

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE ARQUITECTURA DISEÑO Y ARTES

CARRERA DE DISEÑO DE PRODUCTOS

PROYECTO DE DISEÑO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE DISEÑADOR DE PRODUCTOS

***“Diseño de una Herramienta para la Medición Angular de las
Extremidades de Potros de 0 a 2 Meses”.***

Línea temática: Diseño y Salud

Estudiante:

Nancy Domenique Mestanza Velásquez

Director de proyecto:

PhD. Caridad González Maldonado

Quito, junio de 2022



Agradecimientos

A mis amigos que me ayudaron y me acompañaron durante todo el proceso, por sacarme risas en los peores momentos y ser mi apoyo incondicional. A los docentes que me dieron ánimos para continuar. A mi madre por su apoyo constante, compañía y por entenderme siempre. A mi hermana y padre por siempre darme la mano y guiar mi camino. A “El Criadero La Esperanza” por abrirme las puertas para realizar mi proyecto.

Dedicatoria

En gratitud dedico mi trabajo a mi mejor amigo, Xavier Martinez quien me apoyó y me alentó para seguir cuando más quise abandonar y a mi madre por ser el apoyo emocional en mi vida.

Índice de contenidos

RESUMEN	9
ABSTRACT	9
INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	11
ANTECEDENTES	11
MARCO TEÓRICO	14
SALUD.....	15
<i>Biomecánica</i>	16
<i>Medición</i>	16
<i>Extremidades</i>	16
<i>Causas</i>	16
DISEÑO	17
<i>Percepción</i>	17
<i>Ergonomía</i>	18
ÁMBITO EQUINO	18
<i>Caballo, cuidador, ser humano</i>	18
PROBLEMÁTICA.....	19
CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	23
OBJETIVO GENERAL	23
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
MARCO METODOLÓGICO.....	23
INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN	26
RESULTADOS	33
REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO	36
CONCLUSIONES PARCIALES	38
CAPÍTULO III. DESARROLLO CONCEPTUAL Y VALIDACIÓN	39
PROCESO DE IDEACIÓN	39
<i>Técnica 635</i>	39
<i>Biomimesis</i>	42
VISIÓN DE DISEÑO	45
DESCRIPCIÓN DE PROPUESTAS CONCEPTUALES.....	46
CONCEPTO	46
<i>Primera propuesta</i>	46
<i>Segunda propuesta</i>	47
<i>Tercera propuesta</i>	48
DESARROLLO DE CONCEPTOS: ESTRUCTURAL, FORMAL, MATERIAL	49
<i>Primer concepto: "A" correspondiente a la araña</i>	49
<i>Segundo concepto: "B" correspondiente al insecto palo</i>	50
<i>Tercer concepto: "C" correspondiente al protector y a la pinza</i>	51
VISUALIZACIÓN DE CONCEPTOS: SKETCH, MODELOS, DIBUJOS, MAPAS, OTROS	51
COMPONENTE ELECTRÓNICO.....	55
<i>Goniómetro digital FOLAI</i>	55
<i>Buscador de ángulos General Tools 822</i>	55

VALORACIÓN DE CONCEPTOS: CATEGORÍAS, INSTRUMENTOS DE VALIDACIÓN (ENTREVISTA COMITENTE, VIDEOS USUARIOS, EXPERTOS EN EL ÁREA)	56
SELECCIÓN DE CONCEPTOS: TOMA DE DECISIONES	59
CONCLUSIONES PARCIALES	60
CAPITULO IV. PROPUESTA FINAL: DISEÑO A DETALLE, PROTOTIPADO Y VALIDACIÓN	61
DEFINICIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA	61
PROTOTIPO FINAL	65
<i>Planos técnicos</i>	65
<i>Prototipo elaborado</i>	69
<i>Producción</i>	71
VALIDACIÓN Y COMPROBACIONES	76
VISUALIZACIÓN Y COMUNICACIÓN DEL PROYECTO FINAL	84
ANÁLISIS DE COSTOS	86
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	87
CONCLUSIONES	87
RECOMENDACIONES.....	89
ANEXOS.....	91
<i>Anexo I. Técnicas de medida</i>	91
<i>Anexo II. Instrumentos para análisis tipológico</i>	92
<i>Anexo III. Mini malla somatográfica</i>	93
<i>Anexo IV. Dibujos rápidos biomímesis</i>	94
<i>Anexo V. Planos técnicos</i>	94
<i>Anexo VI. Simulación en Fusion 360</i>	94
<i>Anexo VII. Validación prototipo</i>	95
<i>Anexo VIII. Render orbitativo</i>	95
<i>Anexo IX. Ensamblaje</i>	95
<i>Anexo X. Valoración herrero</i>	95
<i>Anexo XI. Limpieza de la herramienta</i>	95
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96

