivamente la expresión de dolor y angustia como mecanismo para evitar a los depredadores. Junto con el hecho de que los caballos a menudo no están supervisados durante la noche o en lugares remotos, la identificación de la angustia equina es un desafío importante de abordar.

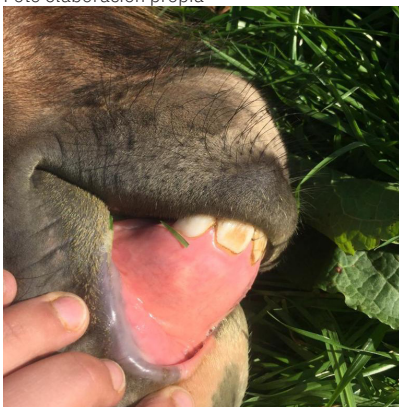
Históricamente, la evaluación de la angustia en caballos ha sido una tarea de trabajo intenso que, requiere juntar diferentes variables clínicas con una fuerte dependencia de la observación conductual subjetiva e intermitente. Si bien los veterinarios y otras personas confían habitualmente en los sistemas de puntuación en la práctica clínica [Fig. 18], incluidos varios para el dolor, cada uno tiene sus deficiencias y no existe un estándar de oro en la actualidad, generalmente se interpreta a través de la experiencia y no siguiendo una rúbrica estándar.

Pain Score	Behavior	Clinical Assessment	Postural Features
0	<ul style="list-style-type: none"> Responds with interest to gate opening, approach by observer Takes care in movements around people Head above withers Attentive Moving freely, calmly Resting comfortably 	<ul style="list-style-type: none"> HR: _____ (usually ≤ 40 bpm) Eyes: relaxed, normally responsive Normal muscle tension No focal areas of heat Palpation not aversive 	<ul style="list-style-type: none"> No lameness perceptible, bears weight equally Moves with ease of stride
1	<ul style="list-style-type: none"> Head at or above withers Facing forward and watching Performs normal behaviors less frequently than expected Responds with quiet interest to gate opening, approach by observer Takes care in movements around people 	<ul style="list-style-type: none"> HR: _____ (may be ≤ 40 bpm) Mild muscle tension Mild focal areas of heat Slightly steps, leans or pulls away from palpation, +/- muscle twitching 	<ul style="list-style-type: none"> Lameness difficult to observe, inconsistently apparent Mild injury or stiffness in movement
2	<ul style="list-style-type: none"> Head level with withers Moving slowly about with bedding undisturbed Mild but more frequent restlessness Responds to approach Less enthusiastic, less interested, less interactive Less careful about movements around people 	<ul style="list-style-type: none"> HR: _____ (may be ≥ 48 bpm) Tachypnea +/- RR: _____ Moderate muscle tension Increasing areas of heat Palpation more aversive 	<ul style="list-style-type: none"> Lameness apparent only under certain circumstances, favors leg(s) occasionally Obvious stiffness in movement
3	<ul style="list-style-type: none"> Head level or below withers May face back or corner of stall More vigorous signs of restlessness Eyes distracted, far away, weary Minimally reacts to interaction Stands in one position Beginning to become internalized Less careful about movements around people 	<ul style="list-style-type: none"> HR: _____ (may be ≥ 60 bpm) Tachypnea +/- RR: _____ Sweating Severe muscle tension Widespread areas of heat Vigorously aversive response to palpation 	<ul style="list-style-type: none"> Moderate lameness, able to bear weight but clearly favors one or more limbs Obvious discomfort, weight shifting Arched back Very stiff movements Abnormal standing posture
4	<ul style="list-style-type: none"> Head often below withers Stands in corner or faces wall Ears back, eyes weary Frequent signs of severe agitation Extremely uncomfortable, panicky OR Extremely internalized/withdrawn Unwilling to rise Careless about movements around people 	<ul style="list-style-type: none"> HR: _____ (may be ≥ 70 bpm) Tachypnea +/- RR: _____ Profuse sweating Extreme muscle tension / rigidity +/- fasciculation Widespread areas of heat Extremely aversive response to palpation, possibly aggressive 	<ul style="list-style-type: none"> Unable or unwilling to bear weight May not be able to move Constant shifting of weight Very abnormal standing posture OR In sternal or lateral recumbency

[Fig. 18] Escala de dolor equino - Colorado State University Veterinary Medical Center



[Fig. 19] Examinación membranas mucosas - Foto elaboración propia



[Fig. 20] Examinación membranas mucosas - Foto elaboración propia

3. SÍNDROME ABDOMINAL AGUDO (SAA)

El SAA equino corresponde a un dolor agudo, se origina en el abdomen, especialmente en los intestinos. Esta afección es provocada por diversas causas, algunas relacionadas con la predisposición propia de la especie, mientras que otras, están ligadas a la alimentación, errores de manejo o en algunos casos, enfermedades que provocan SAA (White, 2006).

Más conocido como cólico, representa una de las principales causas de muerte en caballos estabulados (Caballos de establos) (Díaz, 2019), por lo cual debe ser considerado como una urgencia en medicina veterinaria; debido a los severos fallos multiorgánicos como el colapso vascular, manifestación de complicaciones y mortalidad.

El síndrome abdominal agudo se caracteriza por la alteración de la motilidad intestinal, es decir, modificaciones en la velocidad del tránsito del contenido, lo que deriva en dolor abdominal y compromiso sistémico de magnitud variable. Las diferentes alteraciones que constituyen el cólico se presentan por tres tipos de dolor: dolor visceral, dolor referido y dolor peritoneal (Godoy, 1989), los cuales pueden ser causados por: impactación (obstrucción en lumen intestinal), espasmódico (hipermovilidad) (caballos nerviosos o estresados), intususcepción, vólvulo (I. delgado o grueso), torsión, estrangulación, timpanismo, colitis y tromboembólicos.

En otras palabras, pese a que cualquier dolor abdominal agudo es definido como SAA o cólico, existen “diferentes tipos de cólicos” y el tratamiento o medidas terapéuticas dependerán del segmento afectado: estómago, intestino delgado e intestino grueso.

3.1 Incidencia y mortalidad

La incidencia de cólicos en la población de caballos oscila entre 10-36 por ciento anual (Tinker et al., 1997). De estos casos, se estima que aproximadamente el 80% serán leves, lo que significa que pueden ser solucionados a través de tratamientos médicos (analgesia, enemas, sondaje, entre otros). El otro 10% suelen ser casos de impactación, flatulencia o enteritis, los cuales son diagnosticados y tratados con éxito,

y el 1-2 por ciento presenta una grave enfermedad, como intestinos estrangulados, que requieren cirugía. En la mayoría de los casos hacer un diagnóstico específico no es posible. De acuerdo a un estudio realizado, se obtuvo aproximadamente el siguiente desglose según al tipo de cólico (Tinker et al., 1997):

Cólico idiopático leve	83%
Cólico por impactación	7%
Cólico / espasmódico por gases	4%
Ruptura gástrica	2%
Enteritis	1%
Estrangulación	3%

La tasa de mortalidad actúa en función del tipo de cólico y entre el tiempo de reconocimiento y tratamiento, esto significa que mientras más tiempo transcurra desde que inicia el cuadro y logra reconocerse adecuadamente para ser tratado, más aumenta la tasa de mortalidad. El cólico por estrangulación es uno de los casos con más alto riesgo de mortalidad (Tinker et al., 1997), ya que implica una cirugía que debe ser realizada en un lugar esterilizado y con implementos apropiados para realizarla, lo que conlleva tiempo de traslado del animal y espera de preparación de las condiciones.

3.2 Examinación del caballo

Examinación física

El examen clínico del ejemplar debe ser ejecutado de manera rápida pero sistemática, de tal forma de efectuar el tratamiento lo antes posible.

“Lamentablemente cuando se enfrenta un cuadro de cólico en un equino, en muchos casos no se efectúa un examen adecuado, ya que se está en una situación de emergencia en que existe un animal presentando un cuadro bastante dramático y grave.” (Araya, 2009, p. 1).

Lo más importante es identificar la gravedad de los síntomas, para establecer si el caso puede ser tratado médicamente o requiere de cirugía de emergencia. Mientras antes se reconozcan estos factores mejor es el pronóstico de recuperación del caballo (Araya, 2009). La examinación consta de una reseña del animal, historia general/recientes y examen físico (sistema cardiovascular, abdomen y estado de la perfusión periférica e hidratación). Siendo este último el con mayor importancia para determinar el estado del ejemplar y la causa de la enfermedad.

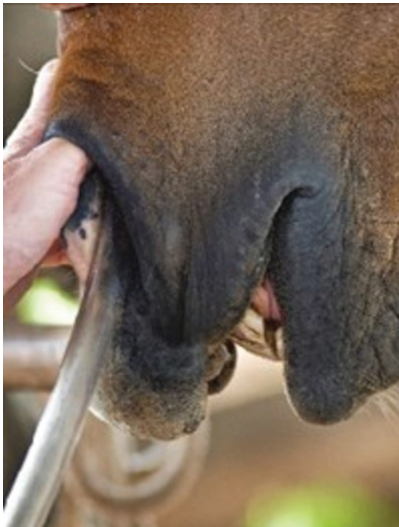
De acuerdo al **“Handbook of equine colic”** (White & Edwards, 1999) el examen físico consta de los siguientes pasos:

Evaluación de estado de shock

- Pulso: La frecuencia cardíaca y el carácter del pulso permite entender el estado de shock en el que se encuentra el caballo.
- Respiración: A mayor dolor y gravedad del cólico mayor será la frecuencia respiratoria.
- Membranas mucosas: Es importante para determinar la hidratación del caballo.



[Fig. 21] Auscultación abdominal - <https://www.diarioveterinario.com/t/1419597/preocupa-manera-urgente-amenaza-gripe-equina>



[Fig. 22] Sondaje nasogástrica - <https://equusmagazine.com/horse-care/treat-sand->



[Fig. 23] Examinación rectal - Foto elaboración propia

Evaluación del movimiento intestinal

- Auscultación: Permite monitorear la actividad intestinal y puede ser útil para establecer un pronóstico, los métodos de tratamiento y controlar el progreso del cuadro clínico. (Fig. 21)

Ayudas para el diagnóstico

- Sonda nasogástrica (Fig. 22)
- Examinación rectal (Fig. 23)
- Descompresión cecal (Fig. 24)
- Abdominocentesis
- Temperatura

De acuerdo a los datos enunciados en la incidencia y mortalidad de la patología, donde se menciona que el 80% de los casos de cólico son tratados médicamente mediante analgesia, enemas, sondaje, entre otros, en los casos más graves implica la inclusión de procedimientos y evaluaciones médicas más complejas, como: Exámenes de laboratorio y/o exámenes auxiliares (Radiología, Ultrasonidos, Endoscopia, Examinación de las heces y laparoscopia).

4. MOTILIDAD INTESTINAL EQUINA

Una multitud de trastornos equinos están asociados con una motilidad anormal o disminuida. En caballos con cólico se debe monitorear constantemente, con el objetivo de establecer el estado de la motilidad y actividad intestinal. Éste es determinado por medio de la auscultación del abdomen, siendo útil para establecer un pronóstico, los métodos de tratamiento y control del progreso del cuadro clínico (Díaz, 2019).



[Fig. 25] Caballo revolcándose por dolor - <http://dmurielholgado.blogspot.com/2013/04/el-colico-equino.html>



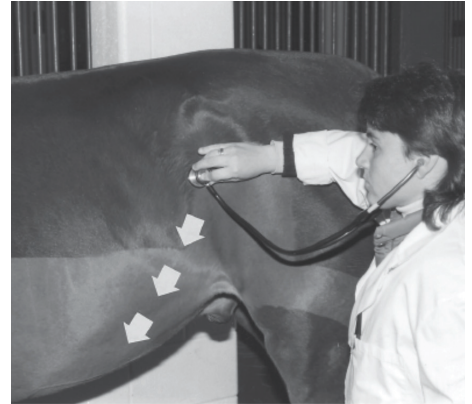
[Fig. 24] Punción cecal - Foto de ConiCM

5. AUSCULTACIÓN ABDOMINAL

La auscultación abdominal es un procedimiento médico de exploración física que consiste en escuchar y evaluar aquellas porciones del aparato digestivo que podrían estar presentando anomalías, por medio de instrumentos como el estetoscopio (Díaz, 2019). Este procedimiento consiste en auscultar al menos tres áreas de cada lado del abdomen (derecho, izquierdo y ventral), por un periodo de 3 a 5 minutos por lado.



[Fig. 26] Auscultación abdominal (lado derecho) - The equine acute abdomen, 3rd edition.



[Fig. 27] Auscultación abdominal (lado Izquierdo) - The equine acute abdomen, 3rd edition.

Los sonidos intestinales habituales no frecuentan ser continuos, por lo que suceden cada 10 a 20 segundos (2 a 4 veces por minuto). El borborigmo (ruidos hidro-aéreos producidos por la progresión del alimento (sólido, líquido y gaseoso)) de intestino delgado se ausculta con mayor claridad en el flanco izquierdo y en condiciones normales es de carácter continuo. En el lado derecho se detectan sonidos de propulsión prolongados (similares a una descarga de inodoro), entrada de líquido a través de la válvula íleo cecal en el ciego, lo cual ocurre una vez cada dos a cuatro minutos (Ciclo del ciego) (Araya, 2009), la cual aumenta en frecuencia y magnitud después de que el caballo come.

En casi todos los casos de dolor abdominal, los sonidos propulsivos están disminuidos e incluso ausentes por 20-60 minutos o más después de la administración de algunos fármacos (White & Edwards, 1999). La auscultación repetida es de gran importancia y ayuda en caballos con cólico, ya que, aunque es posible auscultar los ciclos del ciego, actualmente no hay una herramienta que lo permita de manera continua, por lo que no es posible asegurar que están ocurriendo con normalidad (esto es una vez cada dos a cuatro minutos). El debilitamiento o ausencia de los ciclos intestinales indican un déficit en la respuesta al tratamiento y evoca un pronóstico desfavorable. La ausencia de sonidos se correlaciona con una baja tasa de supervivencia, en comparación con aquellos que sí los presentan (Díaz, 2019).

5.1 Instrumento para auscultar

El estetoscopio es un dispositivo acústico que amplifica los ruidos corporales. “Aparato destinado a auscultar los sonidos del pecho y otras partes del cuerpo, ampliándolos con la menor deformación posible.” (Estetoscopio | Definición | Diccionario de la lengua española | RAE - ASALE, s. f.).

También llamado “**fonendoscopio**”, es el instrumento médico más utilizado hoy en día, por su gran valor clínico, debido a su practicidad y el diagnóstico certero que proporciona a los médicos, y es el instrumento utilizado para la auscultación abdominal equina, durante un cuadro clínico de SAA. Este dispositivo sirve para transmitir los sonidos al oído humano al momento de realizar la auscultación y está conformado por las siguientes partes:

Partes

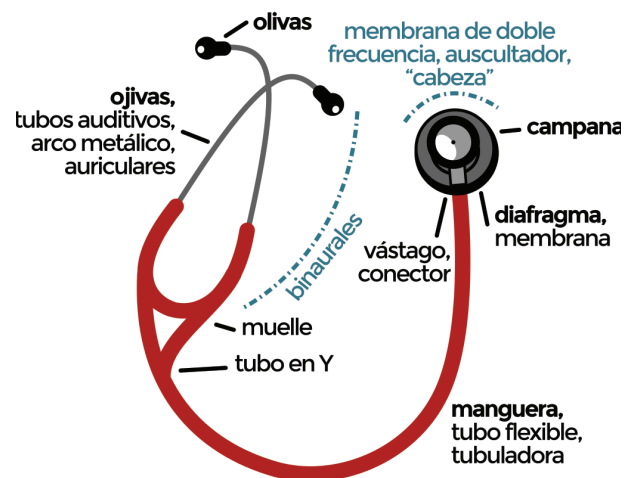
- **olivas:** gomas de plástico que se acomodan al oído y obstruyen los ruidos externos.
- **Auriculares:** arcos metálicos, que conectan las olivas al cuerpo del estetoscopio.
- **Tubuladura:** tubo flexible que transmite las ondas de sonido.
- **Campana:** detecta sonidos a frecuencias bajas.
- **Diafragma:** detecta sonidos a frecuencias altas.

(Quiroz et al., 2018)

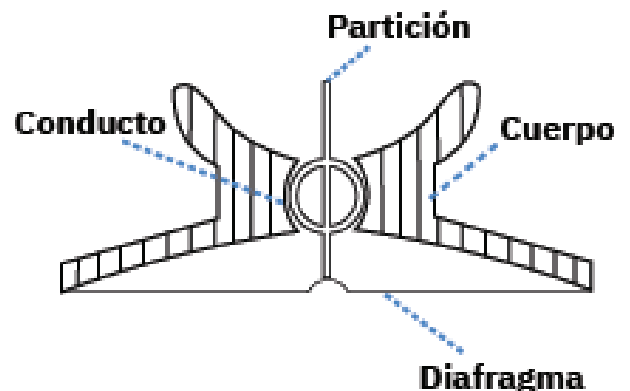
Funcionamiento

Se puede utilizar colocando el diafragma (alta frecuencia) o la campana (baja frecuencia) sobre la zona a auscultar. Ambas detectan señales acústicas que, a través de los tubos, llegan a los oídos del explorador. Existiendo dos modos de uso:

- **Modo campana:** se debe apoyar sin presionar el estetoscopio sobre la piel del paciente. Por lo que la membrana (diafragma) queda en suspensión.



[Fig. 28] Partes de un estetoscopio de doble campana. - https://es.wikipedia.org/wiki/Estetoscopio#/media/Archivo:Partes_de_un_estetoscopio.svg



[Fig. 29] Esquema Campana - elaboración propia

Permitiendo al diafragma vibrar ampliamente, transmitiendo sonidos de longitud de ondas largas.

- **Modo diafragma:** se debe presionar firmemente sobre la piel del paciente. Al emplear esta presión, la membrana se desplaza hasta tocar con un anillo interno. Este anillo restringe el movimiento del diafragma bloqueando o atenuando las longitudes de onda más largas de los sonidos de baja frecuencia, posibilitando escuchar solamente las longitudes de onda más cortas de los sonidos de alta frecuencia.

6. IMPACTO DEL CÓLICO EQUINO

Una de las enfermedades más comunes en la cría de caballos es el cólico. Los casos de cólicos también son la principal causa de pérdida de caballos y pérdidas económicas en criaderos equinos en el mundo entero (Cenk et al., 2020). El fracaso en el manejo efectivo de los cólicos es un obstáculo importante para obtener el rendimiento deseado de caballos.

Se caracteriza por tener un alto impacto en la salud de animal, el cual se ve complejizado por el agudo dolor que presenta el caballo, aumentando los niveles de angustia equina. Es tan devastador, que puede generar una falla multiorgánica, que, a su vez, puede llegar a producir hasta la muerte por estado de shock o muerte súbita. Respecto a las consecuencias que tiene el SAA sobre los propietarios o las personas que se relacionan con el animal, van desde un gran impacto emocional a económico y de tiempo invertido.

Un reciente estudio expuesto en *International Journal of Veterinary and Animal Research* (2020),

sobre la prevalencia y costos asociados a los cólicos en equinos destinados para el deporte. El costo promedio del manejo de los cólicos simple fue de \$ 215,60 USD. La tasa de casos de cólicos recurrentes fue del 48,2% y el desarrollo de laminitis producto de un cólico fue del 11,9% en un año. Como resultado, se estimó que la pérdida económica anual promedio por cólico en 984 caballos fue de \$ 36.806 USD, sin considerar la pérdida por muerte del ejemplar (pérdida total) (Cenk et al., 2020).

Durante entrevistas realizadas con médicos veterinarios, también se puede concluir que la intervención quirúrgica de los cólicos no es la preferida por los propietarios debido a la baja tasa de recuperación, la posibilidad de ocurrencia de importantes complicaciones (laminitis, neumonía, peritonitis y entre otras) después de la operación y el alto costo que tiene la cirugía (mínimo: \$ 514.600 - máximo: \$ 3.750.000 pesos chilenos).

La complicación a largo plazo más común después de una cirugía abdominal en un caballo es un cuadro de cólico con un período de mayor riesgo que el primer episodio de cólico, hasta 100 días después de la cirugía. Según estudios, la incidencia de cólicos es de 2,8 a 7,6 veces mayor en los caballos que han sido sometidos a cirugía de cólicos (Proudman et al. 2002).

Algunas conclusiones descritas por los médicos veterinarios de Equivet, respecto al impacto que tiene la cirugía de cólico en el rendimiento del equino, cuenta que alrededor del 85% de los caballos vuelven a sus actividades pre operatorias o al nivel esperado de rendimiento (80%). También existen casos en que la recuperación toma más de los 6 meses estimados, prolongándose hasta 1 año.

“

“Es llamada una de las industrias más grandes que está oculta a la vista.”

— Christina Jones



[Fig. 30] Caballo en recuperación post operatorio - Foto Macarena Cuevas



[Fig. 31] Caballo en tratamiento - Foto Macarena Cuevas

7. INDUSTRIA EQUINA

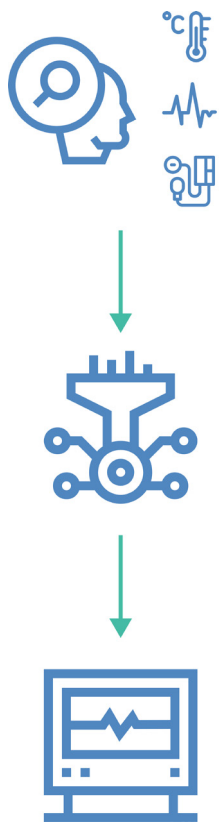
Según Christina Jones (Fundadora de Equine Business association), la industria equina “Es llamada una de las industrias más grandes que está oculta a la vista.” (Equine Industry Statistics Overview | Equine Business Association, s. f.) El impacto económico anual de la industria equina es significativo, involucra unos **\$300 mil millones de dólares y 1,6 millones de empleos a tiempo completo.**

Es una industria en constante crecimiento, toda gira entorno al caballo (activo principal). Existen muchos involucrados en la vida del animal, un completo equipo compuesto por veterinarios, petiseros, jinetes, entrenadores e inversionistas (propietarios).

Casall ask, es un padrillo que, en los últimos años suma más de €2.000.000 de ganancias. La preocupación máxima recae en el **cuidado este animal** y es ahí donde se realiza el **mayor esfuerzo económico**. Los principales costos son: mantención (pesebrera), alimentación, cuidados, consultas veterinarias, suplementos alimenticios, fisioterapias, entre otros. Se trabaja en función del bienestar del equino, ya que, incide directamente en el rendimiento competitivo.

8. ESTADO DEL ARTE

Existen diferentes tecnologías en el campo del monitoreo biométrico de seres vivos que, gracias a los avances tecnológicos, han permitido tanto el desarrollo de nuevos productos, como la aplicación de tecnología existente en nuevas áreas de uso. Estos avances se están dando al cambiar los equipos de plataformas análogas a plataformas digitales. Dicho lo anterior, hay ciertos ejemplos que han revolucionado la prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de pacientes.



[Fig. 32] Esquema biotelemedicina - elaboración propia

8.1 Biotelemedicina

“La biotelemedicina se define como la transmisión de datos biológicos o fisiológicos desde una ubicación remota a una ubicación que tiene la capacidad de interpretar los datos y afectar la toma de decisiones.” (Güler & Übeyli, 2002, p. 159). Cuando la observación directa se ve complejizada, la biotelemedicina se puede utilizar para obtener un amplio espectro de datos ambientales, fisiológicos y de comportamiento. Además, tiene la capacidad de monitorear a humanos y animales con un mínimo de restricción y proporcionar una visualización de los datos transmitidos.

En la actualidad, la biotelemedicina se utiliza para transmitir dos grandes categorías de variables:

1. **Variables bioeléctricas**, como electrocardiogramas (ECG), electromiogramas (EMG) y electroencefalogramas (EEG).
2. **Variables fisiológicas** que requieren transductores, como presión arterial, presión gastrointestinal, flujo sanguíneo y temperatura.

8.2 NightWatch

Es un sistema de monitorización que, a través de una jácquima o cabestro inteligente (Estructura alrededor de la cabeza, hecho de cuero, cuerda o materiales sintéticos, utilizado para el manejo del animal), ofrece monitoreo en tiempo real, alertas automatizadas y conocimiento de objetivos, capaz de controlar la frecuencia cardíaca y respiratoria, signos



[Fig. 33] Caballo utilizando cabestro NightWatch - <https://www.usef.org/media/equestrian-weekly/nightwatch-smart-halter-because-you-cant>



[Fig. 34] Detalle componentes NightWatch - <https://www.protequus.com/nightwatch>

correlacionados con un posible dolor mediante diferentes sensores; incluye giroscopios, acelerómetros, magnetómetro y un altímetro. Permite visualizar el nivel de estrés del animal. Este producto está destinado para propietarios, entrenadores, reproductores y veterinarios.

“ No recomendamos que los caballos duerman con jáquima! Puede ser muy peligroso... podrian quedar enganchados por accidente y tratando de soltarse se pueden herir gravemente”

— Sandra Godoy C.
Médico Veterinario



[Fig. 35] Cabestro NightWatch - <https://www.protequus.com/nightwatch>

8.3 Estetoscopio veterinario

eKuore Vet II - E2k0002

El Fonendoscopio veterinario eKuore Vet II es un estetoscopio electrónico para uso veterinario que mejora la calidad del audio al reducir digitalmente el ruido ambiental. Con conectividad WiFi y compatible con dispositivos Android e iOS, es capaz de transmitir la auscultación a smartphones, tablets, altavoces y auriculares. Permite la auscultación asistida filtrando sonidos cardíacos y pulmonares; y registrarlo directamente desde el fonendoscopio.



[Fig. 36] eKuore vet II - E2k0002 - <https://ekuore.com/veterinary-stethoscope/>

8.4 Trackener

Trackener es un sistema simple y fácil de usar que permite a los propietarios monitorear de forma remota a sus caballos las 24 horas del día, los 7 días de la semana. Este dispositivo cuenta con GPS y sensores de movimiento. Tiene dos modalidades de uso, para cuando el caballo esté suelto o siendo montado. Su diseño y materiales ergonómicos le entregan completa comodidad al caballo, sin limitar sus movimientos. Está diseñado para todo tipo de climas, resistente al barro, la lluvia y otros elementos. También posee un sistema de alertas similares al cabestro NightWatch, indicando problemas críticos (falta de actividad, signos vitales alterados).

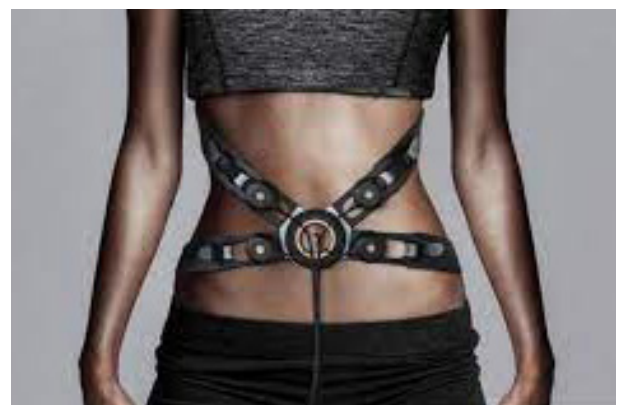


[Fig. 37] Producto Trackener puesto en el caballo - <https://www.eedesignit.com/equine-care-device-startup-trackener-rein-in-interest/>

9. ANTECEDENTES TECNOLÓGICOS

Luego de una amplia búsqueda de patentes y estado del arte, se decidió presentar dos estudios que están relacionados con dispositivos que buscan capturar sonidos abdominales, con el fin de interpretar los datos obtenidos.

La siguiente investigación tiene la finalidad de desarrollar un sistema de diagnóstico no invasivo del síndrome del intestino irritable a través de las



[Fig. 38] Dispositivo síndrome del intestino irritable - Foto de University of Western Australia

características del sonido intestinal, como prueba de concepto.

Barry Marshall (ganador de un premio Nobel) y un equipo de científicos de la Universidad de Australia Occidental, se propusieron “traducir” los ruidos intestinales en diagnósticos médicos, mediante el uso de micrófono hipersensibles.

Este grupo de expertos asegura que es posible pronosticar con una precisión del 87% si alguien tiene el síndrome del colon irritable simplemente escuchando sus entrañas.

Su objetivo es encontrar una forma más barata, más rápida y no invasiva de diagnosticar este trastorno. (Du et al., 2019)

Lo interesante de este estudio, es el diseño del sistema y la introducción de nuevos conceptos, que serán descritos más adelante. En esta investigación se plantea un sistema, compuesto por 4 sensores piezoeléctricos, conectados a una grabadora profesional (Zoom H6). Este método utiliza un cinturón elástico, lo que permite ajustar los sensores lo más posible contra la superficie de la piel, fijando el sensor en la posición adecuada.

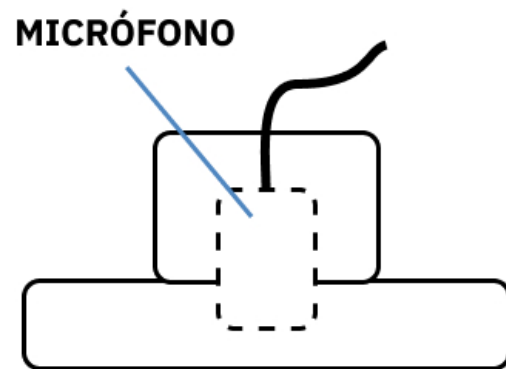
Cabe destacar, que se definieron los siguientes parámetros de entrada: Ausencia o presencia de sonido intestinal. Y parámetros secundarios clasificados como: intensidad, duración y lugar del sonido escuchado. También se introduce el concepto de “defuzzificación” (lógica difusa), proceso para obtener valor cuantificable.

Los parámetros secundarios fueron sub-clasificados como:

- **Ausencia de sonido intestinal.**
- **Presencia de sonido intestinal.**
- **Intensidad disminuida.**
- **Intensidad aumentada.**
- **Intensidad normal.**
- **Duración.**
- **Larga duración.**
- **Duración normal.**
- **Abdomen inferior.**

- **Abdomen superior.**

Siendo estos parámetros los más importantes para la interpretación de datos, realizada posteriormente por un computador (Du et al., 2019).



[Fig. 39] Acoplador desarrollado - Biomedical engineering track - Paper No. 009

El segundo estudio, consiste en el diseño y construcción de un fonointerógrafo digital. Este estudio plantea un sistema diferente al mencionado anteriormente, ya que se desarrolló un sistema electrónico para la detección y almacenamiento en computadora de los sonidos abdominales. Estos sonidos son registrados a través de micrófonos acoplados por aire (Enrique & Quero, 2005).

En este trabajo se planteó desarrollar un sistema que permita la captura, almacenamiento y el análisis de los sonidos intestinales mediante la captura de ocho canales de audio, donde siete de ellos estaba destinado a la captura de sonidos abdominales y uno dedicado a la captura de sonido ambiental para la cancelación de esta sobre los 7 anteriores.

También se propone un sistema acoplado a la piel totalmente diferente, más parecido a un estetoscopio.

De acuerdo a los estudios presentados anteriormente, se tomó la decisión de continuar esta investigación, de acuerdo a algunos lineamientos expuestos por los científicos de University of Western Australia y el trabajo realizado por el Dr. Chong Quero, profesor del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.

IV. MARCO METODOLÓGICO

1. PROBLEMA/ OPORTUNIDAD

Pese a que se encuentran en un entorno controlado debido al valor y cuidados asociados a estos animales, los **caballos estabulados** son **los más propensos** a contraer cólicos, lo cual genera una dicotomía en cuanto a la necesidad de mantener a un ejemplar de gran valor (tanto emocional como económico) en las mejores condiciones de bienestar y el aumento de la vulnerabilidad frente al SAA. Adicionalmente, la mayoría de los cólicos ocurren durante la noche, horario en el que los caballos generalmente se encuentran solos, sin la supervisión de un tercero, por lo que no existe alguien que pueda alertarnos sobre comportamientos extraños que pueda presentar el caballo.



[Fig.40] Propietario y caballos pastando - Foto elaboración propia

De acuerdo a los antecedentes y parafraseando el capítulo 3.1 respecto a la incidencia y mortalidad, mientras antes sea detectado el cuadro de cólico, mejor será el pronóstico para el posterior tratamiento y recuperación. Ante esta problemática, surge la impetuosa necesidad de resolver de alguna manera el tiempo que transcurre entre el inicio del cuadro del cólico que se manifiesta durante la noche y el diagnóstico veterinario.

La biotelemedicina permite alertar rápidamente un posible cuadro de cólico, incluso antes de presentar sintomatología. Dado que hoy no existe dispositivo capaz de monitorear de forma continua los ciclos intestinales, la medición o registro de procesos y eventos, puede posibilitar establecer un pronóstico, métodos de tratamiento y controlar el progreso de un cuadro clínico, en el que la biotelemedicina permitiría alertar rápidamente un posible cuadro de cólico, incluso antes de presentar sintomatología.

El síndrome abdominal agudo afecta negativamente en la salud y vida del caballo. Y también, representa un devastador impacto para el propietario, no sólo emocional, sino que económico y de tiempo invertido.

“*Mientras antes sea detectado el cuadro de cólico, mejor será el pronóstico para el posterior tratamiento y recuperación.*”

2. Usuario

Se realizaron una serie de entrevistas con veterinarios, cuidadores y propietarios para validar la información obtenida y manejar las variables adicionales dadas por el contexto local de cada caso. A partir del estudio de antecedentes, se suma la experiencia en el mundo ecuestre, de más de 15 años de desempeño como jinete, propietario y criador de caballos destinados para el deporte, con la que fue posible realizar el siguiente estudio de usuario:

Aun cuando, el objetivo es tener un efecto sobre el bienestar del caballo, existe más de un usuario a considerar en el proceso de diseño.

Ante todo, quien toma las decisiones respecto al bienestar del equino, es su respectivo propietario. De tal modo, el dueño será el principal cliente potencial.

No obstante, es importante tener en cuenta que a veces no es el mismo propietario quien está la mayor parte del tiempo para cuidar al caballo. Es fundamental el rol del petisero, visto que es este

quien interactúa la mayor parte del tiempo con el caballo.

2.1 Caballo

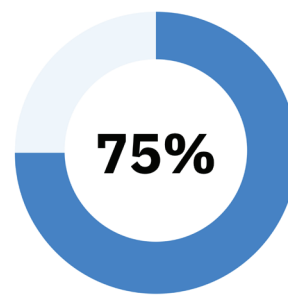
Este proyecto de diseño esta dirigido a caballos de competencia, debido a que son quienes pasan la mayor parte del día “estabulados”, principalmente por prevención, ya que al ser un caballo de alto rendimiento, se busca evitar todo percance que pueda significar días perdidos de preparación o quedar fuera de competencia.

Rutina diaria de un caballo En estado de libertad

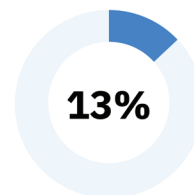


[Fig. 41] Caballo en libertad - Foto elaboración propia

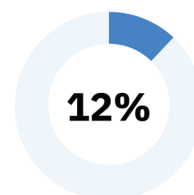
**ALIMENTARSE/
MOVERSE**
18 hrs.



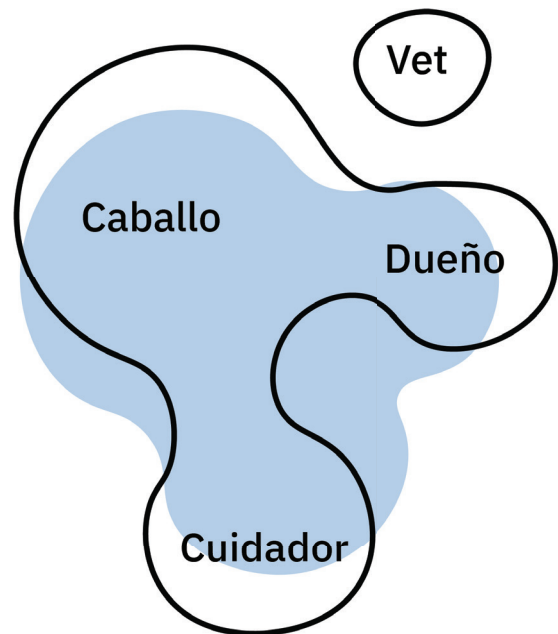
**ACICALAMIENTO
SOCIAL/JUEGO**
3,1 hrs.



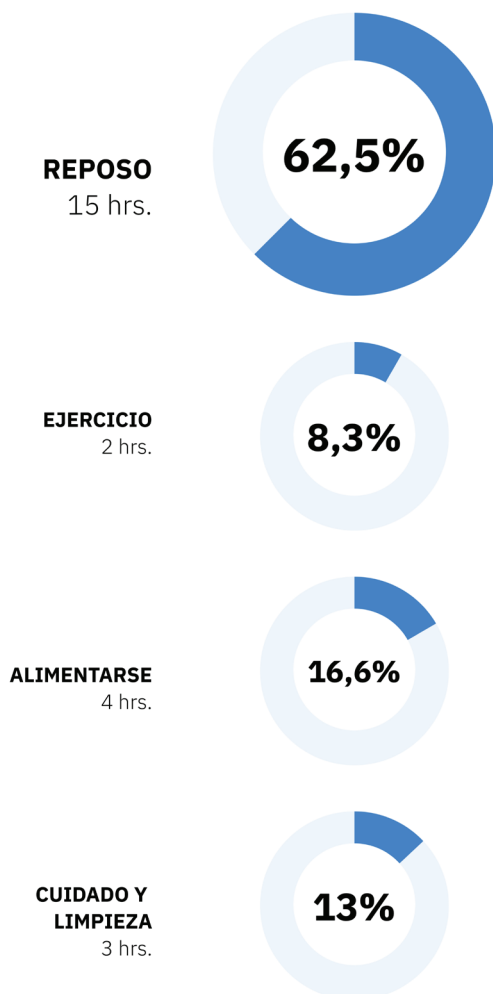
DORMIR
2,9 hrs.



Por otro lado, el caballo deportista recibe una alimentación concentrada, llena de suplementos y vitaminas para que pueda rendir mejor, lo que implica que, el tiempo que pasa alimentándose es menor, y por consiguiente, se vuelve más propenso a desarrollar trastornos digestivos graves como el cólico equino. Por último, se hace relevante destacar que se invierte una gran cantidad de esfuerzo en la crianza de cada uno de estos ejemplares, puesto que hay un proceso de selección de linaje, cría, amanse y doma que son cuidadosamente manejados para que en el largo plazo ese caballo se convierta en un excelente deportista, aumentando su valor como ejemplar en el rubro.



[Fig. 42] Equema - Elaboración propia



Rutina diaria de un caballo Criado para el deporte



[Fig. 43] Caballo criado para el deporte - Foto de MBS.

2.2 Propietario

En segundo lugar, se encuentra el usuario indirecto, el propietario del caballo. Es el dueño quien tiene poder de decidir qué cambios hacer en la rutina de su animal. Siempre asesorado por la opinión del petisero, jinete, entrenador y veterinarios, por lo que se da a entender que, mejorar el bienestar del caballo también pasa por éste y su situación económica.

El tipo de usuario al que va dirigido el proyecto, es todo aquel propietario de uno o más caballos que estén preocupados por el bienestar y angustia de sus caballos.



[Fig. 44] Propietario junto a su caballo - Elaboración propia



[Fig. 45] Cuidadora limpiando al caballo - Foto de Staff Sgt. Chad C. Strohmeyer - <https://www.horseillustrated.com/groom-your-horse-like-a-pro>

2.3 Petisero

El cuidador, también conocido como ordenanza o petisero, se encarga del manejo de casi todos los elementos que necesita el caballo para vivir y cumplir con la función que se le otorgó; como alimento base y suplementos vitamínicos, agua, aseo y mantención de la pesebrera, aseo del caballo, cuidado de la indumentaria del caballo, equipar la indumentaria en el caballo, traslado del caballo de un punto a otro, manejo para la revisión veterinaria, manejo para el traslado en camión, ejercitación desmontada del caballo y presentación del caballo entre otros.

El petisero es quien que pasa más tiempo con el caballo y, por ende, debe aprender a conocer su personalidad y rasgos. En él recae gran responsabilidad si algo le pasa al caballo mientras está en su pesebrera, ya que su labor principal, además de todo lo anterior, es el monitoreo del bienestar del caballo. Por ende, una modificación de este tipo considera al cuidador como parte del sistema.

2.4 Perfil persona

A partir del estudio de antecedentes y entrevistas, se decidió hacer un perfil persona. Para esto se consideraron algunos relatos de propietarios acerca de experiencias que hayan vivido producto de un cólico equino, evidenciando el alto impacto que tiene este síndrome.

Andrea, equitadora por más de 15 años, tiene 4 caballos. Tuvo que operar a su yegua Arabelle, de emergencia por un cólico por estrangulación, lo que le produjo necrosis en algunos tejidos, empeorando aun más su situación.

Cuenta que recibe una llamada de su ordenanza a las 8pm, justo antes de terminar su turno, y le comenta que Arabelle estaba escarbando (síntoma asociado con cólico) en el corral.

Cuando el veterinario llegó, comenzaron con los procedimientos típicos pero “nada funcionaba, la yegua nunca repuntó”, nos comentaba Andrea. A las 22:30 Arabelle fue ingresada a la clínica de la

universidad Andrés Bello, una hora más tarde ya se encontraba en cirugía, la que duró 4 horas. Casi muere durante el procedimiento.

Estuvo en estado crítico desde el día jueves 7 de marzo del 2021, hospitalizada hasta el 24 de marzo, más de lo normal, ya que Arabelle sufrió todas las



[Fig. 46] Arabelle post operatorio - Foto de Macarena Cuevas



[Fig. 47] Perfil persona - Elaboración propia

“ Me llamaron para decirme que Arabelle estaba escarbando, en segundos me dio mucha angustia y estrés. Porque ya se me había muerto un caballo hace 5 años. Aparte yo estaba a 40 minutos del club. ”

Resumen

Andrea es equitadora hace más de 15 años, a los 5 años ya se subía a los caballos de la playa. Monta en la RM, comenzó como un pasatiempo light, pero desde los 19 años en adelante lo considera una forma de vida. Ya que gran parte del día esta con ellos, los días que no se entrena se preocupa de ir entre una a dos veces al día para sacarlos a corral, y los fin de semana entrarlos al atardecer del corral a la pesebrera.

Dolores

- Angustia cuando mis caballos estan solos.
- No poder socorrer uno de mis caballos.
- Inseguridad

Metas

- Ganar el Campeonato nacional 2021.
- Jubilarme junto a mis caballos.

Actividades y tecnologías

- ICE-Vibe
- Magnetik-Veredus

enfermedades que pueden existir en post operatorio, peritonitis, laminitis, neumonía, todas letales.

Estuvo 17 días hospitalizada, por lo general un post operatorio dura 2-3 días. Lo que significó un aumento en los gastos, sumando la compleja situación por la que tuvo que pasar los primeros 5 días de cuidados intensivo.

Al principio la yegua debió permanecer en pesebrera producto de la cirugía, lo que le afecta mucho a la musculatura y aumenta el riesgo de cólico.

Los primeros meses, sólo se le permitía caminar 10 minutos y pastar de tiro. Con el tiempo, comenzó a ir 30 minutos al caminador y corral, hasta que se comenzó a montar con un trabajo progresivo, caminando 50 minutos al comienzo hasta lograr el trote y entrenamiento.

Una cirugía por cólico hace que el caballo esté, en promedio, 6 meses fuera de competencias, Arabelle se operó en marzo y a finales de septiembre volvió a las pistas.



[Fig. 49] Arabelle alta médica - Foto de Macarena Cuevas



[Fig. 48] Cicatriz abdominal - Foto de Macarena Cuevas



[Fig. 50] Cirugía de cólico- Foto de Xavier Varela

3. SÍNTESIS DEL PROCESO INVESTIGATIVO

Como fuese mencionado, el cólico equino afecta a un 36% de la población total de caballos y es la principal causa de muerte, solo superada por la vejez.

Es un síndrome muy repentino y devastador, puedes haberte despedido de tu caballo después de un entrenamiento y al día siguiente, si nadie se percató, encontrarlo sin vida en su pesebrera.

Los caballos al ser animales de presa suprimen instintivamente la expresión de dolor, por lo que es muy difícil percatarse de algunos síntomas en las etapas iniciales.

Los cólicos equinos ocurren con mayor frecuencia durante la noche, cuando los caballos se encuentran solos, sin la supervisión de su cuidador. Y la tasa de letalidad actúa en función del tiempo de reconocimiento y acción.

La muerte por cólico, significa un gran impacto, no sólo emocional, sino que económico y de tiempo invertido.

Esto causa dolor especialmente en los propietarios, que no pueden descansar tranquilos ante un imprevisto ataque de cólico. La posibilidad de que uno de sus caballos este sufriendo o pueda morir, sin ser socorridos por no estar ahí presentes.

Entonces, buscan sistemas de cuidado innovadores, y formas de poder “prevenir” estas situaciones de sufrimiento, razón por la cual se desarrolla un producto que resuelva los múltiples problemas expuestos y agregue valor a los usuarios.

4. PROPUESTA SOLUCIÓN

El presente proyecto consiste en el diseño de un sistema que permita monitorear de forma remota la angustia y bienestar equina a través de un dispositivo IoT (wearable) llamado **Equify**. Este tiene como objetivo principal reconocer la periodicidad de los ciclos intestinales y ciertos síntomas (constantes fisiológicas) correlacionados con el dolor, permitiendo anticiparse al desarrollo de un cuadro grave de cólico equino, mediante sistema de alertas, para así lograr el objetivo de promover la derivación e intervención temprana y al mismo tiempo fomentar una toma de decisiones más informada.

5. CONCEPTO DE PRODUCTO

Este dispositivo wearable inteligente, ofrece monitoreo en tiempo real, no invasivo y alertas automatizadas. El sistema busca desviaciones en el estado fisiológico normal del caballo utilizando diferentes sensores que permiten tener un análisis biométrico detallado, controlar la actividad del caballo y la suma de una previa reseña histórica del animal. Conformando así, un sistema de conocimiento empírico del equino que en un futuro servirán como indicadores y feedback sobre el estado del caballo al propietario, veterinario o cuidador.

5.1 Requerimientos

DEBE	Monitoreo en tiempo real	No invasivo	Inteligente	Visualizar lo datos
DEBERÍA	Portátil	IoT	Analizar espectro de onda	Robusto
PODRÍA	Intuitivo	Uso profesional	Facilitar interpretación	
NO DEBE	Alterar al animal	Necesitar conectarse a corriente	Muy pesado	No adaptable

[Fig. 51] Design Criterial Canvas - elaboración propia

6. DESARROLLO DEL PROYECTO

Para comenzar con el desarrollo de Equify, se comenzó por definir cómo se llevaría a cabo el primer acercamiento, donde el enfoque principal es validar la posibilidad de automatizar el reconocimiento de los ciclos intestinales, mediante la auscultación electrónica, ya que es una de las variables más importantes para la prueba de concepto.

Para llevar a cabo la construcción de un producto mínimo viable, se plantearon las siguientes tres dimensiones de trabajo:

Primera dimensión (Exploración tecnológica):

Consiste en la validación de hipótesis tecnológica, anteriormente planteadas. Esta tiene un enfoque exploratorio, con el fin de familiarizar con la técnica. Tal como lo menciona su título, se busca testear la tecnología existente (estetoscopio digital) para establecer metodologías y posibles aplicaciones. Además, se incluirán testeos de prototipos, entrevistas a expertos, análisis de resultados en conjunto a veterinarios y otras herramientas del lean play.

Asimismo, investigar y establecer los parámetros requeridos por el instrumento a nivel tecnológico (componentes, circuitos, software, entre otros).

En definitiva, se busca detectar variables, relaciones y condiciones, de carácter cualitativo, a fin de encontrar indicadores que puedan servir para definir con mayor aproximación temas desconocidos o poco estudiados. en este sentido, existe una teoría tecnológica importante sobre el fonoterógrafo digital, es decir, investigaciones que hablan de su aplicación, instrumentos utilizados y beneficios, pero al mismo tiempo, es una línea de investigación joven

en desarrollo.

Segunda dimensión (Desarrollo de producto):

La presente etapa consiste en una investigación de carácter somato-gráfico del caballo y la interacción caballo-usuario.

Se busca identificar materialidad, estudios de ergonomía y antropometría del caballo, riesgos asociados y diseño de la parte visual del producto, para así poder determinar el perfil formal del producto o sistema, donde se realizarán planos, bosquejos y diseños.

El producto debe quedar planteado en forma técnica, completamente especificado en lo que respecta a dimensiones y materiales, principalmente. Se utilizarán herramientas como: fotomontajes, prototipos, maquetas, herramientas CAD, dibujos técnicos, etc... Con el objetivo de integrar los conocimientos estudiados en la primera dimensión al producto.