Índice de figuras

Figura 1	Diagrama explicativo del marco teórico del proyecto	15
Figura 2	Conformación normal de aplomos en vista frontal y lateral.....	19
Figura 3	Conformación “base estrecha” o “cerrado de adelante”	20
Figura 4	Aplomo normal visto de lateral B. Conformación “plantado de adelante”.....	20
Figura 5	Diferencia de conformaciones en las manos de los caballos.....	21
Figura 6	Sistema ergonómico del caballo	28
Figura 7	Observación participante.....	28
Figura 8	Flujograma de la actividad del herrero, medir las extremidades de los caballos.....	30
Figura 9	Vectores de la forma por L. Rodríguez Morales.....	36
Figura 10	Esquema de los resultados de la técnica 635 y las opciones Elegidas.....	41
Figura 11	Proceso de biomímesis A (araneae).....	42
Figura 12	Proceso de biomímesis B (phasmotodea).....	43
Figura 13	Proceso de biomímesis C (protector).....	44
Figura 14	Proceso de biomímesis D (pinzas).....	44
Figura 15	Fase de idea A.....	47
Figura 16	Fase de idea B.....	48
Figura 17	Fase de idea C y D.....	48
Figura 18	Desarrollo concepto ejemplo “A” correspondiente a la araña.....	49
Figura 19	Desarrollo concepto ejemplo “B” correspondiente al insecto palo.....	50
Figura 20	Desarrollo del tercer concepto	51
Figura 21	Proceso de medición con foamy moldeable.....	53
Figura 22	Prototipo “A” y “B” en vistas.....	54
Figura 23	Goniómetro digital de la marca FOLAI.....	55
Figura 24	Buscador de ángulos digital.....	56
Figura 25	Registro fotográfico de la validación del prototipo A.....	58
Figura 26	Registro fotográfico de la validación del prototipo B.....	59
Figura 27	TPU blanco y ABS negro.....	62

Figura 28	Medidor digital de ángulos “Angle-izer”	63
Figura 29	Visión cromática de los equinos.....	65
Figura 30	Planos técnicos herramienta completa.....	66
Figura 31	Planos técnicos del agarre superior.....	66
Figura 32	Planos técnicos del agarre inferior.....	67
Figura 33	Planos técnicos generales de la carcasa del medidor.....	67
Figura 34	Planos técnicos de la carcasa del medidor parte media.....	68
Figura 35	Planos técnicos de la carcasa del medidor parte superior.....	68
Figura 36	Planos técnicos de la carcasa del medidor parte inferior.....	69
Figura 37	Prototipo físico, vista frontal.....	70
Figura 38	Prototipo físico, vista posterior	70
Figura 39	Ensamble del sujetador superior con la carcasa y el medidor.....	71
Figura 40	Proceso de creación del prototipo.....	73
Figura 41	Modelo 3D.....	73
Figura 42	Visualización del objeto colocado en la extremidad del potro.....	74
Figura 43	Modelo final en 3D.....	75
Figura 44	Fabricación aditiva.....	75
Figura 45	Visualización de la impresión final.....	76
Figura 46	Simulación por software.....	77
Figura 47	Simulación de la tolerancia del objeto en caso de desplazamiento de los agarres.....	78
Figura 48	Simulación de la tolerancia del objeto en caso de deformación de los agarres.....	78
Figura 49	Simulación de la tolerancia del objeto en caso de presión de contacto de los agarres.....	79
Figura 50	Simulación de la tolerancia del objeto en caso de factor de seguridad de los agarres.....	80
Figura 51	Simulación de la tolerancia del objeto en caso de estrés de los agarres.....	81
Figura 52	Simulación de la tolerancia del objeto en caso de fuerza de reacción de los agarres.....	81
Figura 53	Herrero empezando con el uso de la herramienta.....	82

Figura 54	Herrero colocando la herramienta en la extremidad del potro.....	83
Figura 55	El experto tranquiliza al animal antes de colocar la herramienta.....	83
Figura 56	El experto intenta colocar el objeto en el potro.....	84
Figura 57	Familiarización del potro con el objeto.....	84
Figura 58	Renders del prototipo.....	85
Figura 59	Visualización de la herramienta en contexto.....	86

Índice de tablas

Tabla 1	Análisis tipológico de los instrumentos.....	13
Tabla 2	Cuadro metodológico basado en la metodología.....	23
Tabla 3	Herramientas para cada subfase de la metodología.....	26
Tabla 4	Materiales plásticos existentes en Ecuador.....	41
Tabla 5	Procesos productivos en Ecuador.....	33
Tabla 6	Fases y subfases de la metodología.....	34
Tabla 7	Requerimientos y los determinantes para cada vector de la forma..	37
Tabla 8	Valoración prototipo A.....	57
Tabla 9	Valoración prototipo B.....	57
Tabla 10	Medidas de ambos potros “sujetos de estudio”	61
Tabla 11	Medidas de los potros y porcentaje de modificación.....	72
Tabla 12	Costo de la producción del prototipo en una empresa especializada.	86
Tabla 13	Costo de la producción del prototipo con máquina propia.....	87

Resumen

Los potros que nacen con deformaciones angulares en sus extremidades necesitan tratamiento ortopédico correctivo antes de los dos meses de edad, para mejorar su calidad de vida y su productividad. Los herreros diagnostican las deformidades con herramientas que permiten medir la angulación existente que son adaptadas e inadecuadas para el trabajo con potros, porque no se importan los instrumentos específicos al país por su precio. Se desarrolló la herramienta de medición angular de extremidades para potros que permite tomar medidas precisas, acorde a la actividad y al hábitat. El diseño de la herramienta se basó en la metodología de Bernd Löbach, se fabricó con procesos innovadores de la industria 4.0 y con materiales adecuados para el uso con equinos, adaptándose a su morfología. Se simuló la resistencia del objeto en un software especializado y se validó la actividad con dos potros.

Palabras claves: deformación angular, equinos, medición, trauma musculoesquelético, potros, salud.

Abstract

Foals born with angular deformities in their limbs need corrective orthopedic treatment before two months of age to improve their quality of life and productivity. The blacksmiths diagnose the deformities with tools that allow measuring the existing angulation that are adapted and unsuitable for working with foals, because specific instruments are not imported into the country due to their price. Therefore, the limb angular measurement tool for foals was developed, which allows precise measurements to be taken, according to activity and habitat. The design of the tool is based on Bernd Löbach's methodology, it was manufactured with innovative industry 4.0 processes and made with materials suitable for equine use which adapts to their morphology. The resistance of the object was simulated in specialized software and validated with two foals.

Key words: Angular deformation, equine, foals, health, measurement, musculoskeletal trauma.

Introducción

La domesticación de animales es un acontecimiento esencial en la historia de la humanidad. Los hombres los han utilizado como fuente de alimento, para el trabajo, como protección, compañía, guía, entretenimiento e incluso en investigaciones (Von Arcken, 2011). En el caso del caballo, su doma fomentó el comercio y el desarrollo de la economía al facilitar la movilidad entre grandes distancias en menor tiempo, también tuvo importancia en el ámbito social y militar. Actualmente, los equinos son mayoritariamente utilizados en deportes (Deraga, 2007) y en programas terapéuticos (Arias et al., 2008).

Con la finalidad de obtener ejemplares con determinadas características, el hombre ha creado nuevas razas de caballos, sin embargo, la alimentación que mantiene la yegua cuando está en periodo de gestación, el ejercicio extremo, el ejercicio a temprana edad, la sobrecarga de peso en edades tempranas ha generado modificaciones genéticas y cambios en su morfología (Palao, 2019). Existen equinos que presentan deformidades en sus extremidades (Fruto, 2010) y que inciden en el aplomo, es decir, en la dirección de sus miembros con referencia al plano horizontal (de Souza & Novales, 2004); por tanto, afectando su movilidad, desarrollo atlético y vida deportiva.

Para facilitar la monta y control de un caballo existen diversos elementos mecánicos como cabezadas, espuelas, fustas, sillas, estribos; y para proteger los cascos están las herraduras (Sanz, 2005). Las herraduras metálicas se usan habitualmente en las patas de los caballos sanos, pero no son adecuadas en caballos con deformidades, en su lugar, para su bienestar deben utilizar herraduras ortopédicas, no obstante, en Ecuador no se producen y deben ser importadas. Para el uso de estas últimas, se requiere conocer el grado de anomalía, mediante un proceso previo de medición de la distorsión de las extremidades, determinando la angulación para realizar un diagnóstico eficaz. Es importante que este proceso sea rápido y eficaz, ya que las patas de los potros pueden ser corregidas hasta los dos meses de edad, después de esta edad, el hueso se encuentra totalmente formado, siendo imposible la corrección. La importancia de evaluar el grado de malformación radica

en que las deformaciones de los caballos pueden causarles la muerte sea de forma natural o por sacrificio.

El propósito de este estudio es diseñar un objeto para medir físicamente el grado de deformidad, determinar su angulación para que el herrero realice un diagnóstico acertado e inicie el tratamiento veterinario. Actualmente, se toman estas medidas con escuadras universales, que no se amoldan a la estructura del caballo, se determina la desviación de acuerdo con el expertise del herrador y se utilizan herrajes adaptados artesanalmente (Estrella et al., 4 C.E.). Cabe mencionar que en Ecuador no se pudo evidenciar personas especializadas o capacitadas específicamente en esta área, razón por la cual, los caballos que presentan esta condición están desatendidos. De igual manera, es escasa la información científica (López, 2018).

Actualmente, en el mundo nacen varios potros con problemas en sus extremidades por diversos factores. En estudios realizados en Europa y Estados Unidos, se determinó que alrededor del 76% de equinos mueren por anomalías congénitas, traumas musculoesqueléticos o deformidades angulares. Debido a esto, se han creado distintos tipos de herraduras ortopédicas que ayudan a los animales a corregir las deformidades. Para usar correctamente las herraduras ortopédicas se requiere el conocimiento específico de los grados de angulación de las extremidades del caballo para corregir la deformación (O. Espinosa, O. J., & Franco Ayala, M. S. 2015)

Capítulo I. Planteamiento del Proyecto de Investigación

Antecedentes

Los datos presentados a continuación constituyen la información oficial registrada para la investigación en curso, que si bien no son datos actualizados son un referente base en todos los ámbitos. Martha Franco, en su estudio de “enfermedades de los potros neonatos” identifica un 12,11% de morbilidad por deformidades angulares (Franco Ayala &

Oliver, 2015). En otros estudios se determina que alrededor del 36% de equinos en Europa y el 40% en Estados Unidos mueren por anormalidades congénitas, traumas musculoesqueléticos o deformidades angulares. La universidad de Massey de Nueva Zelanda recogió la información de 313 potros de razas pura sangre sobre la prevalencia de las deformidades angulares en sus miembros (DAMs), de este estudio se concluye que más del 80% de los individuos tiene más de una deformidad en sus miembros, la más común fue la deformidad angular Windswpet con 33 ejemplares (10,54%) padeciéndola. De esta deformidad encontramos dos variantes, la unilateral y la bilateral de los miembros afectando a 8 y 25 sujetos respetivamente. Corroborando, la importancia de ayudar a los equinos, más aún al analizar que la gestación de una yegua es de 9 meses, razón por la cual estos porcentajes son altos.

En Latinoamérica existen nulas herramientas para la medición de las extremidades de los potros, por lo cual, los especialistas han recurrido a adaptar instrumentos generales para diagnosticar a los animales y dar un tratamiento acertado a sus malformaciones, sin embargo, no son lo más adecuados para este tipo de casos, al ser adaptaciones de equipos de medición no concebidos originalmente para equinos.