Tercera dimensión (Desarrollo App):

En esta última dimensión se desarrollará la interfaz del dispositivo. Utilizando metodologías de diseño UX/UI, se busca que el usuario pueda realizar tareas, entender jerarquía de los datos y acceder a la información que necesita. Su principal objetivo es indicar claramente los puntos de interacción y las funciones disponibles, y guiar al usuario en la realización de un objetivo, al mismo tiempo entregar la sensación de control sobre los elementos.

6.1 Prototipos y prototipado

Para guiar esta investigación y el proceso de diseño, se utilizó la tabla de prototipos de “Prototypes and prototyping in design research”, del autor Ben Matthews, de The University of Queensland.

Este escrito propone lineamientos que permiten guiar el proceso de prototipado, donde se establece un espectro de roles que los prototipos y procesos de creación de prototipo juegan en la investigación, centrando la atención en las funciones de los prototipos como vehículos de investigación sobre, para y a través del diseño.

Prototipo como...				Elaboración de prototipo como...
	Componente experimental	Medio de investigación	Arquetipo de investigación	Vehículo para la investigación
	Rol 1	Rol 2	Rol 3	Rol 4
Propósito y rol	Prueba de hipótesis específicas	Exploración abierta	Ilustración o demostración	Impulsor de la dirección de la investigación
	Variaciones sistemáticas de prototipo o contexto de uso	Instrumento para recopilar, registrar y medir fenómenos	Encarnación física del concepto de investigación, comprensión o diseño del espacio de investigación.	La contribución a la investigación está vinculada al proceso de elaboración de los artefactos
Consideraciones especiales	El diseño del experimento es igualmente crucial	A menudo combinado con la realización de entrevistas	La perspectiva crítica es igualmente crucial	El proceso está documentado, analizado y evaluado críticamente
Data	Principalmente datos cuantitativos (Por ejemplo: registro de datos, cuestionarios...)	Cualitativo (Por ejemplo: entrevistas) y/o cuantitativo (Por ejemplo: data logging)	Artefactos diseñados que forman la base del análisis crítico	Estudio de caso cualitativo
Método de análisis	Análisis estadístico	Análisis etnográfico	Análisis expositivo	Caso de análisis
Tipo de contribución a la investigación	Empírico, teórico	Empírica	Conceptual, metodológico	Metodológico

[Fig. 53] Prototypes and prototyping in design research - elaboración propia

6.2 Exploración tecnológica

De acuerdo a la investigación expuesta en el marco teórico, fue fundamental hacer un análisis sobre tecnologías relacionadas a la auscultación abdominal, estudiar respecto a la teoría del sonido y el uso de micrófonos con Arduino. Lo que permitió comenzar con el desarrollo de los prototipos, ya que, determinar la técnica a utilizar representa un gran desafío.

6.2.1 Capturar ruidos

En este capítulo se desarrollaron diferentes pruebas con el objetivo de captar, a través de un sistema compuesto por un estetoscopio y un micrófono, sonidos cardiacos humanos, ya que los ruidos cardiacos tienen una frecuencia de onda más baja que los sonidos intestinales. De esta forma, fue posible hacer un testeo rápido y efectivo con los distintos tipos de variaciones tanto en los componentes como en el código.

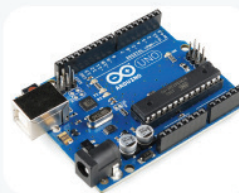
Para la escritura del software, se utilizaron códigos de programación existentes, expuestos tanto en foros open source como, librerías de arduino existentes y códigos entregados por los fabricantes de cada componente.

Se realizaron prototipos de baja fidelidad y de rápida construcción, permitiendo una amplia exploración en la construcción de varios arquetipos, logrando obtener un conocimiento transversal de la técnica y generando aprendizaje respecto a la visualización y variación de los resultados.

Prototipo Max4466

Se tomó la decisión de utilizar el sensor de sonido Max 4466, ya que se trata de un módulo con ganancia automática, el cual “normalizará” el sonido

Componentes:



ARDUINO UNO



SENSOR DE MICRÓFONO
SENSIBLE

MÓDULO Max4466



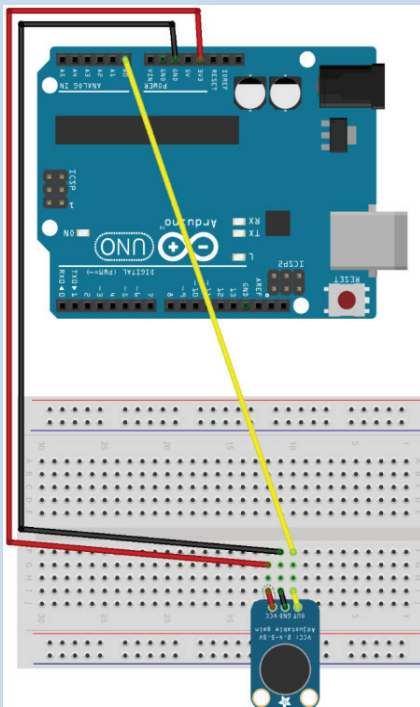
FONENDOSCOPIO

Campana doble

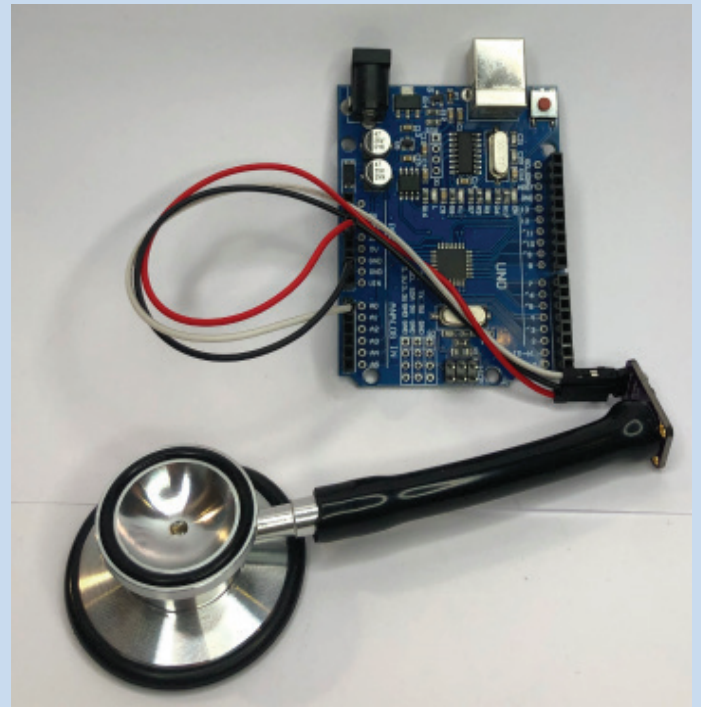
a un nivel establecido. Tiene una ganancia ajustable que se controla con un pequeño potenciómetro de 1 vuelta.

Se conectó el módulo Max4466 a un arduino uno, de la siguiente forma: pin 3v3 (arduino) con el pin VCC (módulo), GND (arduino) con el pin GND (módulo) y pin A0 (arduino) con el pin OUT (módulo). También se corto la manguera del estetoscopio (dejándola de 10cm) para introducir el micrófono dentro de la manguera.

Esquema electrónico



[Fig. 54] Esquema - elaboración propia



[Fig. 55] Prototipo Max4466 - elaboración propia

Prototipo con micrófono omnidireccional

Para el desarrollo de este prototipo se decidió no utilizar arduino, sino un micrófono omnidireccional con cable auxiliar. De esta forma, poder así anticiparnos a la segunda etapa “parametrización”, ya que este sistema permite grabar el sonido directamente en un computador.

Los micrófonos omnidireccionales son capaces de captar todos los sonidos independientemente de la dirección de la cual provengan, de tal forma que tienen una respuesta de sensibilidad constante. Este es el principal inconveniente, por lo que al captar todo, puede percibir tanto lo que queremos, como lo que no (ruido del entorno). Al igual que en el prototipo anterior, se utilizó un estetoscopio. La manguera fue cortada con una longitud de 10 cm y se introdujo el micrófono en el tubo, aislando adecuadamente el micrófono del ruido del entorno.

Componentes



FONENDOSCOPIO

Campana doble



Micrófono omnidireccional



[Fig. 56] Prototipo con micrófono omnidireccional - elaboración propia

Testeo de prototipos

Para este primer acercamiento, que corresponde a una prueba simple de factibilidad de funcionamiento, se determinó probar los prototipos en humanos. Ambos fueron sometidos a las mismas pruebas. Consistió en determinar si el sistema, es capaz de captar sonido o no.

Se procedió a auscultar los sonidos cardíacos humanos, colocando el dispositivo en diferentes puntos del cuerpo: en la carótida, muñeca y sobre el corazón.

También, se debía poner atención en la calidad de señal que recibía, funcionamiento, debilidades, entre otros. Con la finalidad de determinar y ajustar las variables importantes al momento de realizar pruebas de carácter más cuantitativo.

Conclusiones

Ambos prototipos fueron capaces de captar los sonidos cardíacos, sin importar donde se colocara el estetoscopio. Sí se pudo notar una diferencia en la sensibilidad para detectar los ruidos del corazón, donde el módulo Max4466 demostró tener un mejor rendimiento en comparación con el arquetipo que utilizó un micrófono omnidireccional con cable auxiliar. Sin embargo, mientras el módulo Max 4466 nos permitió visualizar de manera clara (a través del Serial Plotter) las ondas y la frecuencia del sonido captado en la zona donde se situó el estetoscopio, el micrófono omnidireccional con cable auxiliar abrió la posibilidad de corroborar la información visual desde la dimensión auditiva, permitiendo así tener una noción fidedigna de aquello que se estaba auscultando realmente. Poder escuchar lo que se estaba auscultando dio cabida a una nueva problemática; la calidad del sonido resulta ser relevante para diferenciar los ruidos captados, por lo que se procedió a realizar una segunda etapa de estudio.

6.2.2 Parametrización

Se busca estudiar los sonidos captados con el fin de identificar el ciclo del ciego y evaluar su rendimiento.

Se determinó que es necesario poder grabar los sonidos abdominales de un caballo, ya que las grabaciones permitirán reproducir el sonido, para ser evaluado, bajo juicio experto (veterinario), el cual podrá corroborar que los sonidos captados coinciden con el sonido que se espera percibir durante una auscultación del aparato digestivo equino.

Visto que los médicos están acostumbrados a identificar el sonido del ciego a través de la audición y no de manera visual, el registro de audio servirá para analizar el espectro de onda y poder identificar el ciclo del ciego de manera visual.

Los datos que se buscan estudiar en esta etapa, posibilitarán la definición de parámetros y sub parámetros, necesarios para poder automatizar el sistema de reconocimiento tomando en cuenta la lógica de parametrización expuesta en el capítulo “antecedentes tecnológicos” perteneciente al marco teórico.

Para esta etapa se utilizaron los prototipos ya probados anteriormente y se adaptaron, con el fin de permitirles grabar.

6.2.2.1 Prototipo Max4466/Micro SD

Para esta etapa se modificó el prototipo de la etapa uno, ya que se utilizó como placa principal un arduino NANO, lo cual permitiría en la eventualidad lograr ir a testear con un caballo de manera inalámbrica y menos invasiva. Para ello, se acoplaron también una fuente de poder (batería Lipo + adaptador) y un módulo de tarjeta micro SD, para la recopilación de la información captada por el sensor Max4466.

Componentes



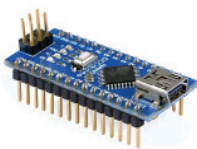
FONENDOSCOPIO

Campana doble



FUENTE DE PODER

LP503562 3.7V
1200mAh



ARDUINO NANO



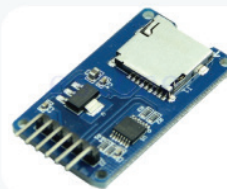
LIPOLY/LION ADAFRUIT

3.7V/4.2V Battery charger



SENSOR DE MICRÓFONO
SENSIBLE

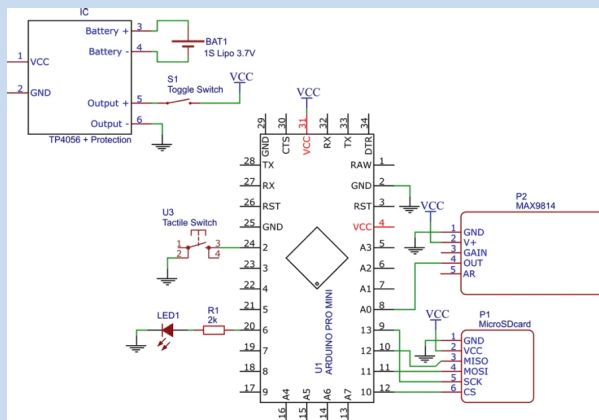
MÓDULO Max4466



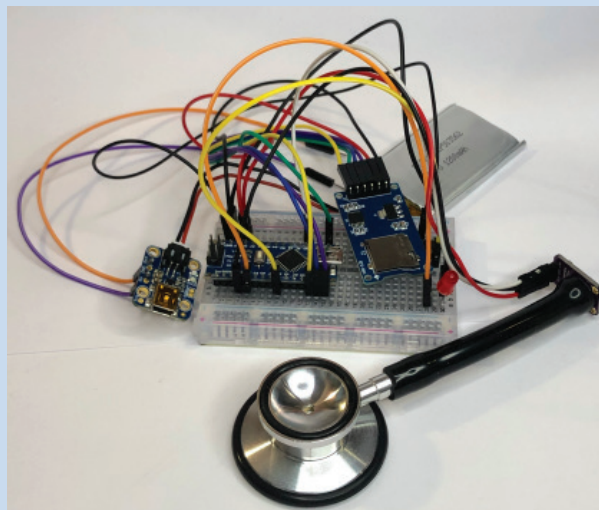
ADAPTADOR TARJETA SD

Modulo Micro-SD

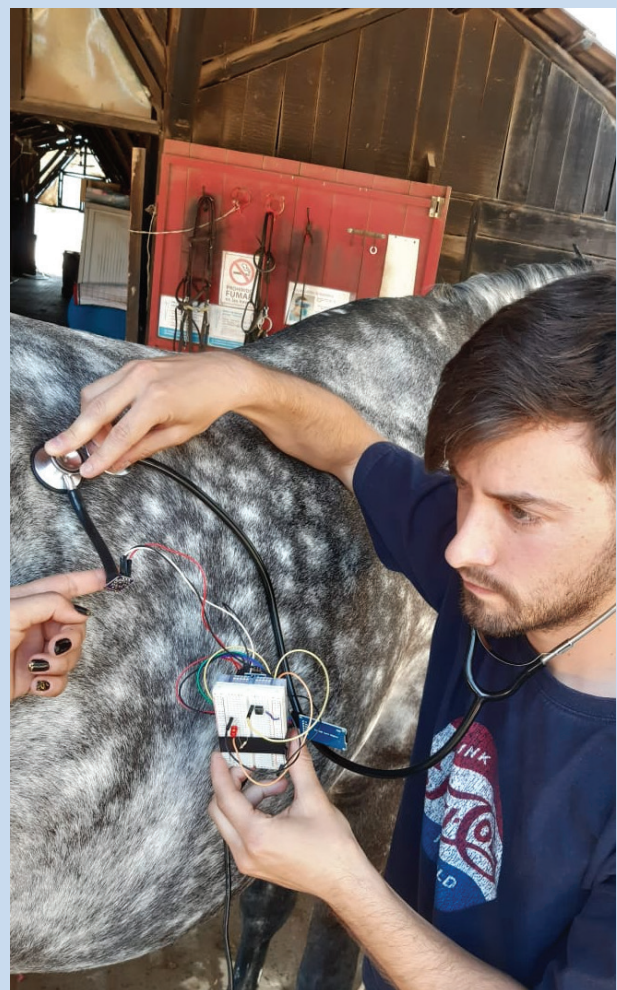
Esquema electrónico



[Fig. 57] Esquema electrónico - elaboración propia



[Fig. 57] Prototipo Max4466/SD - elaboración propia



[Fig. 57] Testeo de prototipo Max4466/SD - elaboración propia

Conclusiones

A nivel conceptual, la incorporación de una batería permitió resolver muchos de los problemas que existen a la hora de acoplar aparatos tecnológicos en la vida diaria de un animal, por lo que para el prototipo final, se proyecta un conjunto que considere una batería para otorgarle autonomía al dispositivo. Sin embargo, poder escuchar las grabaciones recopiladas en la tarjeta micro SD reveló que la calidad del sonido que podía llegar a captar el sensor Max 4466 no era lo suficientemente limpia para diferenciar claramente los patrones del sonido del ciego. Adicionalmente, la librería “TMRpcm” proporcionada por Arduino con las que trabaja el código para este sensor resultó ser compleja y problemática debido a que la incorporación de “audio recording” aún es muy rudimentario.

Tras una exhaustiva búsqueda de posibles soluciones a este problema, se tomó la decisión de iterar en el prototipo del micrófono omnidireccional, ya que logró obtener una claridad de sonido superior a los sensores de sonido de Arduino, según pruebas co-realizadas con expertos, además de prestar mayor facilidad al momento de ponerlo en uso.

6.2.2.2 Prototipo micrófono omnidireccional

Para este prototipo, se decidió utilizar un micrófono BOYA omnidireccional de alta calidad (con condensador), el cual se introdujo dentro del tubo del fonendoscopio y se conectó a un computador portátil a través de una interfaz de sonido.

Al utilizar un micrófono de alta calidad, el sonido obtenido resultó ser mucho más claro, logrando registrar los patrones del sonido de la cavidad abdominal en detalle, diferenciando borborismos y fluidos. A esto se le sumó la incorporación de una

interfaz de sonido para poder así regular el volumen y la ganancia del micrófono y poder escuchar en tiempo real el sonido captado.

Componentes



MICRÓFONO OMNIDIRECCIONAL

Mic - condensador Boya



INTERFAZ BEHRINGER

U-Phoria UM2



FONENDOSCOPIO

Campana doble

Conclusiones

Este prototipo permitió generar un registro de audio de larga duración, el cual pudo ser analizado, comparado y revisado a través de un software de edición de audio (WavePad), para posteriormente ser corroborado por un veterinario y que pudiese así ser utilizado como valor referente.

6.2.2.3 Diseño del estudio

Se utilizó un diseño de diagnóstico de casos y controles para nuestro estudio. Los participantes fueron caballos sanos (sin SAA). Posteriormente, como parte del estudio, se recopilaron grabaciones de sonido para la prueba de índice.

Participantes

Se acudió a la clínica veterinaria equina Equivet (Centro especializado en cólicos equinos). Ya que hay ejemplares sanos y caballos en recuperación (post-operatorio). Y la infraestructura presenta facilidades para llevar a cabo el testeo.

La elegibilidad se determinó mediante una prueba previa, realizada por los veterinarios. Esta evaluación fue estructurada gracias a una ficha de evaluación clínica, que es utilizada para la evaluación de un caballo con cólico (ficha que se encuentra anexada) y de acuerdo a la metodología de testeo utilizada en la investigación para diagnosticar el síndrome de colon irritable, anteriormente comentada.

Se eligieron ejemplares con sonidos fuertes y ciclos del ciego completos. Cabe destacar que los caballos utilizados para estas pruebas, han sido pacientes de este equipo veterinario por más de un año de antigüedad. Por ende, existe un registro y conocimiento de cada participante del estudio.

Desarrollo y método de prueba de índice

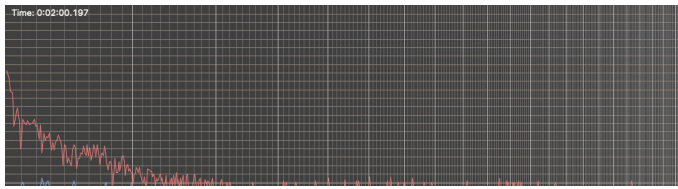
Los sonidos abdominales se registraron utilizando métodos de grabación conectado a sensores colocados en el flanco derecho cuadrante superior del abdomen y mantenidos en su lugar con venda de tipo coban (venda elástica). En esta investigación solo se realizaron grabaciones del ciclo del ciego (ruidos

capturados en el flanco derecho abdomen superior), a fin de validación de hipótesis.

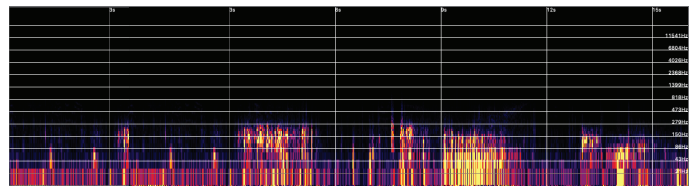
Análisis de ruidos intestinales

Luego, un grupo de médicos veterinarios de la clínica escucharon las grabaciones realizadas con el prototipo propuesto en esta investigación. Donde ellos debían escuchar los sonidos intestinales y señalar cuando ocurría un ciclo del ciego. Cada uno de los médicos emitió un juicio sobre si eran ruidos intestinales o no, basándose en su experiencia clínica, permitiendo reconocer los ciclos del ciego de manera visual (interpretando el espectro de onda), cuando los veterinarios están acostumbrados a reconocerlos mediante el oído.

Para el análisis de los ruidos intestinales se utilizaron dos métodos de visualización: Vista FFT [Fig. 58] (transformación rápida de Fourier), la cual visualiza un gráfico de la frecuencia (eje x, en Hz) versus la intensidad (eje Y, en dB). La frecuencia de la gráfica oscila entre 0 Hz hasta la mitad de la frecuencia de muestreo del audio, mientras que el rango de intensidad va desde -128dB a 0dB, y el gráfico TFFT (análisis de frecuencias temporal) [Fig. 59], funciona trazando la intensidad del espectro de las frecuencias del audio a través del tiempo y representa la intensidad a través del color. El eje X se usa para el tiempo (en el formato hh:mm:ss) y abarca la duración de la selección de audio. El eje Y se usa para la frecuencia (en Hz) y muestra el espectro del audio en cualquier punto en el tiempo (como el FFT, va hasta la mitad de la frecuencia de muestreo del audio.) Entonces, en cada punto en el tiempo y frecuencia, se realiza un cálculo de intensidad y se calcula un número en dB (entre -128dB y 0dB). Esta cifra es asignada a una escala de intensidad de color y luego dibujada en el gráfico, donde el negro puro representa -128dB y el blanco puro representa 0dB.



[Fig. 58] FFT - elaboración propia

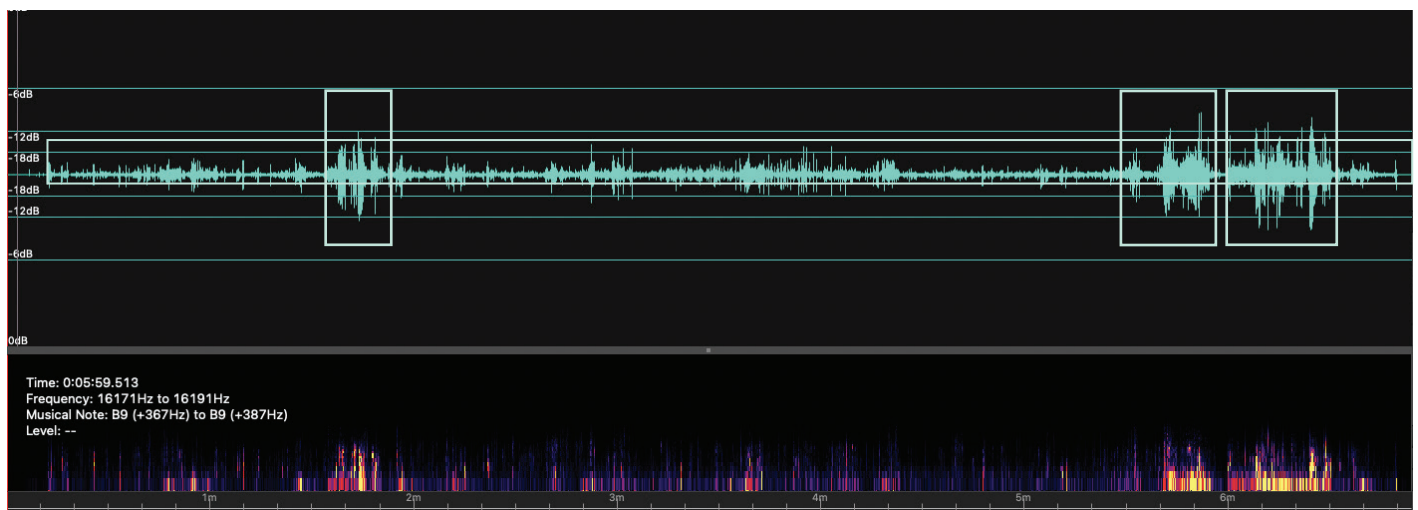


[Fig. 59] TFFT - elaboración propia

Resultados

Luego de horas de grabaciones, se llevaron a cabo mediciones de ruidos intestinales, dichas mediciones fueron realizadas en un lugar con la mínima cantidad posible de ruido ambiental. La figura [Fig. 60] es una muestra de los sonidos intestinales adquiridos durante una de las sesiones de grabación.