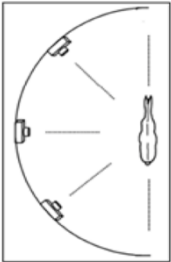

El Instituto Nacional de Estadística y Censos de Argentina realizó un censo, en el año 2002, cuyo objetivo era conocer la cantidad de cabezas equinas existentes en dicho territorio. Los datos arrojados presentan 1.517.143 caballos en total. Siendo Buenos Aires la provincia con mayor población equina 288.603 (19,02%) cabezas, seguido de Corrientes con 184.675 (12,17%) cabezas y en tercer lugar Entre Ríos con 99.152 (6,54%) cabezas. Se debe resaltar que estos datos son prácticamente inválidos en la actualidad debido al tiempo que ha transcurrido, sin embargo, se espera que un nuevo censo agropecuario entregue cifras más actualizadas (R. I. Vega. 2019). En Ecuador no se pudo evidenciar estadísticas en este campo de estudio, pero en los criaderos de caballos se puede constatar la existencia de animales con esta deformidad. Adicionalmente, tras una entrevista con el herrero ecuatoriano especializado en este campo, se conoce que los métodos de medición son largos, complicados de usar y pueden depender de varios implementos para obtener




resultados adecuados. Él usa el goniómetro como herramienta para obtener las medidas de manera más rápida y efectiva, pero afirma que los resultados no son precisos.

El planteamiento del proyecto inicia con el análisis de los métodos de medición usados en caballos alrededor del mundo, se presentan los métodos utilizados para determinar las medidas zoométricas de los caballos en distintos entornos, se explica la factibilidad de uso para los expertos y la exactitud que pueden alcanzar las mediciones. A continuación, en la Tabla 1 se presenta el análisis tipológico de los instrumentos usados.

Tabla 1

Análisis tipológico de los instrumentos

Instrumento	Característica	Usabilidad	Problemáticas
Técnica fotogramétrica 	Calibración de la cámara, preparación de terreno con diferentes materiales, ubicación de puntos anatómicos, equipos para medición en vivo, obtención de imágenes y procesamiento de imágenes en el software	Se realizan 3 imágenes en plano horizontal para sacar las medidas. Preparación del terreno con una disposición de un semicírculo con 3 m de radio. Ubicar los puntos anatómicos en el caballo, ubicar al animal en el centro. Procesar las imágenes.	Muchos pasos Actividad extensa en tiempo
Rayos X 	Rayos X Genera radiación alta Portátil Realiza imágenes de los huesos Radiografía Mediante la imagen y un software se trazan líneas para determinar los ángulos.	Se realizan imágenes de cualquier parte del cuerpo para visualizar la posición de los huesos. La radiografía permite visualizar los huesos a analizar Se trazan líneas para conocer la posición de los huesos.	Inexactitud Dificultad para transportar Requiere de personal muy especializado Alta radiación Requiere electricidad y de un software especial Tiempo Computarizado

<p>Fotografía</p> 	<p>Mediante un software se trazan líneas para determinar los ángulos</p>	<p>En la fotografía se visualiza la posición de las extremidades Se trazan líneas en la mitad de las extremidades Se miden las extremidades y se determina si existe alguna angulación</p>	<p>Inexactitud Depende de otros dispositivos Computarizado Software especializado Toma mucho tiempo Dependen de electricidad</p>
<p>Goniómetro</p> 	<p>Aparato en forma de semicírculo o círculo graduado en 180 a 360 grados para medir ángulos entre dos objetos</p>	<p>Se lo coloca sobre la extremidad del caballo para determinar si los huesos se encuentran alineados o tienen angulación.</p>	<p>Inexactitud Fragilidad</p>
<p>Sensor LiDAR</p> 	<p>16 luces láser en 360 grados que monitoriza el entorno. Sensor estabilizado que apunta al objetivo, con una visión de 30</p>	<p>Medición por proximidad, es necesario eliminar cualquier objeto que pueda interferir con la medición</p>	

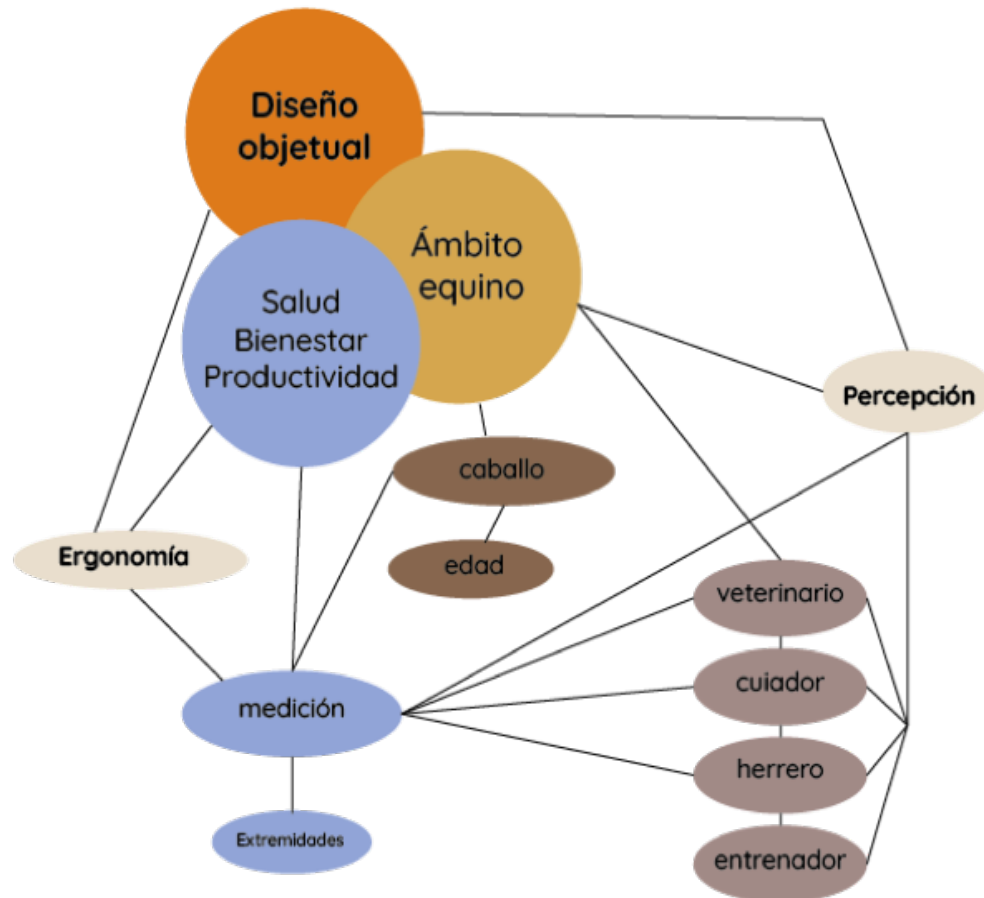
Nota. Los instrumentos presentados son encontrados en el mercado para realizar mediciones en las extremidades de los equinos.

Marco Teórico

El proyecto se enfoca en los equinos y su movilidad, se ubica en el campo de la ergonomía de la concepción, es interdisciplinario porque abarca temas veterinarios de salud y de bienestar animal. En la Figura 1 se presenta el diagrama explicativo.

Figura 1

Diagrama explicativo del marco teórico del proyecto



Nota. Representación visual de las temáticas que aborda el proyecto.

Salud

Ergonomía

Para este proyecto, el ámbito de la ergonomía física comprende desde el enfoque de la Ergonomía de la Concepción (Saravia, 2016) y el Sistema de Referencia de García; encontrando la relación que existe entre el humano (herrero, veterinario), el animal a medir (potro) y el entorno en el cual se desenvuelve al animal (rancho, quinta, montaña, establo, criadero, etc.). Para la visión del proyecto es importante concebirlo de tal manera, que se comprendan las interacciones de las partes que usan el objeto y las regulaciones ergonómicas que intervienen en el proceso de manipulación del objeto.

Biomecánica

La biomecánica del animal es parte fundamental para el proyecto, ya que se necesita un entendimiento total del funcionamiento íntegro del caballo. Se necesita comprender el movimiento que tienen las extremidades de los caballos, la distribución del peso y la posición correcta que debe mantener el animal.

Medición

La medición de las extremidades de los potros a temprana edad es lo óptimo para dar un diagnóstico oportuno y adecuado, de este modo se evitan problemas futuros en la locomoción del caballo. La medición debe ser de los ángulos identificados en la extremidad del caballo.

Extremidades

Los potros jóvenes pueden presentar deformidades en las patas (extremidades posteriores) y en las manos (extremidades anteriores), estas torceduras en sus extremidades se conocen como deformidad o desviación angular de las extremidades. Esta distorsión tiende a generar un fuerte malestar en los equinos, les dificulta la movilidad, afectando el normal desenvolvimiento en su entorno y por consiguiente, a su desarrollo y calidad de vida.

Causas

Existen varias causas por las cuales se presentan las deformidades en los potros jóvenes, siendo posible englobarlas en dos grandes ramas: perinatales y de desarrollo. Entre los factores perinatales son: el parto prematuro, embarazo gemelar, placentitis y traumatismo perinatal de los tejidos blandos que rodean las articulaciones. Los factores de desarrollo son: la nutrición desequilibrada en el potro joven, el ejercicio excesivo y/o traumatismos graves. Normalmente, en el proceso de gestación se procura que la yegua tenga la mejor alimentación posible, pero en un ambiente poco controlado, como es el campo, es complicado vigilar totalmente la alimentación de una yegua, por lo cual, no se

puede determinar con anticipación si el potro nace con una deformidad hasta que empiece a caminar y sus extremidades empiecen a soportar su peso corporal.

Diseño

En este proyecto, el diseño es fundamental a fin de obtener la herramienta específica para medir la desviación angular de las extremidades del potro, que se adapte a la morfología del equino y a las características de sus extremidades, para así, evitar errores al momento del uso, al mismo tiempo, que sea de fácil manipulación para los herreros, permita obtener la medida de forma rápida y precisa, considerando que los animales son inquietos y fuertes, así como, las condiciones del lugar donde habitan. Adicionalmente, es importante el diseño para que la utilización sea intuitiva, sin dejar de comunicar al usuario la forma de uso y manipulación correcta.