La calidad de las muestras depende de la cantidad de ruido que percibe el sistema (sonido intestinal + ruido ambiental), es por ello que se requiere de un filtro para cancelar el ruido ambiental para evitar así guardar información innecesaria.

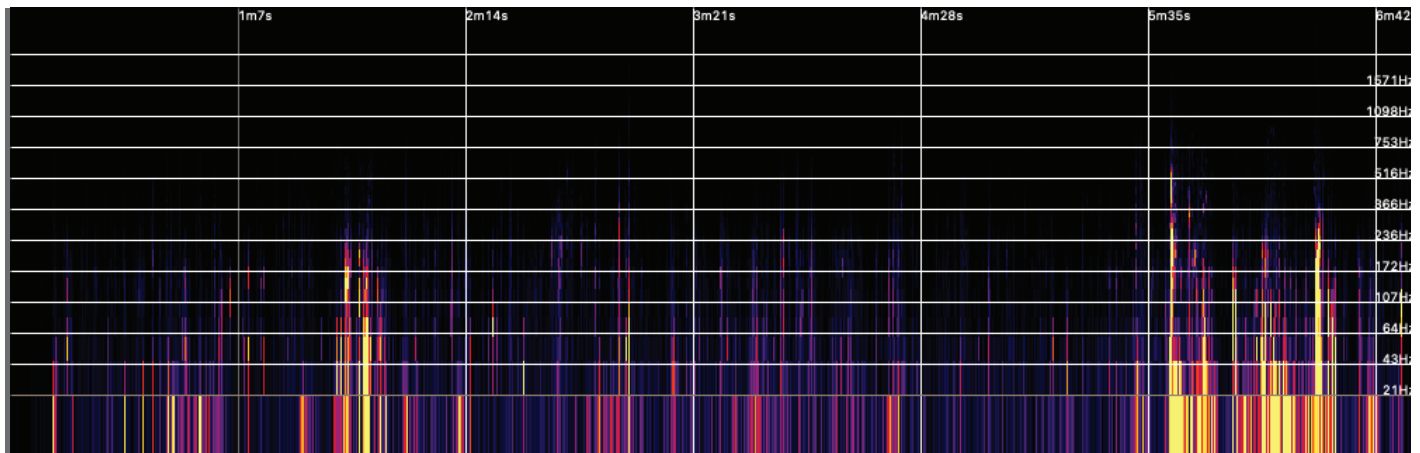


[Fig. 60] Espectrograma de 6 minutos de grabación, se observan 3 ciclos del ciego - elaboración propia

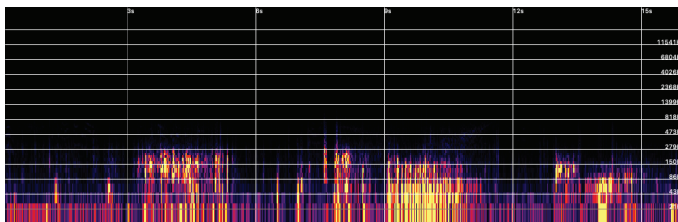
Este espectrograma de audio, tiene una duración de 6 minutos. Los veterinarios pudieron detectar 3 ciclos del ciego, el primero ocurrido entre los minutos 1.35-1.50, el segundo entre los minutos 5.40-5.55 y el tercero entre los minutos 6.00-6.30.

Algunos de los resultados obtenidos fueron los rangos de frecuencia, duración de los ciclos del ciego, rango de decibeles, entre otros parámetros.

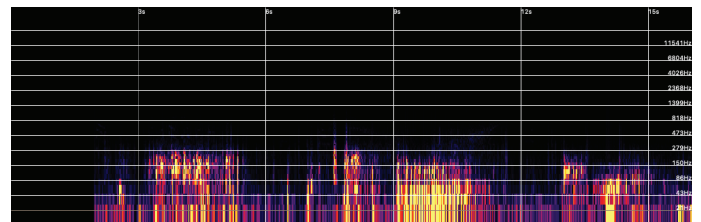
Respecto a la duración de un ciclo del ciego, se obtuvo como resultado promedio que, un ciclo del ciego puede tener una duración que varía entre 15 a 30 segundos. También, los ciclos del ciego se diferencian de los ruidos abdominales de fondo, ya que, éstos se encuentran en un rango mayor de dB. Lo que posibilita a simple vista la identificación de los ciclos en un espectrograma, como en las siguientes imágenes.



[Fig. 61] Espectrograma de 6 minutos de grabación, se observan 3 ciclos del ciego, vista TFFT- elaboración propia



[Fig. 62] Espectrograma primer ciclo observado, vista TFFT- elaboración propia



[Fig. 63] Espectrograma segundo ciclo observado, vista TFFT- elaboración propia

6.2.3 Bases para la automatización

En consecuencia a los estudios anteriores, fue posible estudiar los parámetros y requerimientos, para una futura implementación de automatización del reconocimiento de los ciclos intestinales.

Procesamiento de señales y extracción de características

El procedimiento de procesamiento de señales debe comenzar con la identificación de los ruidos intestinales. Posteriormente, con la extracción de las características del dominio de la frecuencia y del dominio del tiempo de cada sonido intestinal y determinar la ubicación aproximada del origen de cada sonido intestinal.

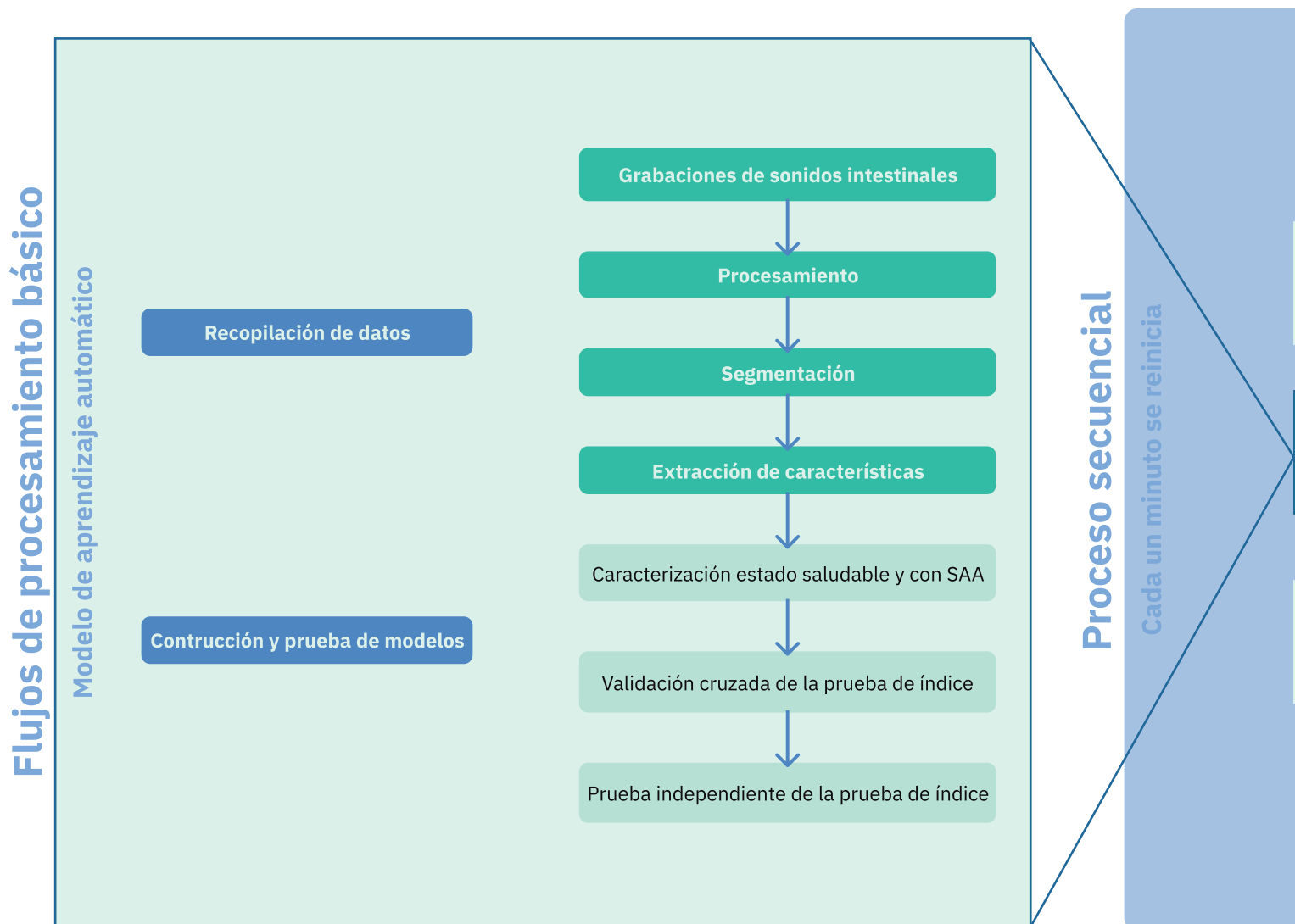
Este sistema debe trabajar en tiempo real. Enfocado en encontrar desviaciones en la frecuencia de los ciclos intestinales. Para esto, se deben generar diferentes muestras de caballos sanos (con ciclos

normales) y realizar una extracción de características, a través de un espectrograma auditivo.

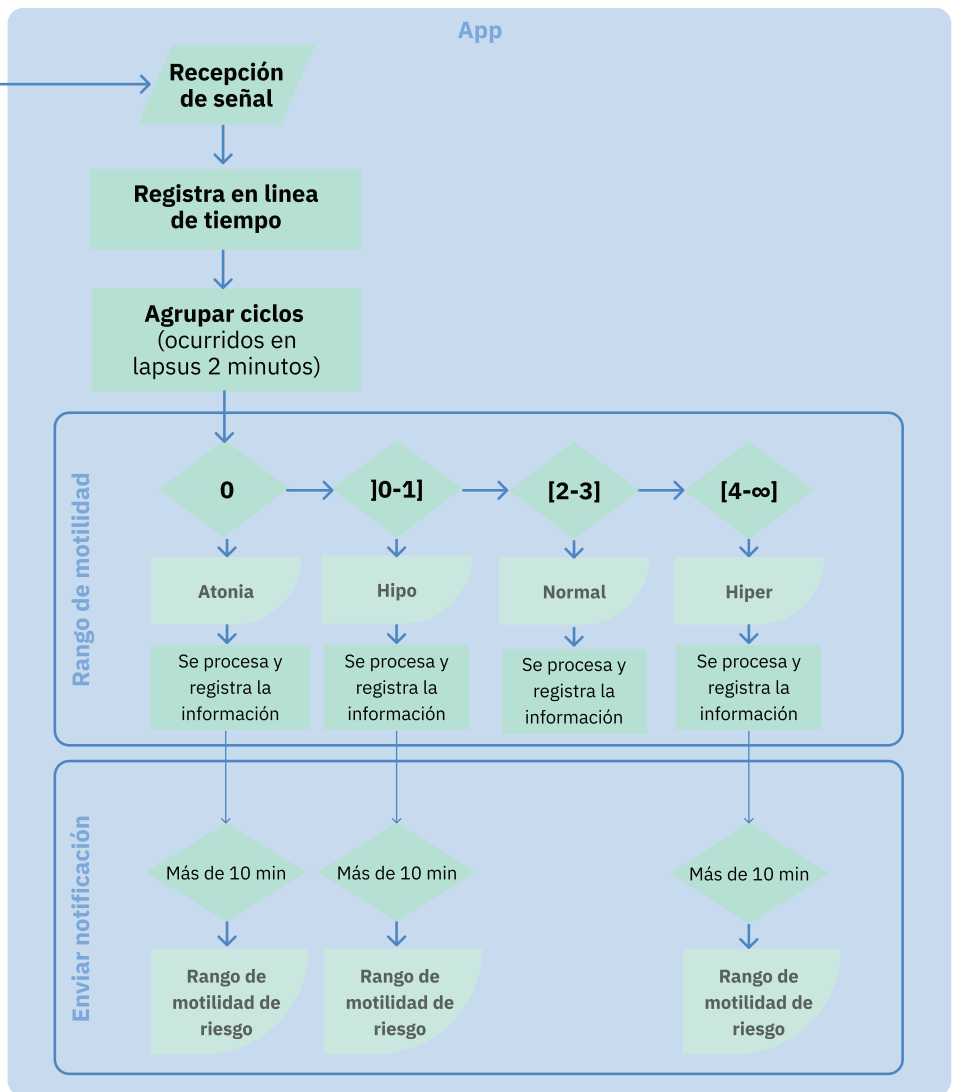
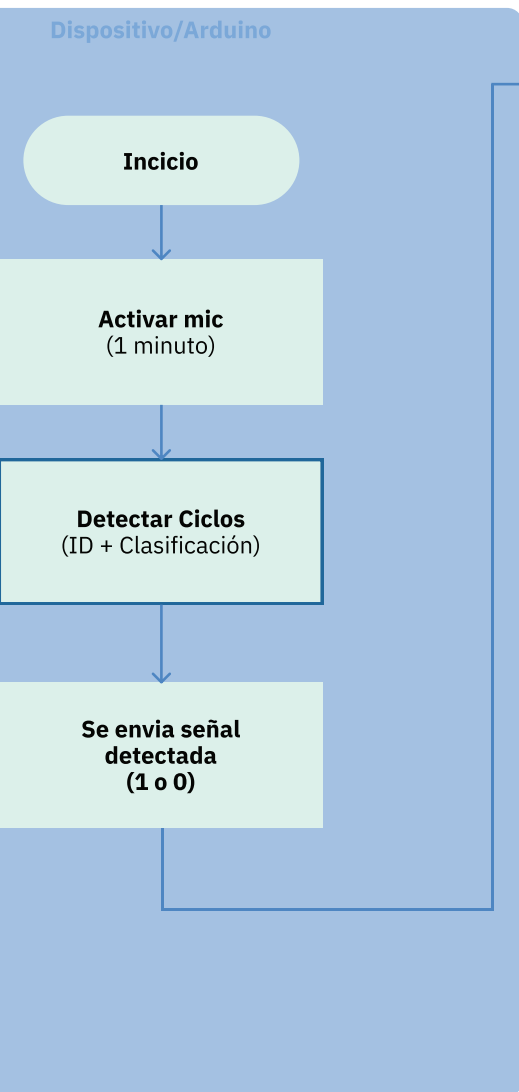
Consiste en la extracción de características de las señales de audio y usarlas como señales de entrada para el aprendizaje, etiquetando en primera instancia el ruido de los ciclos del ciego.

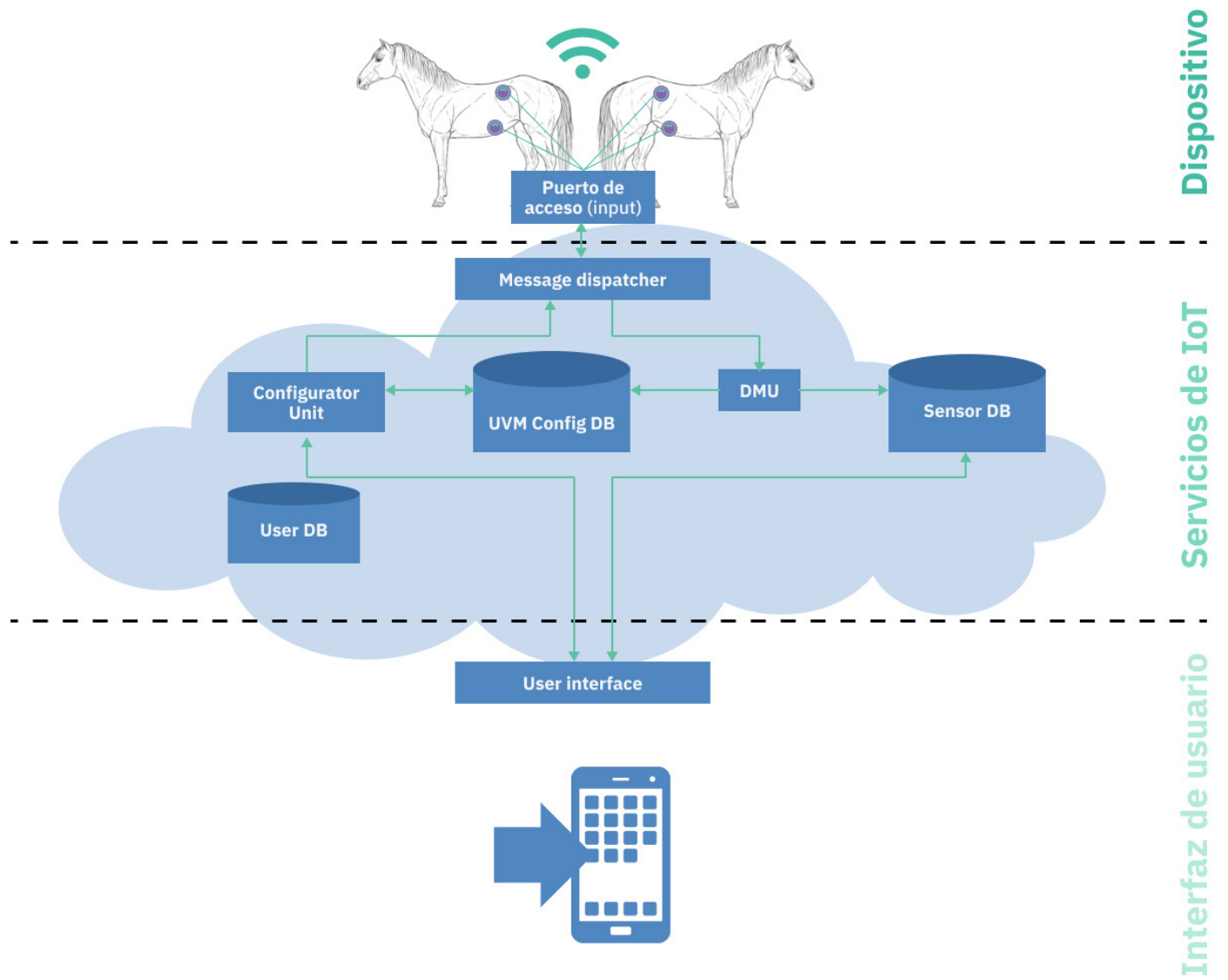
La segmentación de los sonidos emitidos por el ciego, serán detectados y se localizará la instancia en la que ocurre, de inicio a fin, quedando un registro en línea de tiempo.

El flujo de proceso básico de la metodología para recopilar los datos y poder crear un modelo de aprendizaje automático es el siguiente:



[Fig. 64] Esquema - elaboración propia





[Fig. 65] Esquema - elaboración propia

6.3 Desarrollo de producto

6.3.1 Identidad de marca

Logo “Equify” está inspirado en la combinación de Equus + Wifi. Haciendo alusión a caballo internet, ya que, es un dispositivo de IoT.

Combinación de colores



Combinación tipográfica

Sulphur Point

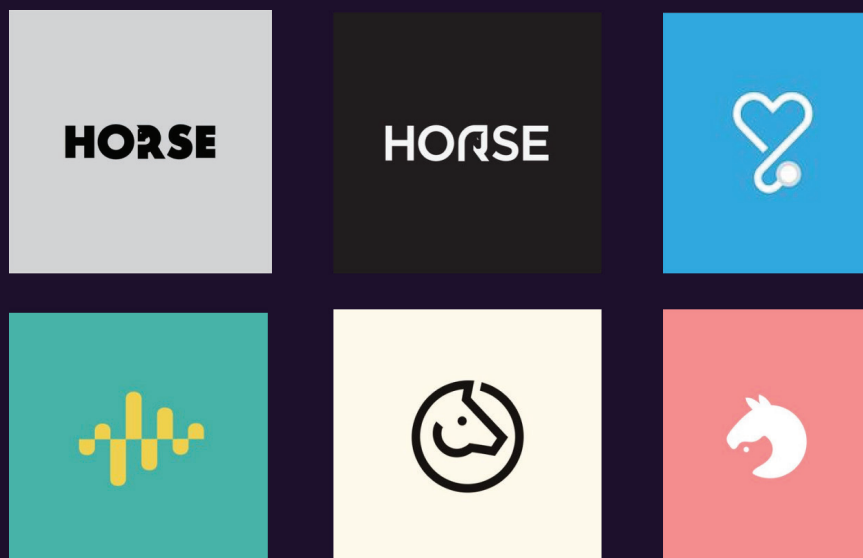
Nunito Sans

The Equify logo, featuring a stylized horse head profile in purple and blue, positioned above the word "equify" in a white, lowercase, sans-serif font.

Palabras claves

<p>Cólico SAA Colic Motilidad</p>	<p>WIFI IoT E Scan</p>	<p>Ecolic Equency Equisafe Equify Equeeper Equibeat</p>
<p>Equi Equus Equino Caballo</p>	<p>Safe Cuidar proteger Keeper</p>	
<p>Emergency AID Warn Guard</p>	<p>Beat Frecuencia Sound Sonido</p>	

Inspiración visual



[Fig. 66] Moodboard de logos - <https://namelix.com/>

Logo



equify



equify



equify



equify



equify

A stylized house icon composed of three overlapping curved lines in shades of purple, blue, and teal. The lines form the roof and sides of a house, with the teal line forming the base.