Es importante considerar, que la esencia del diseño está basada en una planificación por parte del diseñador, que busca mejorar la calidad de vida del usuario partiendo de una necesidad específica, para poder configurar de la mejor manera una experiencia transmitida por un objeto, que se encuentra situado en el contexto indicado y se comunica correctamente a través de la forma de manera simbólica y sígnica. (Sánchez. M. 2019) (RAE. 2021). Por lo cual, con el proyecto de diseño se busca mejorar la vida del equino y el trabajo del herrero, diseñando un objeto que mejore la calidad de vida del usuario, que esté presente con el contexto en el que se desenvuelve el objeto, el mismo que tiene características extremas que definirán varios de los requerimientos a los que debe responder el objeto (Wingfield, J. 2021). Hay que tomar en cuenta que, para configurar el objeto, se parte de la necesidad específica analizada de la praxis que llevan a cabo los herreros, buscando el bienestar de los caballos que nacieron con deformidades en sus extremidades.

Percepción

La percepción se considera desde el punto de vista de las personas y de la reacción que tiene el potro al entablar contacto con el objeto. Los potros son animales muy curiosos,

pero se asustan con facilidad, por lo tanto, el humano debe entender el comportamiento y las señales del potro cuando está manipulando objetos cerca del equino. Las personas deben aprender rápidamente el uso de la herramienta, familiarizarse con la lectura de la medida y su accionamiento.

Ergonomía

Se espera que la ergonomía en la concepción del producto aporte en la funcionalidad, la conformidad de los parámetros actuales y la situación a la que se enfrenta el herrero con cada potro. Por lo que se buscan situaciones referenciales para hacer análisis y estimaciones del problema y posteriormente validar las maquetas y prototipos, por medio de simulaciones hasta llegar al producto final.

Ámbito equino

Contempla el tratamiento con los equinos del Ecuador, es importante tomar en cuenta las peculiaridades y atributos propios de los caballos, los colores que le pueden llamar la atención, asustar, incomodar, etc. Además, se debe considerar las medidas antropométricas características del animal para que la forma del producto sea la más adecuada y facilite su uso. El entorno en el cual se desenvuelve el animal, también es importante, ya que influye de manera directa en su comportamiento.

Caballo, cuidador, ser humano

En el caballo los dos primeros meses de vida son los más importantes, es cuando desarrollan los huesos y su morfología se consolida, aprenden a moverse, a usar su cuerpo y a equilibrarse. En este periodo, en especial, el cuidador es esencial, quien es la persona que mantiene contacto directo y pasa mayor tiempo con el potro, por lo cual, conoce si existe una molestia o malestar en el andar del animal, si hay un cambio repentino en su actitud y puede alertar al veterinario para una revisión temprana. El ser humano se encuentra siempre presente en los tratamientos que se realizan con los caballos, ya que son los que están pendientes de la evolución y cura del animal, cumple un rol fundamental

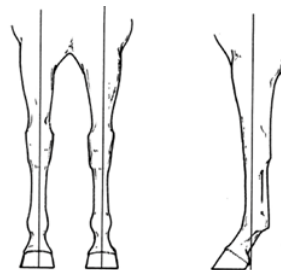
en el proceso de diseño, debido que es quién usa las herramientas adecuadas para cada procedimiento y es quien reconoce económicamente los gastos de los procedimientos veterinarios. Tanto el cuidador como el ser humano están pendientes del bienestar del animal, por lo cual están atentos a las señales del potro.

Problemática

Las extremidades de los caballos son la base de la sustentación y propulsión del cuerpo del animal, para lo cual deben tener los aplomos correctos, es decir, los ejes de sus extremidades deben formar una perpendicular con la línea horizontal del piso, para una adecuada movilidad (Vega, 2019), como se indica en la Figura 2 y 3.

Figura 2

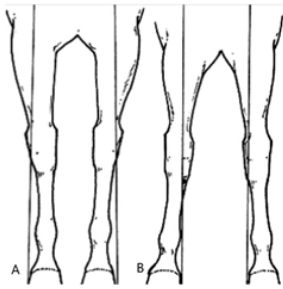
Conformación normal de aplomos en vista frontal y lateral



Nota. El gráfico representa la conformación normal de las manos de los caballos. A la izquierda se encuentra la representación en vista frontal de las extremidades. A la derecha se visualiza la vista lateral. Tomado de Baxter (2011).

Figura 3

Conformación “base estrecha” o “cerrado de adelante”

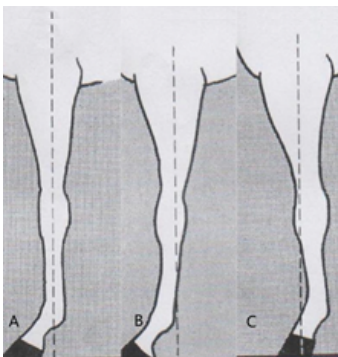


Nota. El gráfico representa la conformación de los diferentes tipos de base en las extremidades de los animales. En la izquierda la imagen “A” representa la base estrecha y en la derecha la imagen “B” se representa el cerrado de adelante. Tomado de Baxter (2011).

Cuando los aplomos no son correctos, es decir, presentan desviaciones, pueden aparecer lesiones en los huesos, en las articulaciones, en los tendones o ligamentos. Dependiendo del tipo de desviación, se las denomina “varus” y “valgus” como se muestra en la figura 4 y 5, respectivamente.