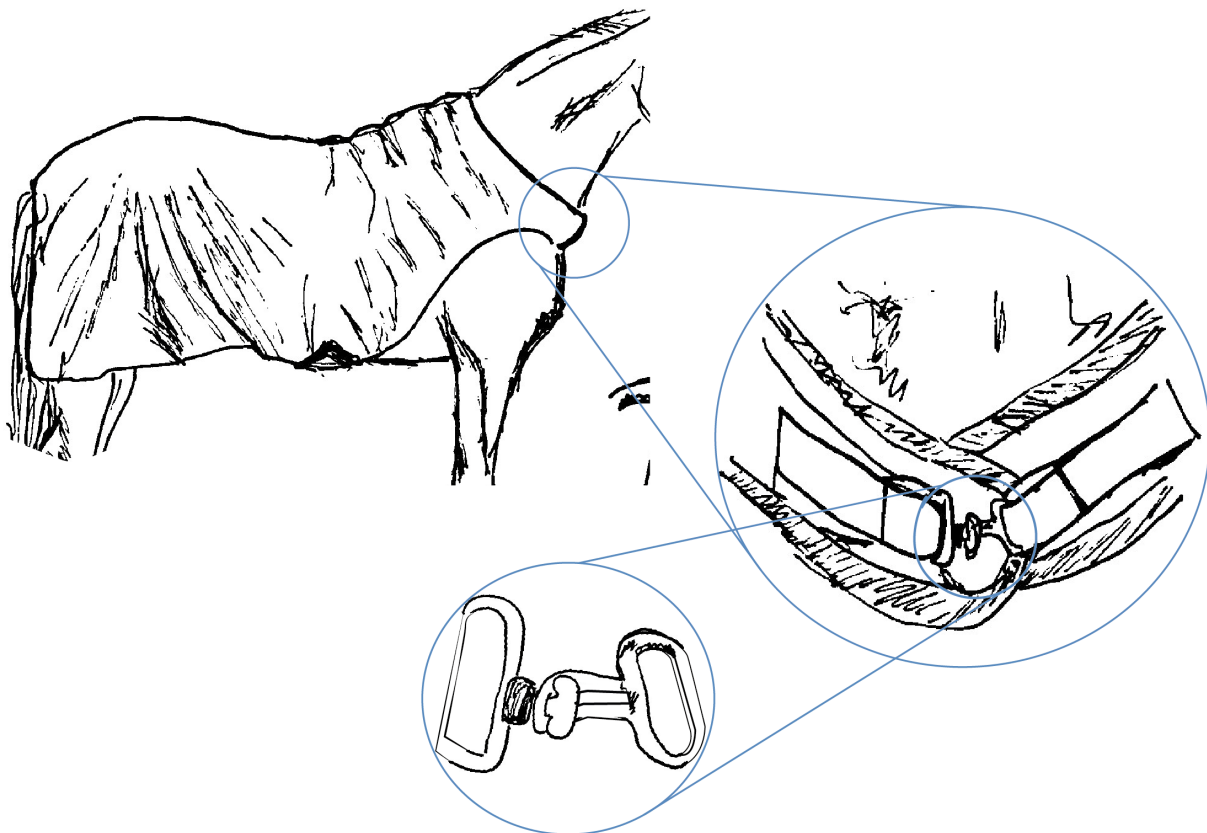
equify

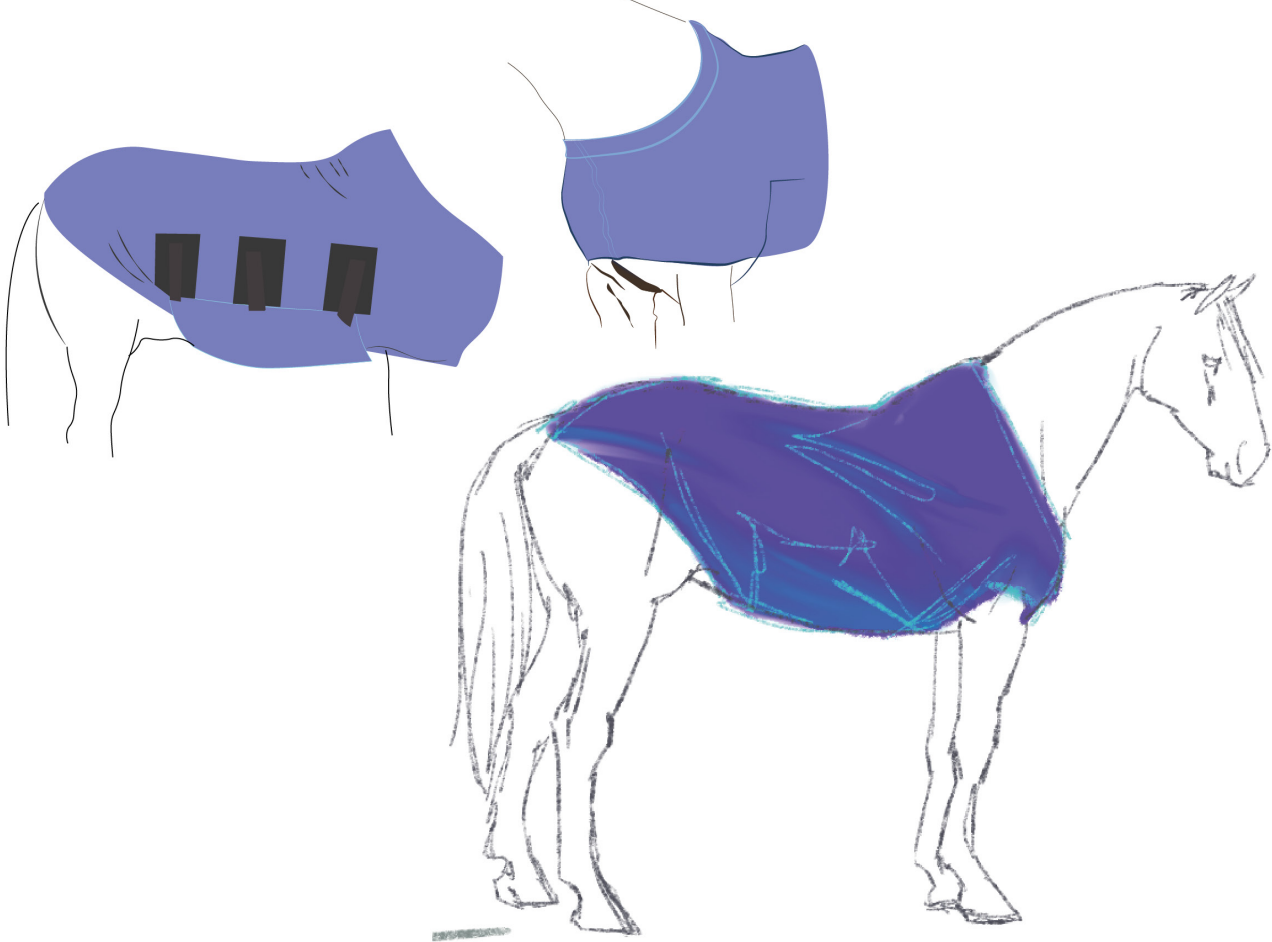
6.3.2 Diseño de producto

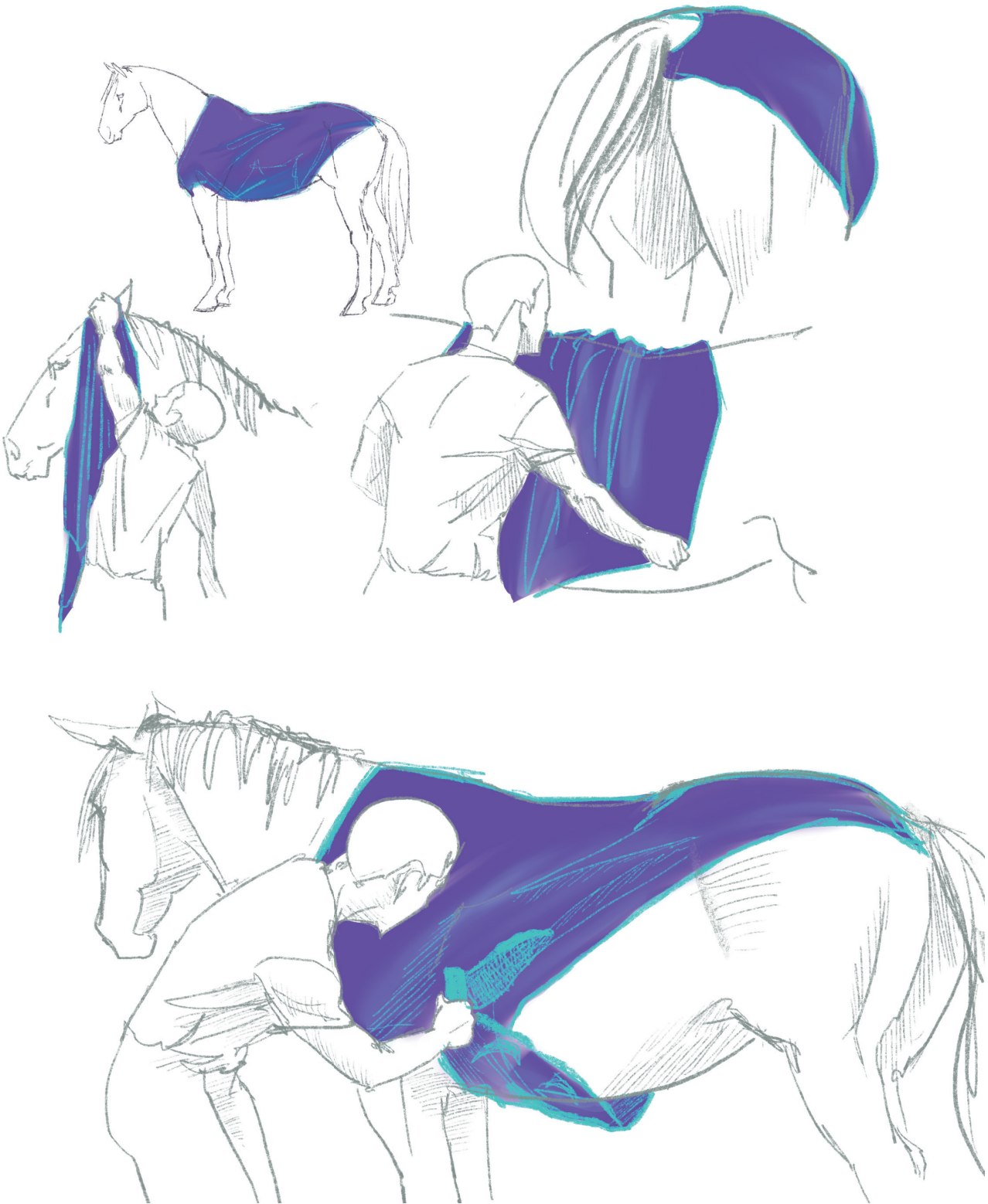
Wearable

Para el desarrollo de esta dimensión, se comenzó por diseñar el mecanismo de vestimenta. Tomando en cuenta variables morfológicas de caballo, posición en la que debe ir el dispositivo, dispuesto por los puntos de auscultación mencionado en el marco teórico.

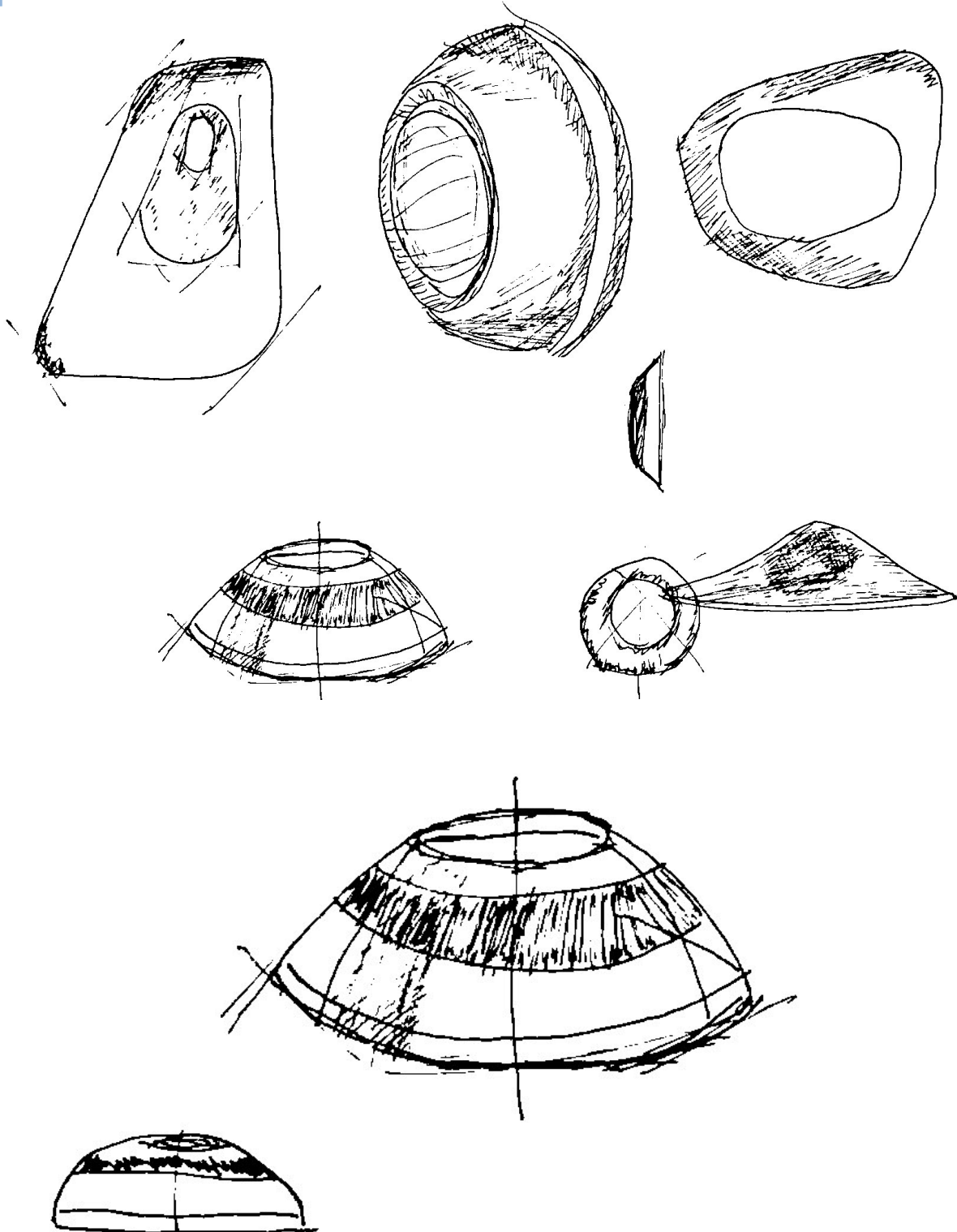
Se decidió la utilización de lycra como material por sus características elásticas, ya que permite fijar el dispositivo adecuadamente a la superficie del animal. También, se tomó en consideración que la vestimenta debía ser similar a las mantas con la que los caballos duermen habitualmente, manteniendo una forma similar, pero incorporando la lycra como material nuevo, con el fin de generar una segunda “piel”.

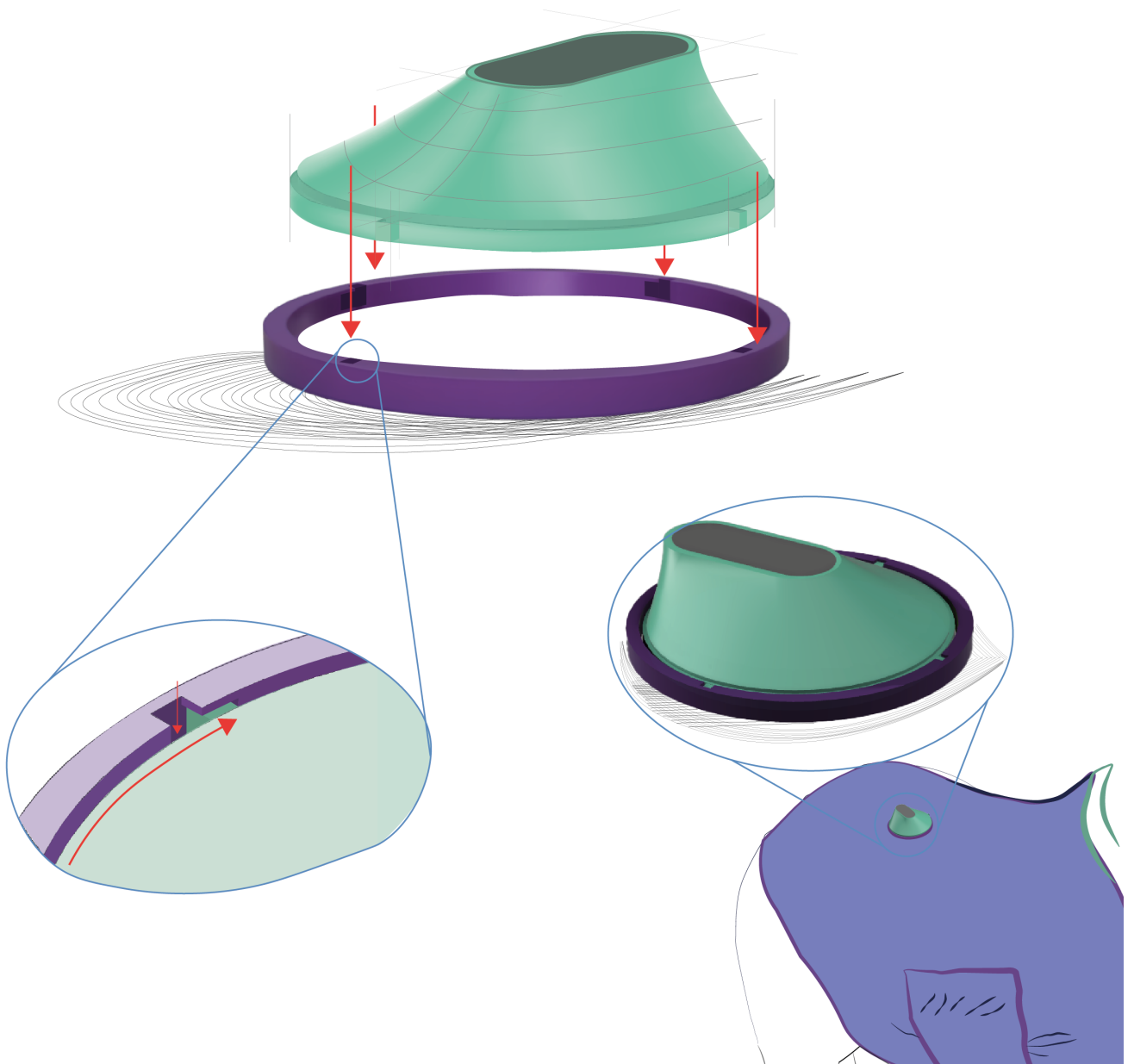
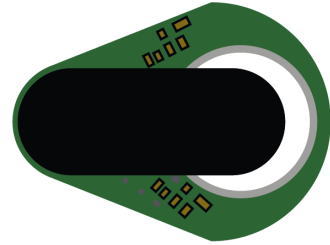
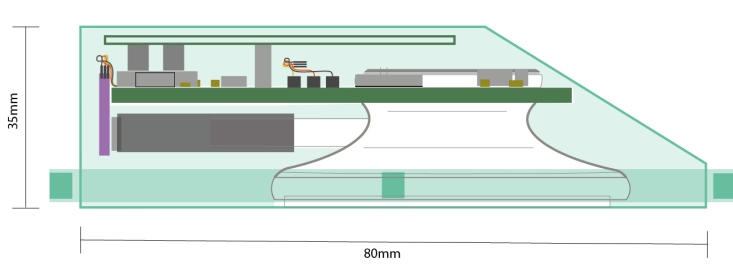


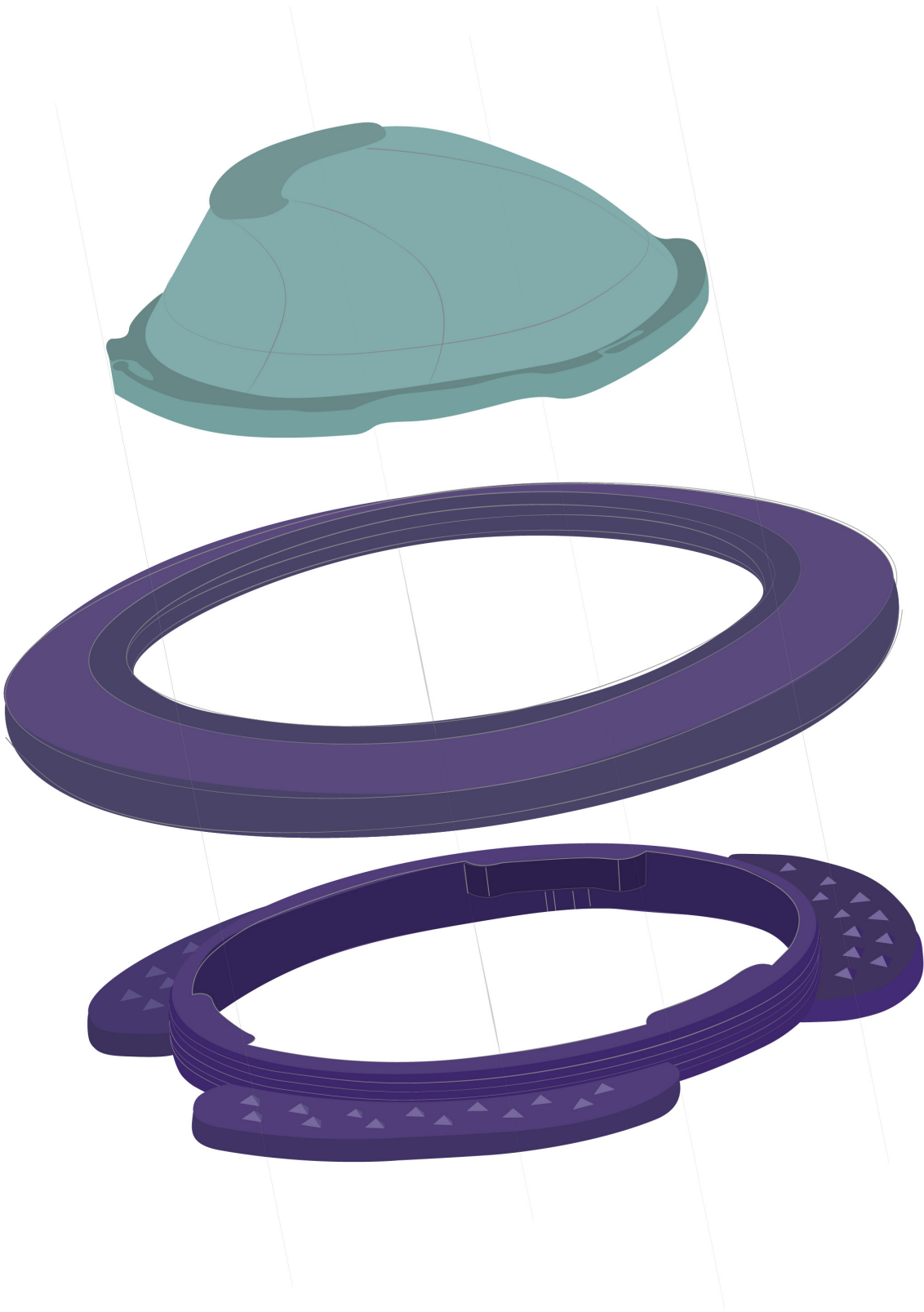


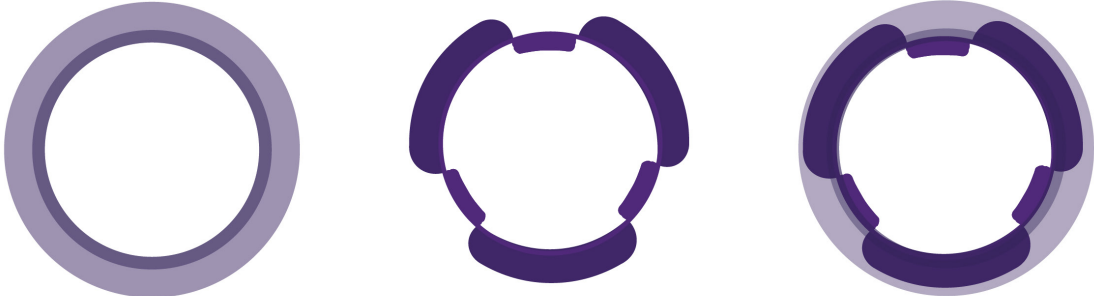
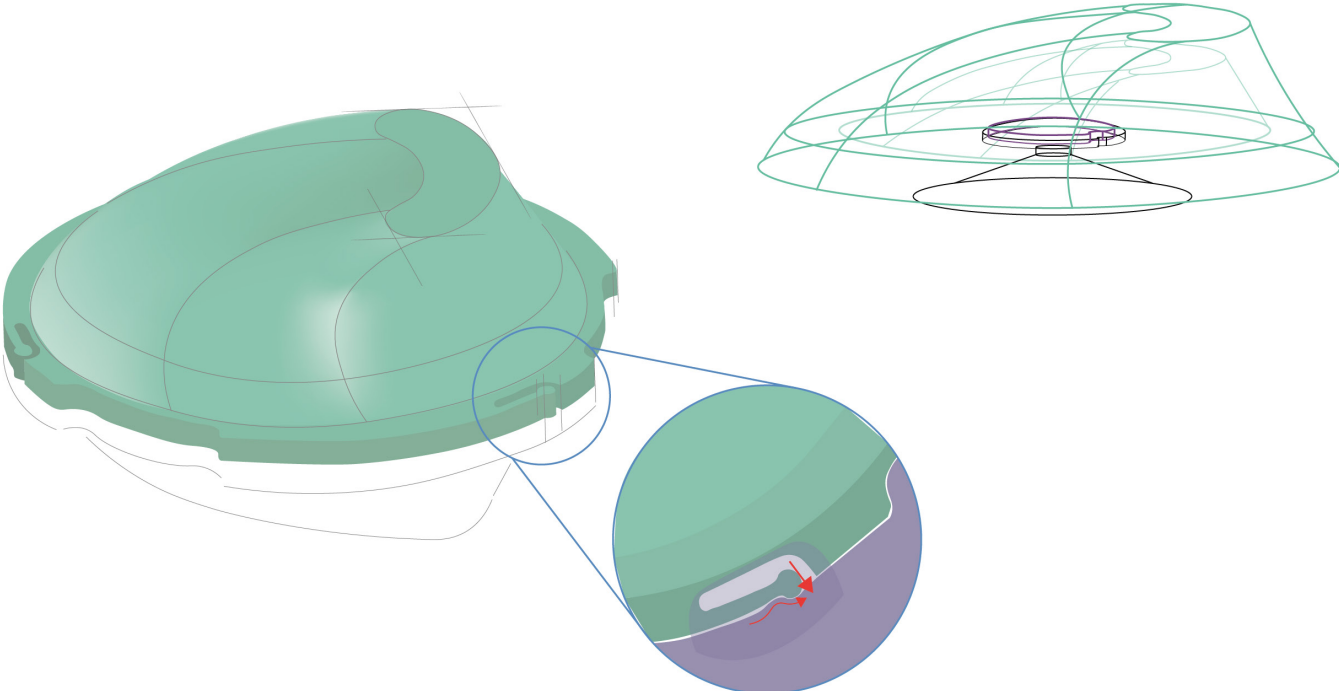