Figura 4

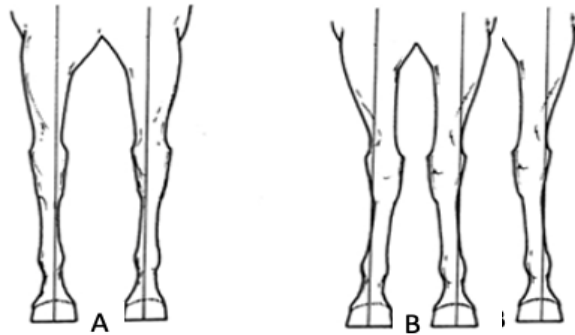
Aplomo normal visto de lateral B. Conformación “plantado de adelante”



Nota. El gráfico representa los tres tipos de conformaciones que puede tener las manos de los caballos. Tomado de Baxter (2011)

Figura 5

Diferencia de conformaciones en las manos de los caballos



Nota. En la imagen “A” se muestra la conformación “desviación hacia el lateral del carpo”, en la imagen “B” se muestra la conformación “desviación hacia la medial” de las manos de los caballos. Tomado de Baxter (2011).

La desviación “varus” es cuando el ángulo entre el radio y el metacarpo es superior a 180 grados en la cara lateral (convexa) y la “valgus” cuando el ángulo es inferior a 180 grados en la cara lateral (cóncava), causando sobrecarga en las extremidades. Uno de los tratamientos para corregir estas deformaciones es el herrado terapéutico, dependiendo de la severidad de la desviación y de una oportuna atención, se puede restablecer con éxito la salud y bienestar del animal, caso contrario, se puede tratar con cirugías. En determinados casos, se los puede estabilizar para disminuir el proceso degenerativo (Vega, 2019).

Adicionalmente, existen estudios donde se confirma que las deformidades en las extremidades de los caballos es un problema recurrente (Jackson, 2012), impactando la economía de los propietarios de los animales y de los criadores de caballos, al afectar la vida del caballo, tanto para el trabajo como para el deporte, más aún, considerando que el tiempo de gestación de una yegua es de 9 meses, entonces el promedio de nacimientos de caballos es 1 al año por cada yegua. En el caso, de las familias que trabajan en el campo la afectación económica es mucho más alta, debido al trabajo, tiempo y dinero que les cuesta criar un caballo y los cuidados a la yegua en gestación, entonces, si el potro nace con problemas de movilidad constituye una pérdida económica importante para sus

propietarios. Actualmente, por los costos de los tratamientos, e incluso por desconocimiento, prefieren sacrificar al caballo.

El procedimiento a realizar consiste en valoraciones anatómicas y biomecánicas, ejecutadas tanto por el veterinario como por el herrador. Para realizar la valoración se necesita medir las angulaciones que existen en las extremidades del potro, para determinar el tratamiento. Desde el punto de vista funcional, el disponer de un sistema para la medición de las extremidades es de suma importancia, tanto para que el herrero pueda optimizar el procedimiento y determinar el tratamiento a aplicar al caballo, al ser más preciso en la construcción y adaptación de las herraduras ortopédicas, así como, en la mejora del tiempo de los resultados del tratamiento del caballo.

En Ecuador no se encuentran disponibles herramientas de medición angular para las extremidades de los animales, los veterinarios y herreros actualmente usan herramientas con adecuaciones para tener una idea de cómo empezar el tratamiento, tal es así, que se identificó un herrero especializado en herraje ortopédico, quien utiliza un goniómetro adaptado por él, para realizar las mediciones, sin embargo, no se ha logrado identificar a más personas con conocimiento a profundidad sobre este tema.

En este contexto, la presente investigación pretende aportar con una herramienta diseñada específicamente para medir las desviaciones angulares de las extremidades de los potros, que faciliten el proceso de diagnóstico, para determinar el tratamiento más efectivo para el animal. Esta herramienta será de gran ayuda para el herrero y para el veterinario, quienes contarán con un instrumento adecuado para realizar con mayor exactitud su trabajo.

Capítulo II. Planteamiento Metodológico

Objetivo General

Diseñar una herramienta para medición angular de las extremidades de equinos de hasta 2 meses de edad, que efectivice el proceso de los herreros en el tratamiento médico correctivo.

Objetivos Específicos

1. Indagar en la movilidad de los potros para determinar características en la pisada del caballo cuando está en reposo.
2. Desarrollar la herramienta de medición angular con ajustes acoplados a las medidas estándares de los equinos para detectar deformaciones.

Marco Metodológico

La metodología escogida para trabajar en el proyecto es la propuesta por Bernd Löbach, que considera el proceso de diseño como un conjunto de relaciones entre el diseñador y el objeto configurado. Por lo cual, se considera al proceso un conjunto de procedimientos creativos y problemas por resolver, valoración del problema y el desarrollo de las soluciones posibles para llegar a la solución más adecuada. (Bobadilla, 2021). A continuación, en la Tabla 2 se muestran las fases de la metodología seleccionada.

Tabla 2

Cuadro metodológico basado en la metodología

	Fase I	Fase II	Fase III	Fase IV
Fases	Análisis del problema	Soluciones del problema	Valoración de las soluciones	Realización de la solución
	Análisis de la necesidad	Fase creativa	Comparación de soluciones	Se concreta la respuesta
	Análisis de relación social	Inspiración	Proceso de selección	Se rectifican aspectos mínimos
	Análisis de las relaciones con el entorno	Elaboración de ideas	Proceso de valoración	N.A

Análisis del desarrollo histórico	N.A	N.A	N.A
Análisis del mercado	N.A	N.A	N.A
Análisis de la función	N.A	N.A	N.A
Análisis estructural	N.A	N.A	N.A
Análisis de la configuración	N.A	N.A	N.A
Análisis de materiales y procesos de fabricación	N.A	N.A	N.A
Análisis de elementos de distribución	N.A	N.A	N.A

Nota. En la fase I del análisis del problema se realizan once análisis, en la fase II de la solución del problema hay tres subfases, en la fase III correspondiente a la valoración de las soluciones se plantean tres subfases, mientras que en la última fase de realización de la solución se realizan dos subfases como parte de la metodología propuesta por Bernd Löbach.