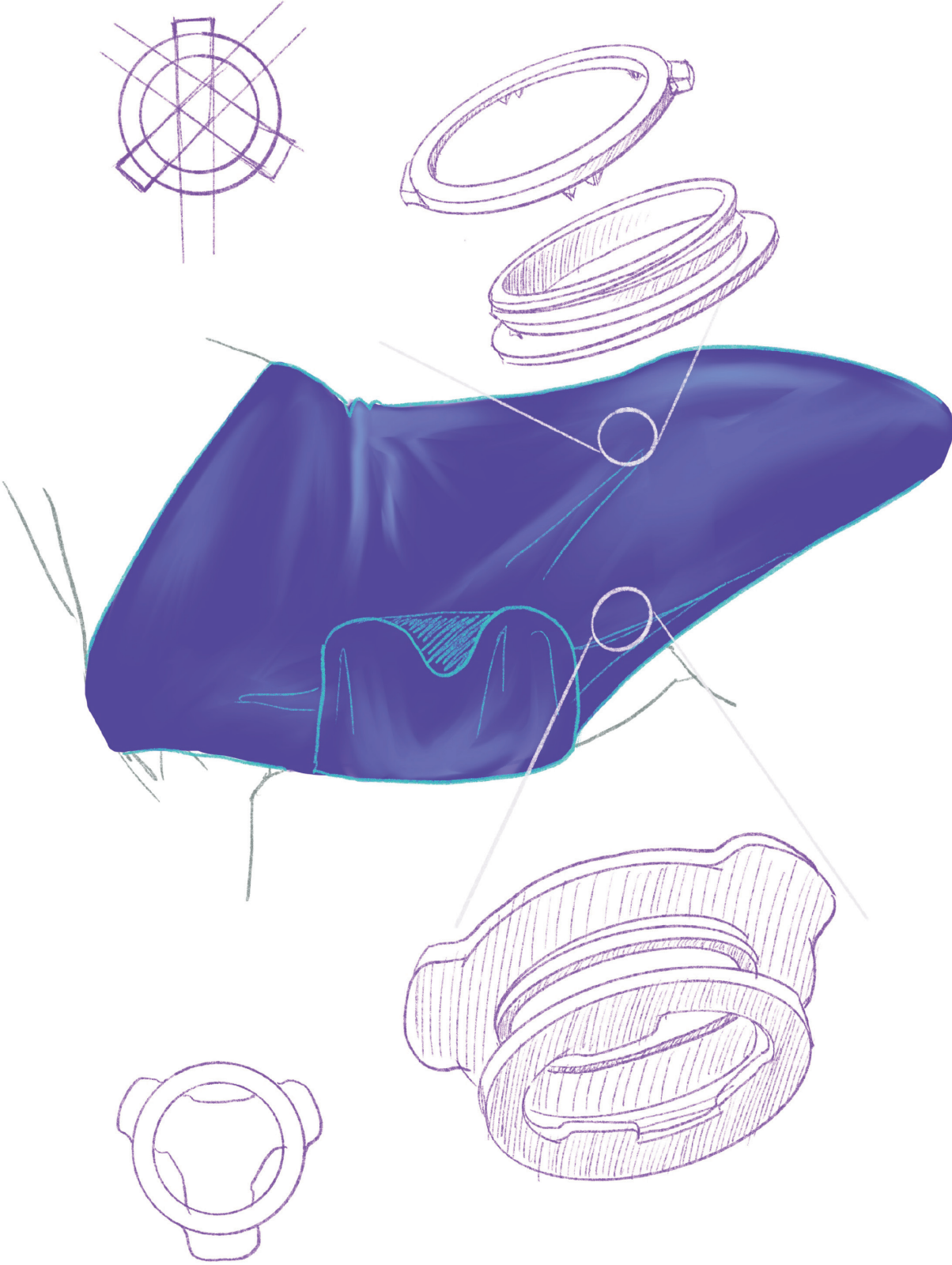
Dispositivo





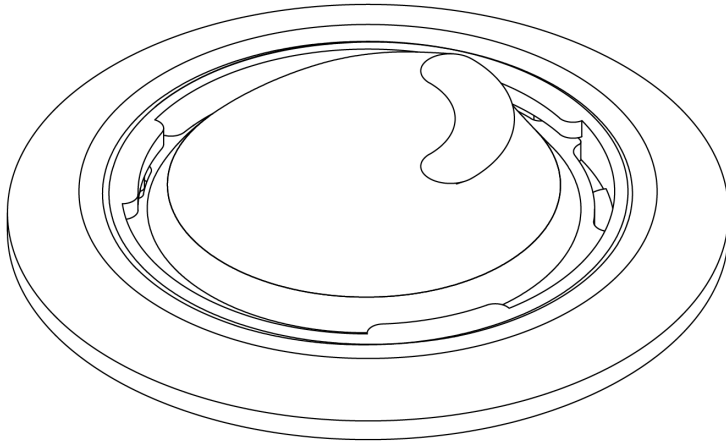




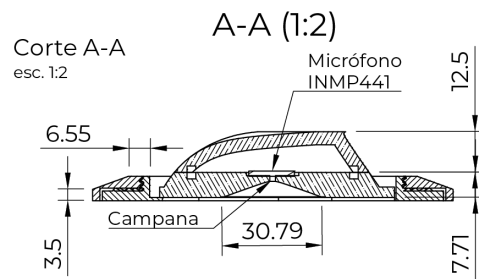
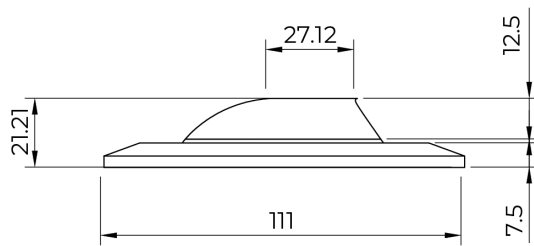




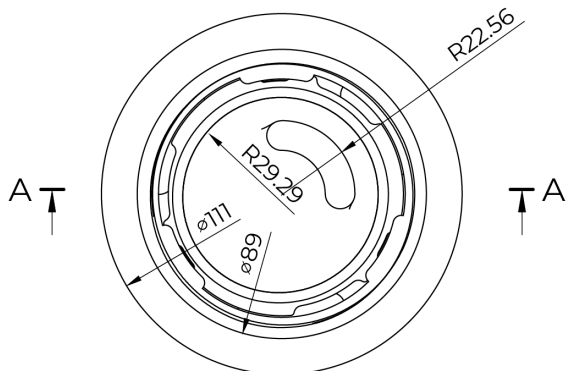
Isométrica
esc. 1:1



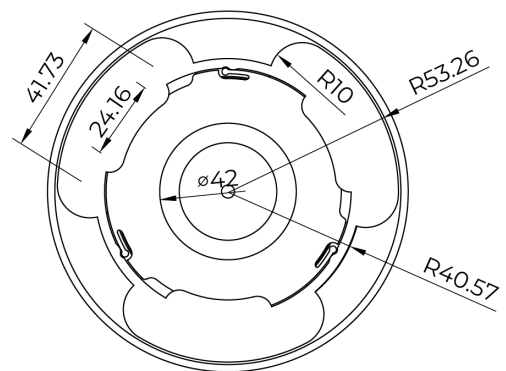
Elevación 1
esc. 1:2

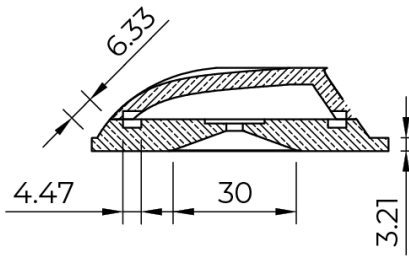
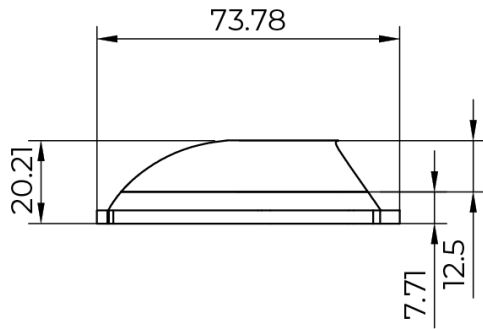


Planta
esc. 1:2

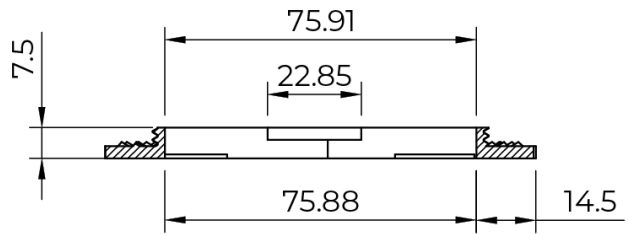
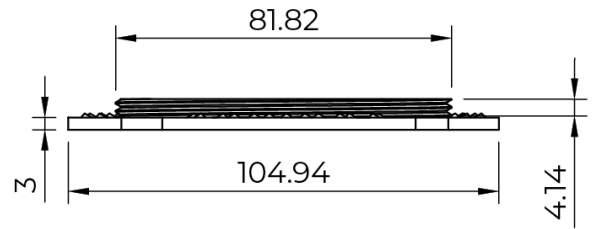


Base
esc. 1:2

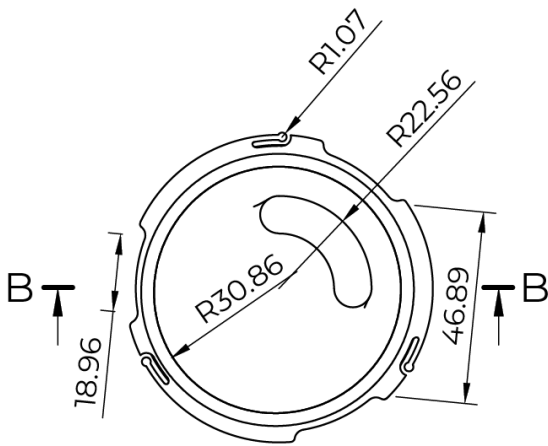




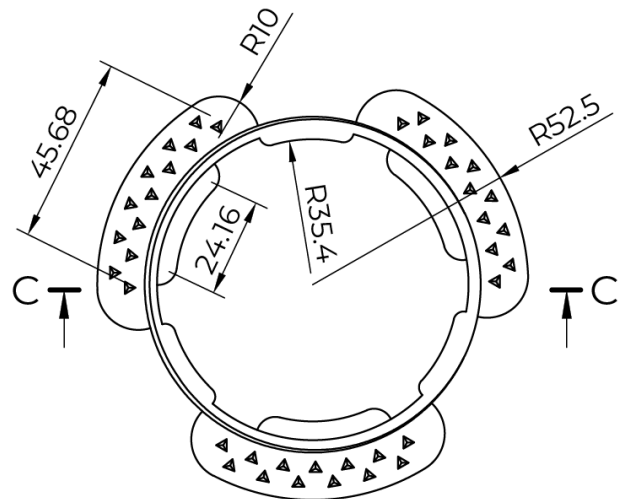
Corte B-B
esc. 1:2



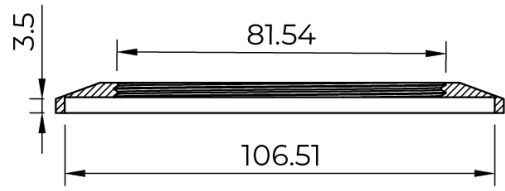
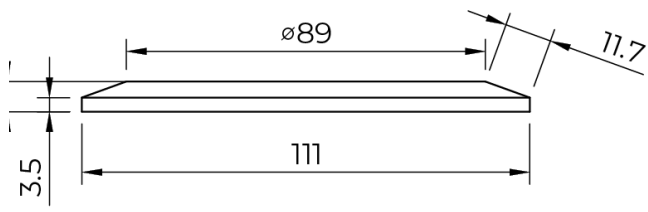
Corte C-C
esc. 1:2



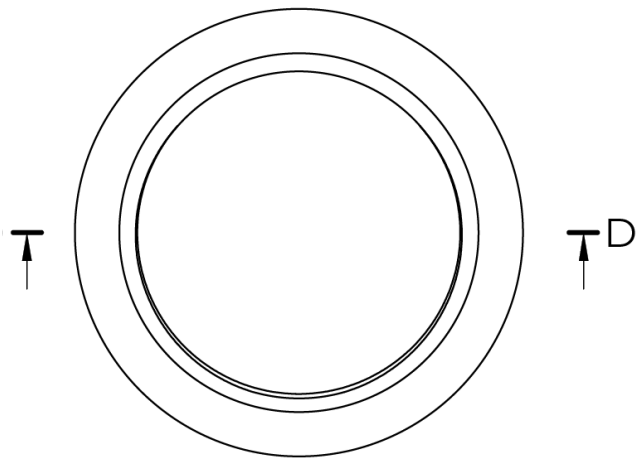
Pieza 1 - Campana
esc. 1:2



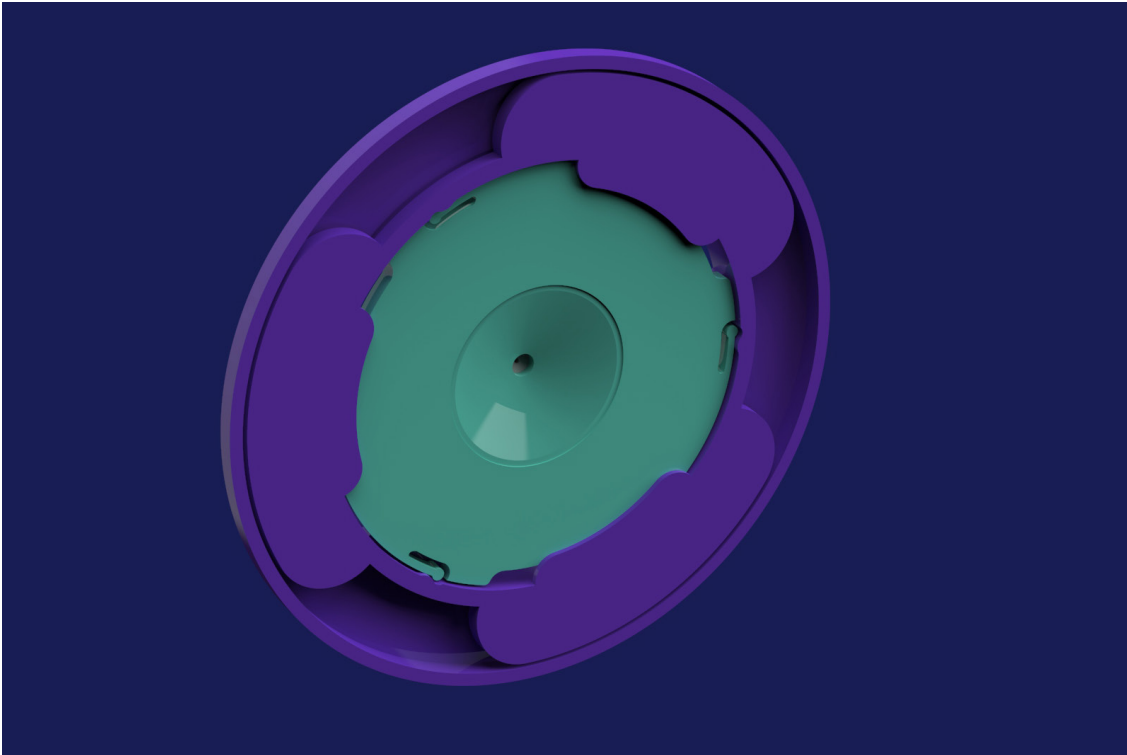
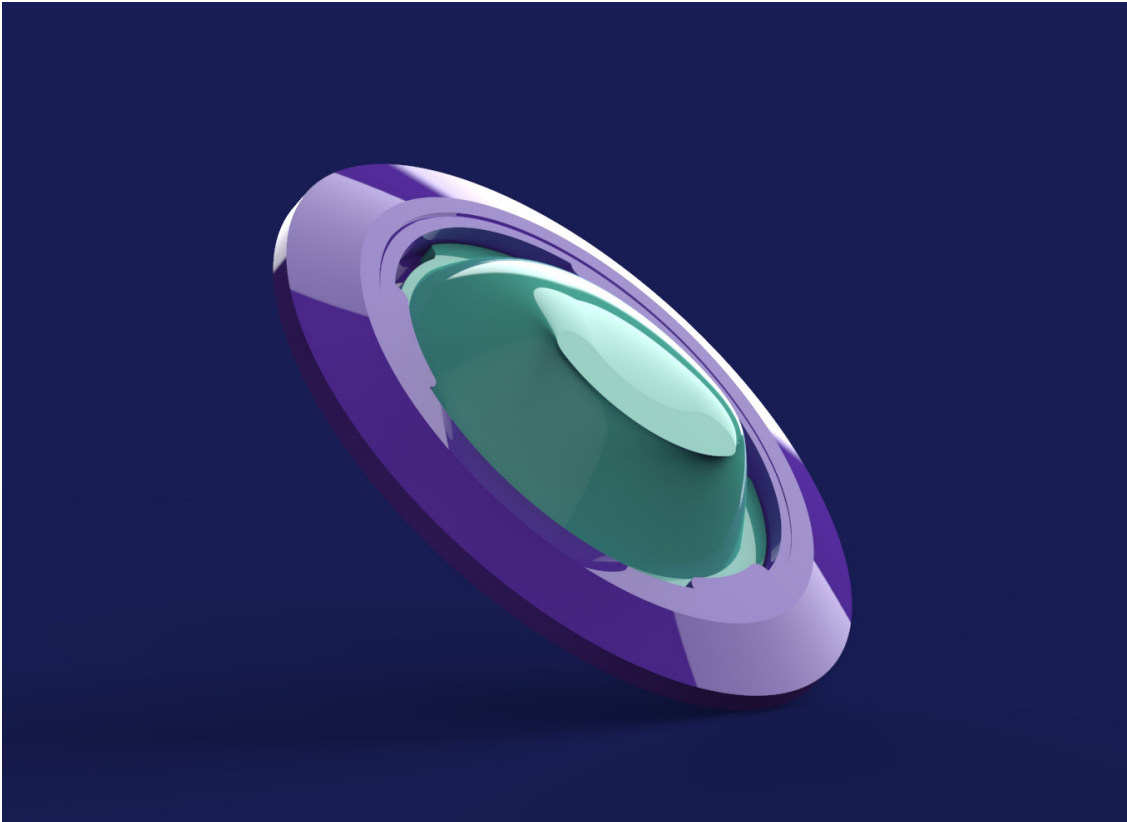
Pieza 2 - Fijación interna
esc. 1:2

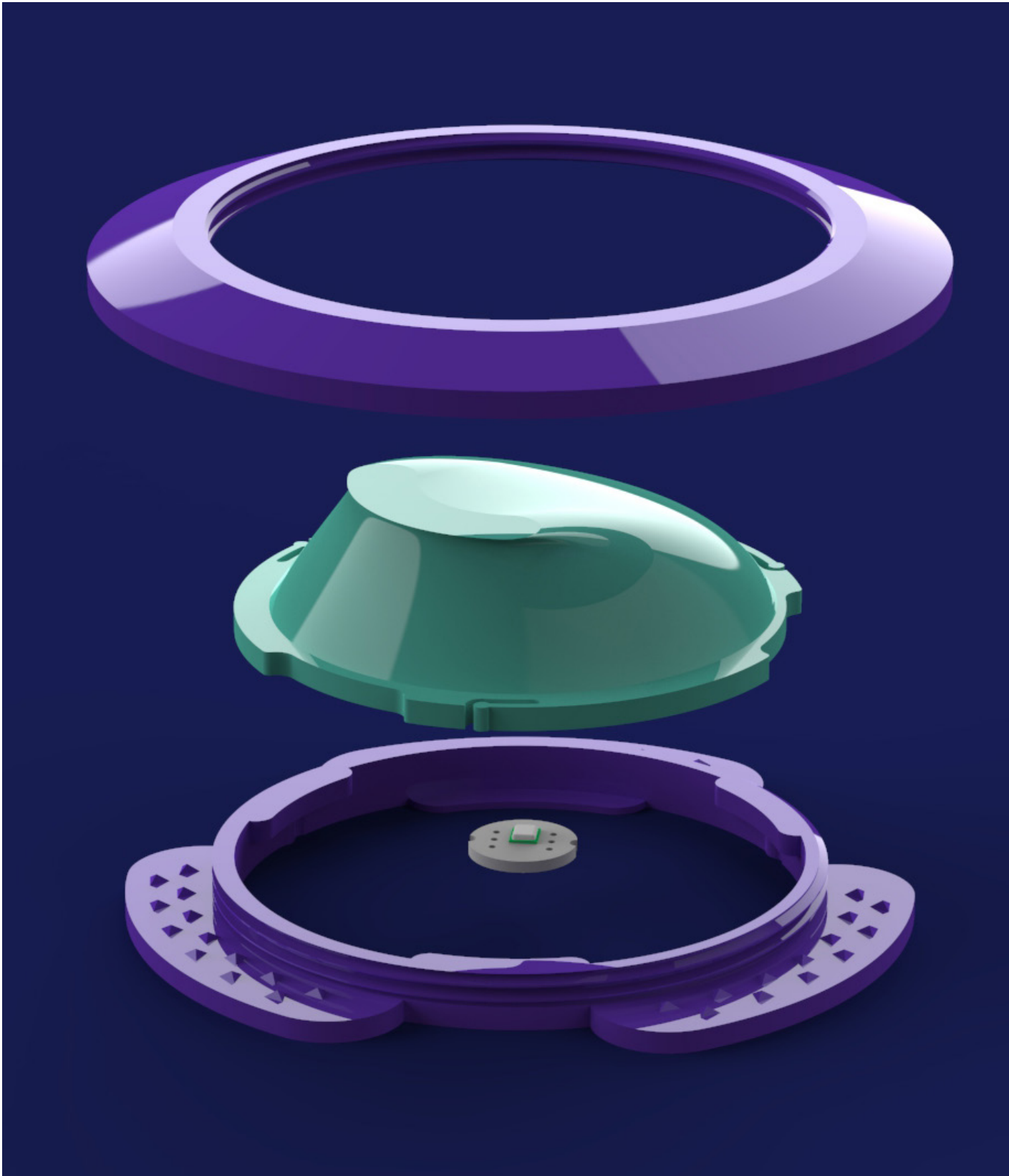


Corte D-D
esc. 1:2

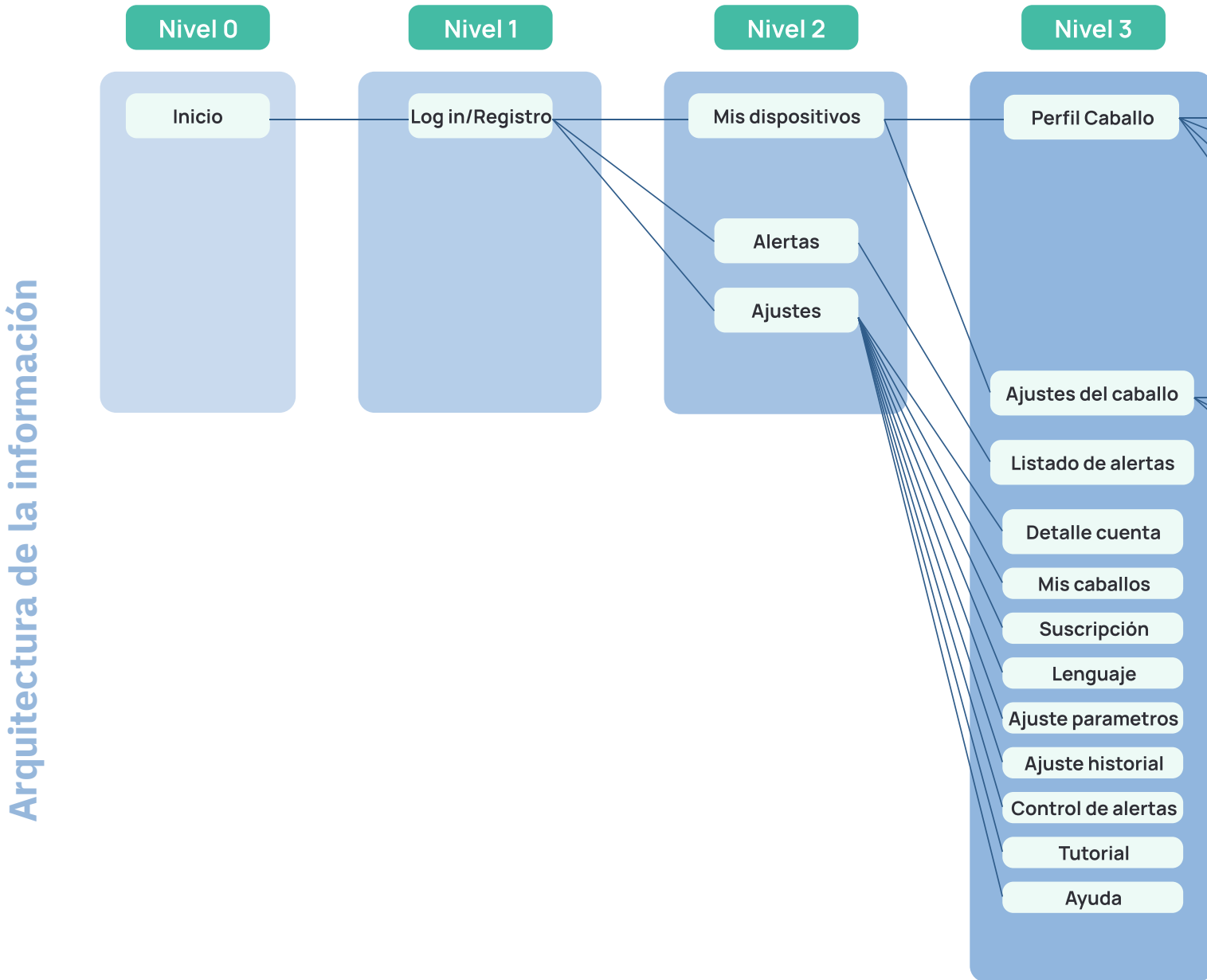


Pieza 3 - Fijación externa
esc. 1:2





6.4 Desarrollo de App



[Fig. 67] Esquema - elaboración propia

Nivel 4

Motilidad

F. Cardíaca

F. Respiratoria

Nivel de A y B

Editar detalles

Notas y galería

Compartir

Nivel 5

M. promedio

Cuadrante SD

Cuadrante ID

Cuadrante SI

Cuadrante II

F. Cardíaca

Hora

Día

Semana

F. Respiratoria

Hora

Día

Semana

Nivel de A y B

Hora

Día

Semana

Nombre

Edad

Peso

Historial medico

Redes

Notas

Nivel 6

Cuadrante SD

Hora

Día

Semana

Cuadrante ID

Hora

Día

Semana

Cuadrante SI

Hora

Día

Semana

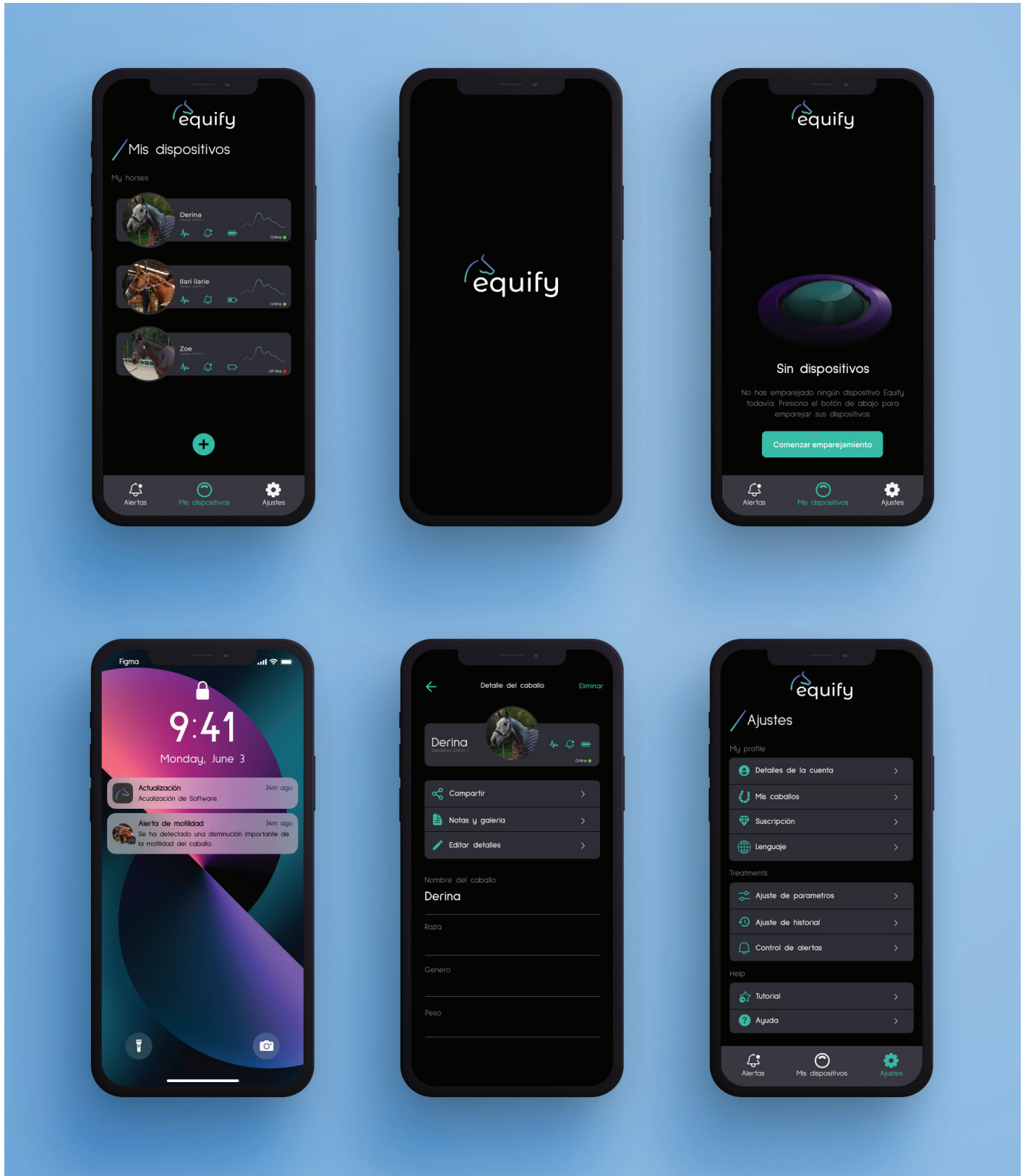
Cuadrante II

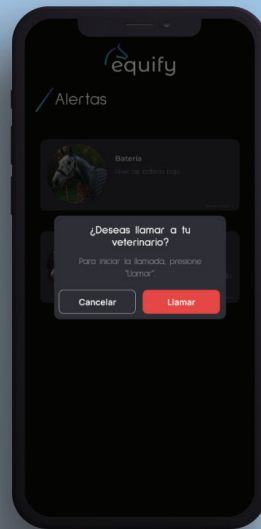
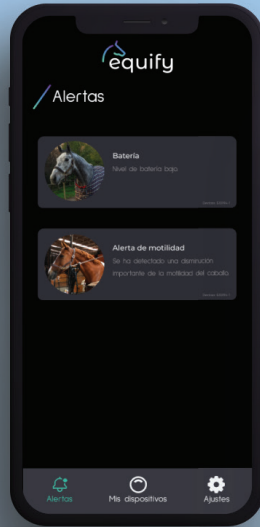
Hora

Día

Semana

Pantallas





VISIÓN OBJETIVA



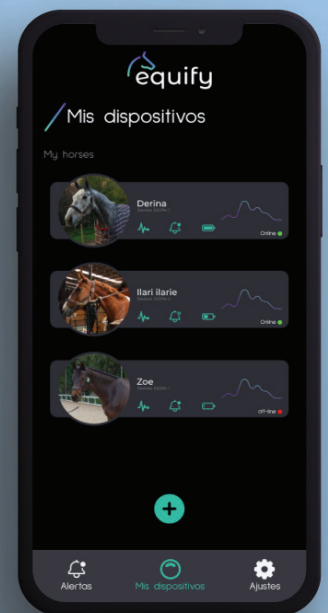
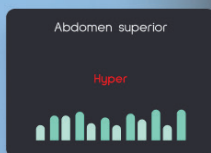
MONITOREO EN TIEMPO REAL



ALERTAS AUTOMATIZADAS

Mantente conectado

Desde alertas automatizadas para una intervención temprana a una visión objetiva para una toma de decisión más informada, **Equify** permite que te mantengas conectado sin importar dónde estés o adónde vas.



7. PLAN DE EJECUCIÓN

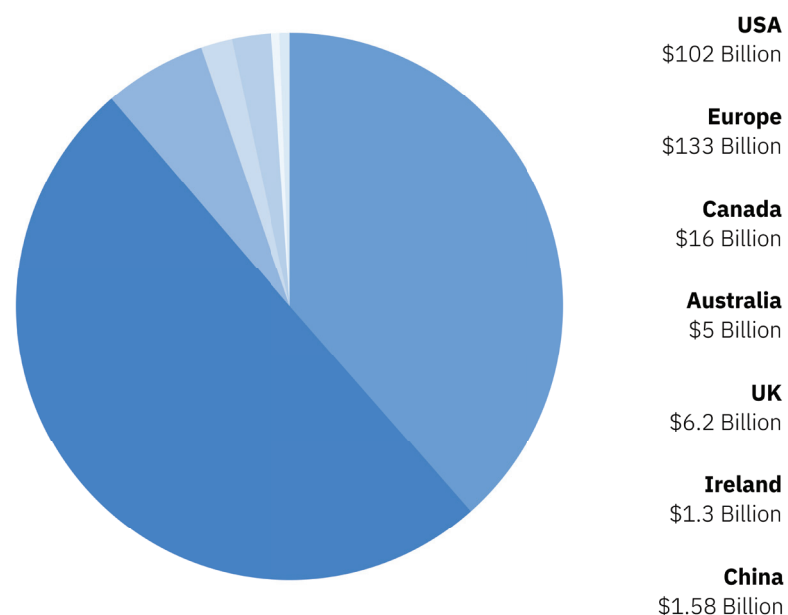
7.1 Mercado

De acuerdo a los antecedentes expuestos en el marco teórico, se puede considerar que la innovación en el mundo ecuestre existe en un leve grado. En la última década, se han visto algunos avances tecnológicos para ámbitos médicos veterinarios, con carácter terapéutico o nuevos equipos para tratamientos. Esto no quiere decir que no haya potencial para innovar en la industria ecuestre.

La tecnología en los deportes tiene muchos usos. Puede, por ejemplo, monitorear y analizar el desempeño, ayudar a la administración y la estrategia o en sistemas de toma de decisiones no humanos. La tecnología se está integrando rápidamente al mercado ecuestre.

TAM

Como se menciona en el marco teórico, el mercado equino involucra unos \$300 mil millones de dólares anuales, de manera global.



[Fig. 69] Mercado global 300 mil millones - Equine Business Association - Eelaboración propia



[Fig. 68] Caballo en caminador estatico - <https://stablestyle.net/aquila-farm-belgium/>

SAM

La población mundial caballar se estima en 58 millones (FAOSTAT), de los cuales un 60% son caballos de trabajo principalmente en los países en desarrollo, y una parte significativa del porcentaje restante se utiliza en las industrias hípica, ecuestre y de ocio, representado por un total de 23 millones de caballos, determinando el mercado que debemos servir.

SOM

Esta representado por el tamaño de mercado que podemos conseguir. Para el cual se estableció realizar un esfuerzo concentrado en el 10% porque es el porcentaje aproximado de caballos de alto rendimiento en los deportes, por ende, en los que se destina mayor dedicación y esfuerzo, del respectivo SAM (2.300.000 de caballos).

“Es llamada una de las industrias más grandes que está oculta a la vista.”

— Christina Jones

7.2 Modelo de negocios

Lean Canvas



PROBLEMA

- Devastador impacto del cólico equino.
- Gran porcentaje de los cólicos ocurren durante la noche.
- La angustia equina incide directamente en el rendimiento del animal.
- Los caballos quedan sin cuidador durante la noche.
- Los caballos suprimen instintivamente la expresión de dolor y angustia.

Alternativas existentes

- NightWatch, cabestro inteligente que, a través de diferentes sensores monitorea en tiempo real constantes fisiológicas, algunas relacionadas con un posible dolor.
- Trackener es un sistema que permite a los propietarios monitorear de forma remota a sus caballos las 24 horas del día, los 7 días de la semana. Este dispositivo cuenta con GPS y sensores de movimiento.

SOLUCIÓN

- Sistema de alerta temprana
- Monitoreo de constantes fisiológicas y base empírica de datos para apoyo a la toma de decisiones.

MÉTRICAS CLAVE

- Propiedad intelectual.
- Ventas por producto y accesorios (Capa, repuestos)
- Descargas de la app y suscripción.
- Alianzas con clubes y/o clínicas veterinarias equinas.

ESTRUCTURA DE COSTES

Los costos incurridos para operar un modelo comercial

¿Cuáles son los principales componentes de costo involucrados para una de nuestro modelo de negocios? ¿Cuáles de ellos son fijos y variables? ¿A qué están asociados?

- Costos de producción
- Gastos administrativos
- Constitución de marca y empresa
- Licencias
- Costos de marketing

PROPUESTA ÚNICA DE VALOR

Sistema de monitoreo completo que podría salvar la vida de tu caballo.

Sistema de monitoreo de angustia y bienestar equino. Factores que influyen directamente en el rendimiento de tu caballo.

Descansa tranquilo, ya que Equify te alertara ante cualquier riesgo.

Sistema de auscultación automatizada. Los trastornos de la motilidad intestinal estan directamente relacionados con los cólicos equino.

VENTAJA COMPETITIVA

Equify tiene un mecanismo de auscultación electronica, capaz de detectar la perdida de la periodicidad de los ciclos intestinales.

Validación veterinaria, ante efectividad y seguridad del producto.

Incorporación de Propiedad intelectual.

CANALES

Venta directa física y online

Sitio web y activas RRSS

Jinetes profesionales:
Promoverlo

Continua validación veterinaria y casos de éxito

SEGMENTO DE CLIENTES

Cliente: Propietarios de caballos de competencia.

Usuario: Petiseros, jinetes, propietarios y veterinarios.

PRIMEROS COMPRADORES

EARLY ADOPTERS: Propietarios con alta preocupación por el bienestar y angustia de sus caballos.

Propietarios interesados en un buen rendimiento en las competencias y la continuidad del desarrollo de sus caballos.

Jinetes de caballos ganadores interesados en la continuidad deportiva de sus caballos.

Usuario

Petisero, propietarios, jinetes y veterinarios.

FLUJO DE INGRESOS

Los ingresos que genera de cada segmento de clientes

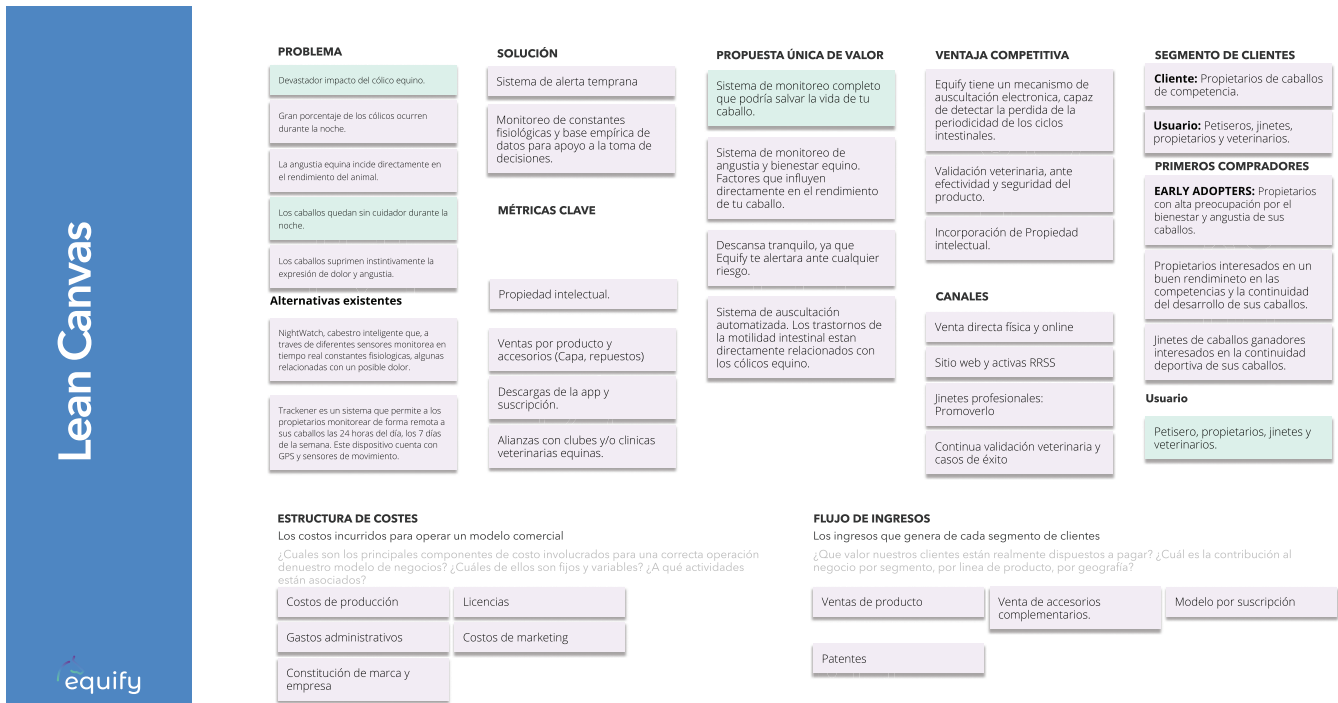
¿Que valor nuestros clientes están realmente dispuestos a pagar? ¿Cuál es la contribución al negocio por segmento, por línea de producto, por geografía?

Ventas de producto

Venta de accesorios complementarios.

Modelo por suscripción

Patentes



[Fig. 70] Lean Canvas - elaboración propia

Hoy nace un nuevo lineamiento de innovación, enfocado en el bienestar animal. Esta corriente de investigación pretende desarrollar tecnología para monitorear la angustia equina, con el fin de reducirla.

Equify busca desarrollar una línea de productos preocupados por la monitorización de la angustia y bienestar equina, innovando en soluciones que puedan combatir el alto impacto del cólico equino. Equify es un wearable inteligente y un sistema de alertas que podría salvar la vida de su caballo.

Propuesta de valor y solución

Es un dispositivo de monitoreo biométrico, capaz de monitorear constantes fisiológicas en tiempo real, correlacionadas con el dolor y detectar desviaciones en la motilidad intestinal equina.

Sistema de monitoreo de angustia y bienestar equino, Equify permite a propietarios, cuidadores y veterinarios, a mantenerse conectados a sus caballos, a través de un sistema de alertas automáticas para una intervención temprana e informada.

Segmento de clientes

Equify crea valor a los propietarios de caballos de competencia. Son personas preocupados por el bienestar de su caballo que, destinan gran parte de su tiempo a los cuidados del equino.

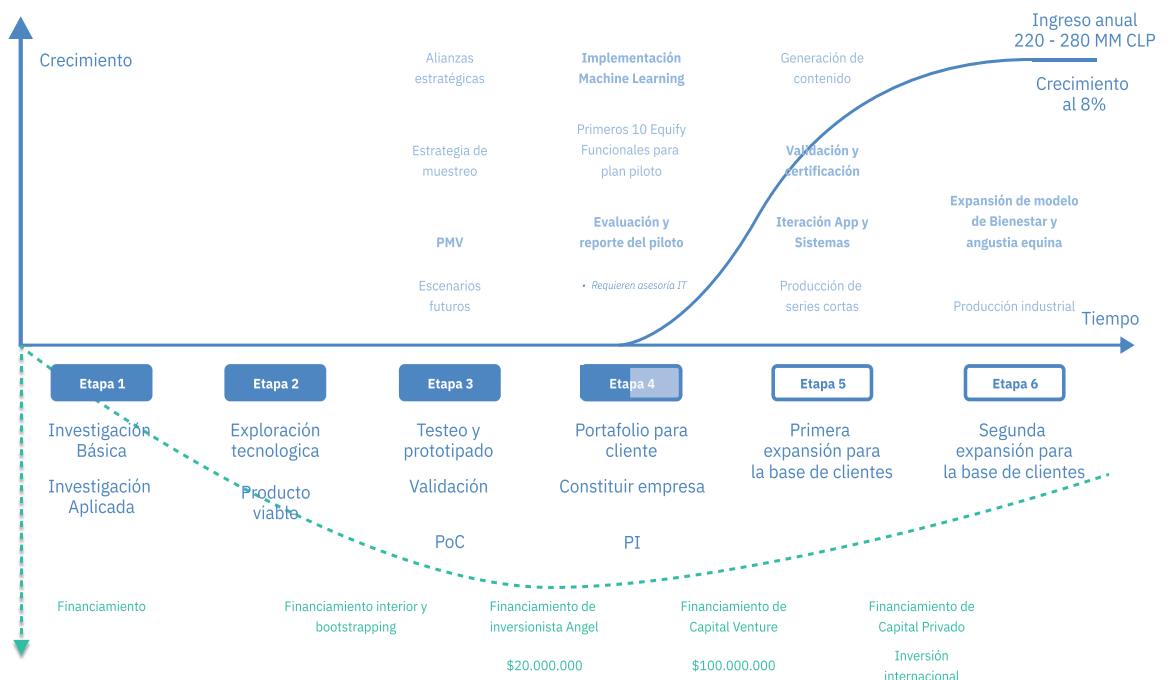
Este segmento de clientes involucra el mayor esfuerzo económico en los cuidados del animal, se interesa por una buena alimentación, incorpora suplementos en la dieta de su caballo y se preocupa de hacer fisioterapia luego de las competencias o días de entrenamiento exigente. A diferencia de otro tipo de propietarios, el perfil de cliente de Equify, realiza un gasto mayor al promedio en los cuidados del animal.

Ventajas competitivas

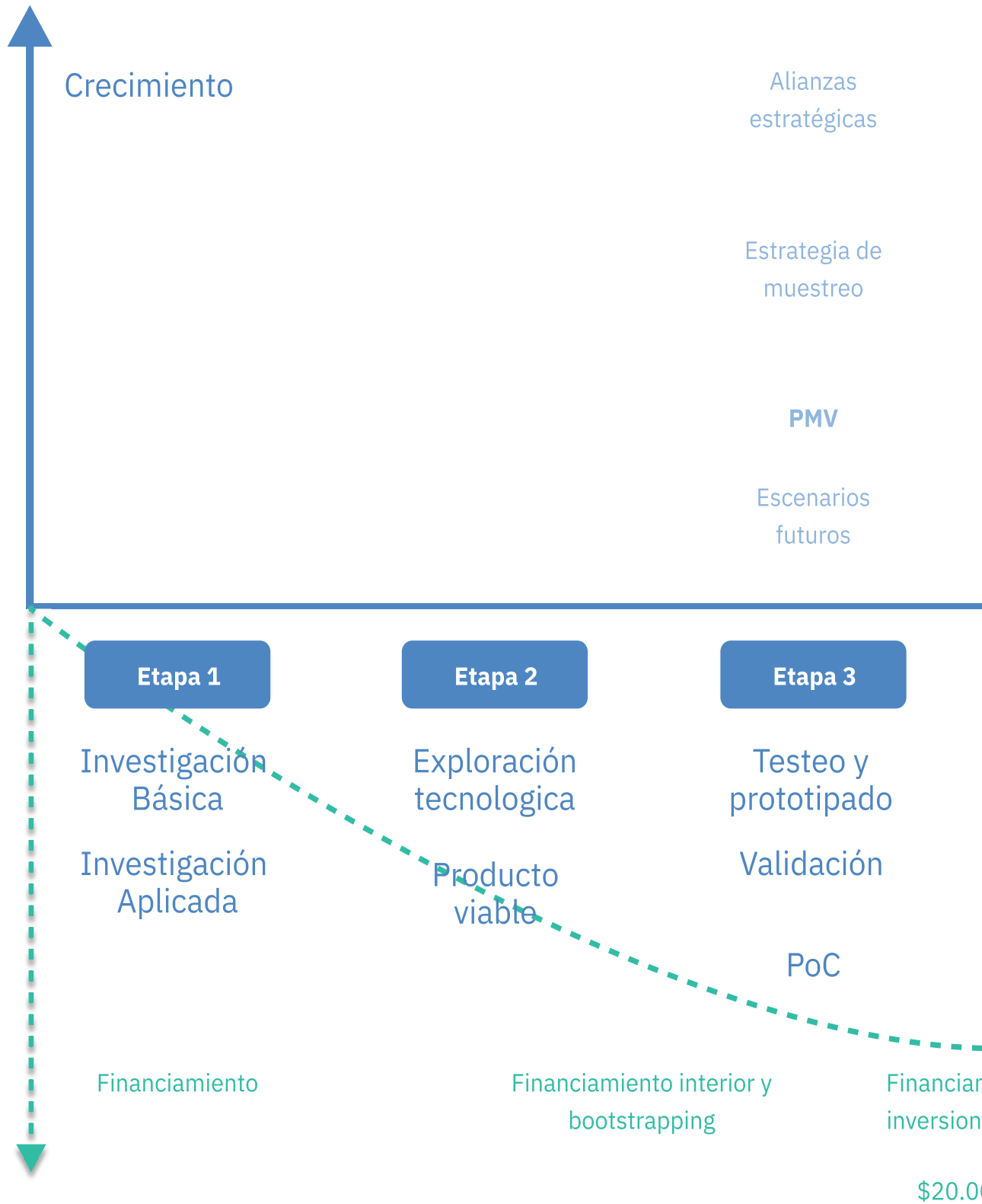
Un producto innovador y novedoso, que presenta un gran potencial de propiedad intelectual, logrando la exclusividad en el mercado. El uso de base de datos, obtenidas en el tiempo, permitirán alimentar otras investigación y estudios, relacionados al síndrome abdominal agudo.

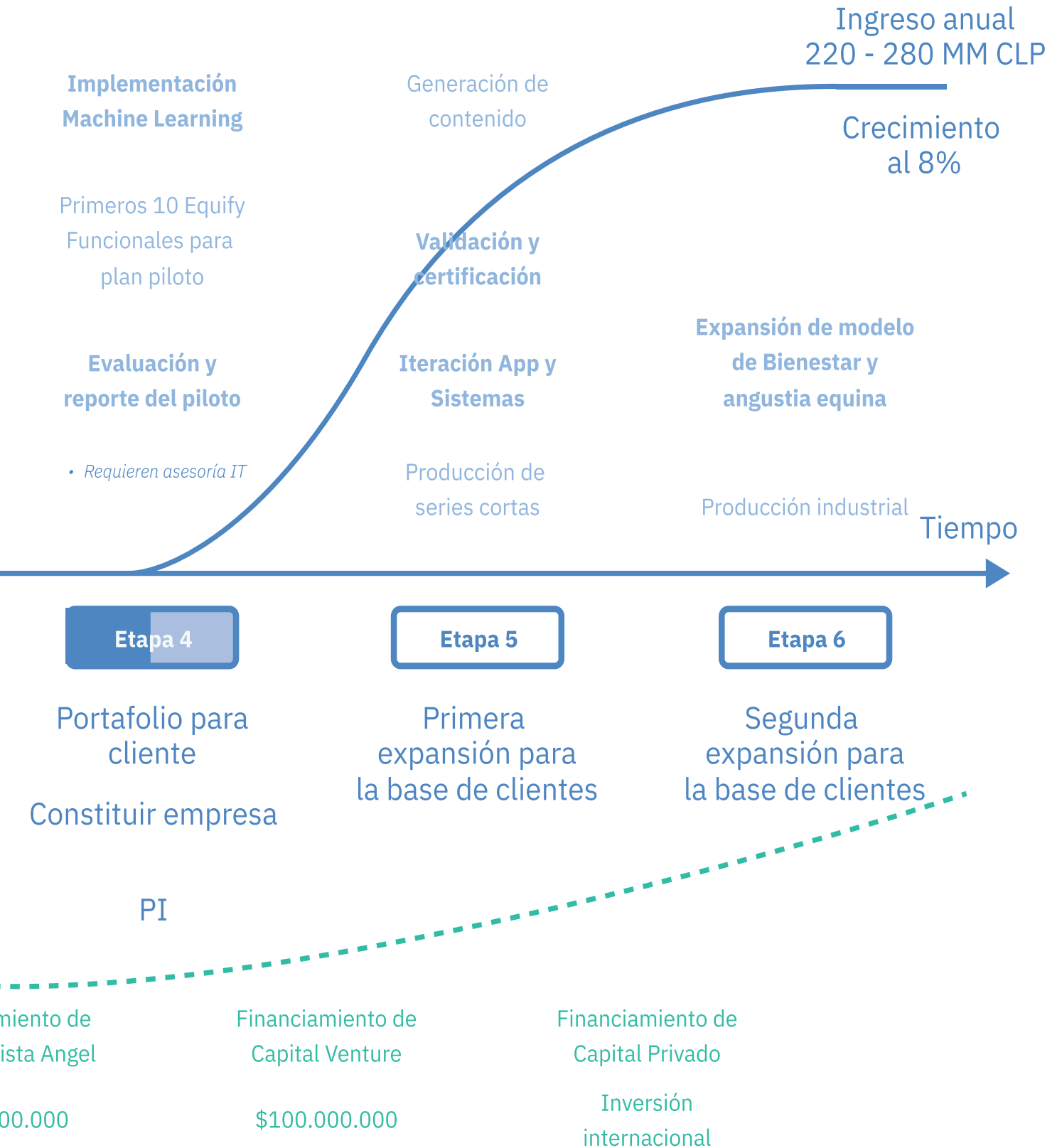
7.3 Roadmap y escalabilidad

De acuerdo a las características de un proyecto de innovación tecnológica y las ventajas competitivas, correspondientes a los hallazgos y a la novedosa solución propuesta en esta tesis, para asegurar el éxito y la escalabilidad del producto, es esencial implementar la clasificación y modelado de la angustia en caballos. Sistema planteado en el inciso de “concepto de producto”.



[Fig. 71] Roadmap - elaboración propia





La situación actual de la investigación cuenta, entre otros, con prototipos funcionales que han permitido validar ciertos puntos planteados con anterioridad, el concepto de producto y el establecimiento de las bases necesarias para su automatización.

También, gracias a capital propio, se logró construir un producto mínimo viable, que permitirá avanzar en las etapas siguientes. Adicionalmente, se comenzó a trabajar en las primeras alianzas estratégicas y la búsqueda de profesionales para implementar el machine learning, ambas necesarias para llevar a cabo el plan piloto.

Entonces, desde la etapa 3 en la que se encuentra el proyecto, inicialmente se requerirá de financiamiento externo para avanzar a las etapas 4 y subsiguientes.

Una vez obtenido el financiamiento, la aplicación del plan piloto consistiría en una estrategia de implementación que será llevada a cabo con la Clínica Veterinaria Equivet, donde se comenzarán a utilizar los 10 primeros dispositivos Equify a nivel de prototipo, principalmente para adquirir datos de comportamiento en tiempo real y demostrar con éxito la prueba de principio para la detección de eventos novedosos, para luego generar una evaluación y reporte, que permitirá iterar en el sistema de funcionamiento y App.

Al mismo tiempo, se comienza a trabajar el portafolio de clientes y estrategias de propiedad intelectual para futuras patentes, lo que permitirá confirmar la naturaleza novedosa, útil y no obvia de Equify.

Una vez finalizada la etapa 4, descrita en los párrafos anteriores, en conjunto al reporte del piloto y avanzando en materias de propiedad intelectual, se procederá a la búsqueda de certificaciones y validaciones como ventajas competitivas.

Luego, en la etapa 5, se espera desarrollar un producto con características de alta fidelidad, que permitan su comercialización y la producción en series cortas. También se daría inicio a la creación de contenido para la plataforma de cara al cliente, a través de material informático y de valor para los usuarios.

Es importante mencionar que, se considera una actividad clave el cumplir con las siguientes certificaciones: ser seguro y cumplir con los límites para un dispositivo digital de Clase B, de conformidad con la Parte 15 de las reglas de la FCC, y además cumplir con los estándares RSS exentos de licencia IC, los estándares de certificación PTCRB /

CTIA y la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) 60950 normas de seguridad del producto.

Cabe destacar que Equify, en las etapas 4 y 5, solo estará disponible para un número selecto de clientes, para comenzar rigurosas pruebas betas en el mundo real (Chile). Para un posterior lanzamiento en el mercado más importante del mundo ecuestre, Europa.

V. Conclusiones

Producto de la investigación desarrollada en el marco teórico, se levantaron hallazgos relevantes para la detección del problema/oportunidad de diseño que pudiese dar pie para abordar un desafío que, a primera vista, se asocia únicamente a una problemática de carácter veterinario, pero que, dado el grado de avances tecnológicos e innovación digital, se puede abordar de manera interdisciplinaria para conseguir una solución que mejore tanto la calidad de vida del usuario al cual está dirigido el proyecto (el caballo) como el entorno que subsiste gracias a él.

En este proyecto, se llevó a cabo el desarrollo de un prototipo para auscultar de manera digital el abdomen del caballo, lo que permitió la creación de un registro para su posterior análisis. Este análisis de los sonidos intestinales es un trabajo con aplicación en el campo del diagnóstico y tratamiento del cuadro de cólico equino, ya que, posee la gran ventaja de interpretar información en tiempo real.

El sistema de alertas, que se propone en este proyecto, posibilita notificar de manera temprana un caso de cólico equino, permitiendo reducir significativamente el tiempo que transcurre entre el inicio del cuadro y el momento en que se manifiestan los primeros síntomas. Esto es, gracias a que se puede detectar las desviaciones de los ciclos intestinales en tiempo real, no invasiva y no al momento en el que el caballo presente síntomas notorios que, generalmente se observan cuando el pronóstico es desfavorable o se requiere de intervención quirúrgica.

En este sentido, Equify propone un sistema de monitoreo en tiempo real con la creación de un registro de la periodicidad de los ciclos intestinales en línea de tiempo. Es precisamente la existencia y acumulación de data sobre a la motilidad intestinal de un ejemplar, la que puede permitir enriquecer la información disponible por los veterinarios para abordar el tratamiento y tomar decisiones.

Por otro lado, este sistema abre un sin fin de oportunidades a los veterinarios, entre ellas, la telemedicina, ya que, a través de la biotelemetría, se permitirá a los veterinarios monitorear a distancia sus pacientes y decidir cuándo es necesario ir a tratarlos personalmente, reduciendo tiempos perdidos, esfuerzos económicos y habilitando la posibilidad de tratamiento de manera simultánea, concentrando las fuerzas en los pacientes que requieren atención médica según las prioridades, aludiendo a la clasificación utilizada en los hospitales “Triaje” (concepto de clasificación o priorización de la atención urgente de pacientes).

Finalmente, la etapa de prototipado abrió una serie de posibilidades para el desarrollo futuro del proyecto, en cuanto a la tecnología que puede llegar a incorporar y las prestaciones que se le pueden dar según los componentes que se logren combinar. Equify es más que sólo un dispositivo que detecta señales sonoras, implica una completa revolución en cuanto a la incorporación de biotelemedicina para mejorar el bienestar animal.

Con las herramientas correctas, Equify podría incluso llegar a transformar el entorno en que vive un caballo, el cual ha sido considerado rudimentario y, en algunos casos, al borde de lo precario, en un ambiente tecnologizado y absolutamente propicio para su cuidado y bienestar.

Con esta investigación, no sólo se abre la posibilidad de abarcar nuevos horizontes en el bienestar animal y la medicina veterinaria, sino que se da el primer paso para tener control sobre un fenómeno que es devastador para todos los propietarios de caballos alrededor del mundo, y que por siglos ha sido un dolor para veterinarios, propietarios, jinetes, cuidadores y personas relacionadas con los caballos.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araya, O. (2009). Evaluación e Interpretación Del Examen Del Cólico Equino (p. 10). http://aprendeonline.udea.edu.co/lms/men_udea/pluginfile.php/29297/mod_resource/content/0/Evaluacion_colico.pdf
- Borborismo. Diccionario médico. Clínica Universidad de Navarra. (s. f.). Recuperado 5 de diciembre de 2021, de <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/borborismo>
- Cenk, E., Demir, P. A., & Ok, M. (2020). Prevalence and Cost of Colic Cases in Sport Horses in Turkey. *International Journal of Veterinary and Animal Research*, 3(2), 29–33.
- Descompresión. Diccionario médico. Clínica Universidad de Navarra. (s. f.). Recuperado 5 de diciembre de 2021, de <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/descompresion>
- Díaz, S. (2019). Manejo médico SAA equinos [Corporación Universitaria Lasallista Facultad de Ciencias Administrativas y Agropecuarias Medicina Veterinaria Caldas Antioquia]. <https://doi.org/10.3726/978-3-0352-0094-2/1>
- Dolor abdominal agudo - Trastornos gastrointestinales - Manual MSD versión para profesionales. (s. f.). Recuperado 5 de diciembre de 2021, de <https://www.msmanuals.com/es-cl/professional/trastornos-gastrointestinales/abdomen-agudo-y-gastroenterología-quirúrgica/dolor-abdominal-agudo>
- Du, X., Allwood, G., Mary Webberley, K., Inderjeeth, A. J., Osseiran, A., & Marshall, B. J. (2019). Noninvasive diagnosis of irritable bowel syndrome via bowel sound features: Proof of concept. *Clinical and Translational Gastroenterology*, 10(3), 1–9. <https://doi.org/10.14309/ctg.0000000000000017>
- Enrique, J., & Quero, C. (2005). Diseño y Construcción de un Fonoenterógrafo Digital. 009, 8–10.
- Equine Industry Statistics Overview | Equine Business Association. (s. f.). Recuperado 28 de octubre de 2021, de <https://www.equinebusinessassociation.com/equine-industry-statistics/>
- Estetoscopio | Definición | Diccionario de la lengua española | RAE - ASALE. (s. f.). Recuperado 7 de mayo de 2021, de <https://dle.rae.es/estetoscopio>
- Godoy, A. (1989). Síndrome cólico del equino enfoque clínico y terapéutico: Vol. 11(2) (Número 2) [Universidad de Chile]. <https://web.uchile.cl/vignette/>

monografiasveterinaria/monografiasveterinaria.uchile.cl/CDA/mon_vet_seccion/0,1419,SCID%253D9026%2526ISID%253D450,00.html

- GreenFacts, basado en E.-O. W. is noise? (s. f.). Decibelio. Recuperado 5 de diciembre de 2021, de https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/es/perdida-audicion-reproductores-musica-mp3/glosario/def/decibelio.htm
- Güler, N. F., & Übeyli, E. D. (2002). Theory and applications of biotelemetry. *Journal of Medical Systems*, 26(2), 159–178. <https://doi.org/10.1023/A:1014862027454>
- Intususcepción. Diccionario médico. Clínica Universidad de Navarra. (s. f.). Recuperado 5 de diciembre de 2021, de <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/intususcepcion>
- Laminitis en Caballos | American College of Veterinary Surgeons - ACVS. (s. f.). Recuperado 5 de diciembre de 2021, de <https://www.acvs.org/large-animal-es/laminitis-horses>
- Neumonía: Síntomas, diagnóstico y tratamiento. Clínica Universidad de Navarra. (s. f.). Recuperado 5 de diciembre de 2021, de <https://www.cun.es/enfermedades-tratamientos/enfermedades/neumonia>
- Peña Olivares, O. A. (2019). ANÁLISIS DE AUDIO PARA EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS, SEGMENTACIÓN, CLASIFICACIÓN Y PREDICCIÓN [Centro de investigación en matemáticas]. https://cimat.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1008/1029/1/TE_754.pdf
- Petiseros: tradición en la crianza de caballos que se resiste a desaparecer | La Tribuna. (s. f.). Recuperado 5 de diciembre de 2021, de <https://www.latribuna.cl/nuestra-gente/2019/10/04/petiseros-tradicion-en-la-crianza-de-caballos-que-se-resiste-a-desaparecer.html>
- Qué es abdominocentesis | Diccionario médico | Clínica U. Navarra. (s. f.). Recuperado 5 de diciembre de 2021, de <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/abdominocentesis>
- Quiroz, C. D., Ortiz, C., Parra, G., & Velázquez, F. K. (2018). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ESTETOSCOPIO ELECTRÓNICO DE BAJO COSTO PARA LA AUSCULTACIÓN CARDIACA Y PULMONAR. *Memorias del XX Concurso Lasallistas de Investigación, Desarrollo e Innovación CLIDi 2018*, 19–25.
- Tinker, M. K., White, N. A., Lessard, P., Thatcher, C. D., Pelzer, K. D., Davis, B., & Carmel, D.

- K. (1997). Prospective study of equine colic incidence and mortality. *Equine Veterinary Journal*, 29(6), 448–453. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1997.tb03157.x>
- Válvula Ileocecal » Saludigestivo. (s. f.). Recuperado 5 de diciembre de 2021, de <https://www.saludigestivo.es/diccionario-saludigestivo/valvula-ileocecal/>
 - Van Leekwijck, W., & Kerre, E. E. (1999). Defuzzification: Criteria and classification. *Fuzzy Sets and Systems*, 108(2), 159–178. [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(97\)00337-0](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(97)00337-0)
 - Velásquez, C. A., Medina, L., Bermúdez, V., Cegarra, J., De Vera, M., Giron, J., & Urdaneta, L. (2009). Obstrucción estrangulante del intestino grueso en equinos: evaluación clínica y tratamiento quirúrgico en dos casos. *Revista Científica*, 19(3), 242–252. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592009000300005&lng=es&nrm=iso&tlng=es
 - Vólvulo. Diccionario médico. Clínica Universidad de Navarra. (s. f.). Recuperado 5 de diciembre de 2021, de <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/volvulo>
 - White, N. (2006). Equine Colic. *American Association of Equine Practitioners*, 52, 109–114.
 - White, N., & Edwards, B. (1999). *Handbook of Equine Colic complete*. Elsevier Health Sciences.
 - ZULUAGA, Y. A. G., CARDONA, S. G., & ZAPATA, M. S. (2018). REVISIÓN TEÓRICA DE EUSTRÉS Y DISTRÉS DEFINIDOS COMO REACCIÓN HACIA LOS FACTORES DE RIESGO PSICOSOCIAL Y SU RELACIÓN CON LAS ESTRATEGIAS DE AFRONTAMIENTO [UNIVERSIDAD CES FACULTAD DE MEDICINA]. <https://repository.ces.edu.co/bitstream/handle/10946/4229/REVISI%D3N%20TEORICA%20DE%20EUSTR%C9S%20Y%20DISTR%C9S%20DEFINIDOS%20COMO%20REACCI%D3N%20HACIA%20LOS%20FACTORES%20DE%20RIESGO%20PSICOSOCIAL%20Y%20SU%20RELACION%20CON%20LAS%20ESTRATEGIAS%20DE%20AFRONTAMIENTO%2028102018.pdf;jsessionid=FDCFBF713DD>

VII. GLOSARIO

Abdominocentesis: Es la paracentesis del abdomen con extracción de contenido (habitualmente líquido) de la cavidad peritoneal, mediante punción. (Qué es abdominocentesis | Diccionario médico | Clínica U. Navarra, s. f.)

Audio: es una representación analógica o digital del sonido. (Peña Olivares, 2019)

Borborismo: Ruido abdominal, a veces sordo y prolongado, que se produce en el intestino como consecuencia de la mezcla de gases y líquidos en su interior. Su ausencia sugiere un íleo paralítico. (Borborismo. Diccionario médico. Clínica Universidad de Navarra., s. f.)

Cólico por estrangulación: Es la combinación de obstrucción simple del tracto gastrointestinal del equino acompañado de bloqueo del abastecimiento circulatorio, lo cual causa severa enfermedad intestinal. (Velásquez et al., 2009)

Cólico timánico: El timpanismo de intestino grueso indica que la progresión está obstruida en un segmento intestinal más distal. (Tinker et al., 1997)

Cólico tromboembólicos: La migración larvaria provoca la formación de un trombo émbolo que supone la falta de aporte sanguíneo a zonas del intestino, causando la necrosis (muerte) de las mismas. (Tinker et al., 1997)

Decibelio (dB): Es una unidad que se utiliza para medir la intensidad del sonido y otras magnitudes físicas. (GreenFacts, s. f.)

Defuzzificación: Es el proceso de obtener un valor cuantificable en Lógica clásica, dados conjuntos difusos y sus correspondientes grados de membresía.

Es el proceso que transforma un conjunto difuso a un conjunto clásico. (Van Leekwijck & Kerre, 1999)

Descompresión cecal: Disminución de la presión ejercida sobre el ciego. Se realiza de forma lenta y progresiva en los submarinistas, pues si se realizara rápidamente se podrían producir embolias gaseosas. (Descompresión. Diccionario médico. Clínica Universidad de Navarra., s. f.)

Dolor peritoneal: Dolor abdominal. (Dolor abdominal agudo - Trastornos gastrointestinales - Manual MSD versión para profesionales, s. f.)

Dolor referido: Se percibe lejos de su origen y se debe a la convergencia de fibras nerviosas en la médula espinal. Los ejemplos comunes de dolor referido son el escapular causado por un cólico biliar, el inguinal causado por un cólico renal y la omalgia secundaria a sangre o infección que irrita el diafragma. (Dolor abdominal agudo - Trastornos gastrointestinales - Manual MSD versión para profesionales, s. f.)

Dolor visceral: Se origina en las vísceras abdominales, que están inervadas por fibras nerviosas autónomas y responden, principalmente, a sensaciones de distensión y contracción muscular, no a cortes, roturas ni irritación local. (Dolor abdominal agudo - Trastornos gastrointestinales - Manual MSD versión para profesionales, s. f.)

Examinación rectal: Es una técnica mediante la cual se pueden evaluar los órganos reproductivos y digestivos. (Tinker et al., 1997)

Fonoenterógrafo: Dispositivo que permite capturar y describir los ruidos intestinales. (Enrique & Quero, 2005)

Frecuencia: Una señal es periódica si repite un patrón de cierto tamaño. La frecuencia de una señal periódica es la cantidad de veces que se repite dicho patrón en un tiempo dado. Por lo general, se mide la frecuencia en repeticiones por segundo. Una repetición por segundo es llamada Hertz. Así por ejemplo, una señal con frecuencia de 10 Hertz(HZ), se repite un mismo patrón 10 veces durante un segundo. (Peña Olivares, 2019)

Intususcepción: Penetración de un segmento del tubo digestivo en otro, generalmente situado por debajo. Puede causar obstrucción y estrangulación del intestino. (Intususcepción. Diccionario médico. Clínica Universidad de Navarra., s. f.)

Laminitis: La laminitis (hinchazón de la lámina del casco) es un problema frecuente y posiblemente devastador del casco que afecta a todos los miembros de la familia equina. (Laminitis en Caballos | American College of Veterinary Surgeons - ACVS, s. f.)

Neumonía: Es una infección del pulmón que puede ser causada por múltiples microorganismos (bacterias, virus y hongos). (Neumonía: Síntomas, diagnóstico y tratamiento. Clínica Universidad de Navarra, s. f.)

Peritonitis: Es la inflamación de la cavidad peritoneal. La causa más grave es la perforación del tubo digestivo, que provoca una inflamación química inmediata seguida de una infección por microorganismos intestinales. (Dolor abdominal agudo - Trastornos gastrointestinales - Manual MSD versión para profesionales, s. f.)

Petisero: Los petiseros están encargados de cuidar a los caballos y novillos, velar por su salud junto con su comodidad, con gran cercanía y apego, ligados

principalmente a su desempeño deportivo. (Petiseros | La Tribuna, s. f.)

Vólvulo: Obstrucción intestinal por giro del intestino sobre el mesenterio, habitualmente acompañado de estrangulación, lo que hace que su tratamiento sea muy urgente, para evitar el infarto intestinal. Ver brida, colon, malrotación intestinal, obstrucción intestinal estrangulante, sigma. (Vólvulo. Diccionario médico. Clínica Universidad de Navarra., s. f.)

Potencia: La potencia (W) de un sonido depende de la magnitud de sus ondas. Donde la percepción humana de la potencia es la que llamamos volumen (dB). (Peña Olivares, 2019)

Sonido: El sonido consiste de la propagación de ondas mecánicas a través de algún medio. Por lo general, es percibido a través del aire, como ondas comprimidas del mismo (velocidad promedio 331 m/s). (Peña Olivares, 2019)

Válvula íleo cecal: Es la estructura que separa al intestino delgado del intestino grueso que se abre para dejar paso a los desechos que vienen desde el ileon y se cierra posteriormente para impedir que vuelvan a retroceder. (Válvula Ileocecal » Saludigestivo, s. f.)