En la fase I denominada “análisis del problema”, existen varias subfases, diez en total. Comienza con el análisis de la necesidad, en el cual se realiza una entrevista al herrero experto del Ecuador, para recopilar información certera y actualizada de la situación que se vive en el país. El siguiente análisis que se realiza es el de relación social, para el cual se utiliza el sistema ergonómico propuesto por Martha Saravia (2006). El objetivo es entender el vínculo entre el usuario y el objeto, para entender la falta de implementos veterinarios para la medición de extremidades de los caballos. Después, se hace un análisis de las relaciones con el entorno, que con la observación participante se entienden las circunstancias a las que el objeto se expone, permitiendo un mejor entendimiento de la medición, del entorno y de los diversos factores a los que se enfrenta el objeto. Luego, se

analiza en desarrollo histórico, es decir, se buscan todos los implementos que se usan o se han usado para medir las extremidades de los caballos y así entender su evolución. Se continúa con el análisis del mercado, en el cual se realiza una tabla comparativa con todos los productos que se pueden encontrar a la venta.

Después, se realiza el análisis de la función, para el cual se implementa la ergonomía física para obtener datos sobre el uso del objeto. Se procede a analizar estructuralmente el objeto en conjunto con el análisis de configuración, para los cuales se hace una tabla comparativa de los instrumentos existentes, esto permite conocer componentes y las características formales de los objetos. Además, se realiza un análisis de materiales y procesos de fabricación, con el cual se buscan todos los materiales que se pueden usar, así como, conocer los procesos productivos que existen en el país para la fabricación del producto. El penúltimo análisis, el del sistema, se realiza con un mapa del sistema que permite entender la relación entre el objeto y el entorno. Finalmente, se analizan los elementos de distribución, para el cual se usa el “business origami”, que permite entender y conocer el montaje, el servicio y el mantenimiento que se necesita para distribuir el producto a los puntos de venta.

Al finalizar la fase de análisis de la metodología, se continua con la fase de soluciones al problema, en la cual, existen tres subfases; “fase creativa”, “inspiración” y “elaboración de ideas”, fases que están destinadas al desarrollo de ideas para solucionar el problema. Después, se pasa a la fase de “valoración de las ideas”, que cuenta con tres subfases permitiendo comparar ergonómicamente las ideas, seleccionar las ideas que cumplan con la mayor cantidad de requerimientos y validar todas las opciones. La última fase de la metodología es la de “realización de la solución”, al ser la última etapa, se pretende concretar la respuesta y rectificar los aspectos mínimos del objeto desarrollado. Para ello, se utilizan las herramientas de “AEIOU” y “A/B Testing”, que permiten testear las opciones y pulir el diseño final.

Instrumentos de investigación

En la Tabla 3 se encuentran las herramientas de investigación realizada para cada análisis de las subfases.

Tabla 3

Herramientas para cada subfase de la metodología

Fases de la metodología	Subfases	Herramienta	Objetivos
Análisis del problema	Análisis de la necesidad	Entrevista	Recopilar información
	Análisis de relación social	Sistema ergonómico de Martha Saravia	Entender el vínculo entre usuario y objeto
	Análisis de las relaciones con el entorno	Observación participante	Entender las circunstancias a las que el objeto se va a exponer
	Análisis del desarrollo histórico	Análisis tipológico	Evolución del diseño del objeto
	Análisis del mercado	Análisis tipológico	Recopilar datos sobre objetos similares
	Análisis de la función	Flujograma	Datos acerca del uso del objeto
	Análisis estructural	Tabla comparativa de elementos existentes	Conocer los componentes del objeto
	Análisis de la configuración	Tabla comparativa de elementos existentes	Conocer las características formales
	Análisis de materiales y procesos de fabricación	Búsqueda de materiales y procesos productivos del Ecuador	Conocer los materiales existentes y procesos productivos viables
	Fase creativa	635	Generar varias ideas
	Inspiración	Biomimesis	Encontrar nuevas ideas

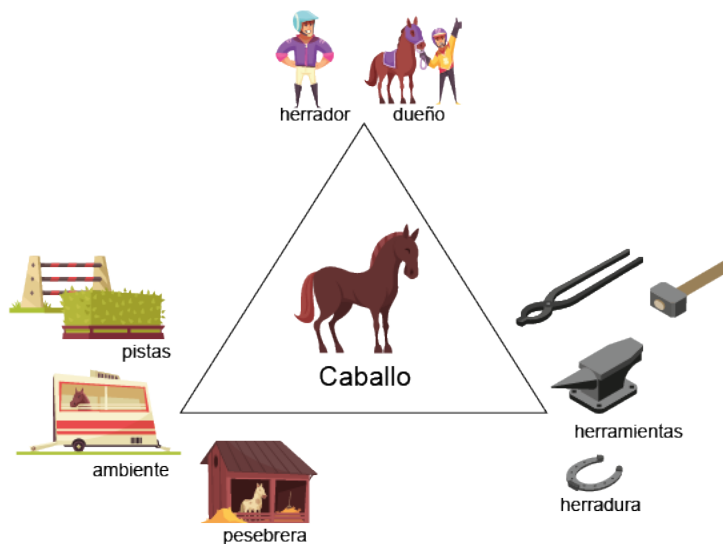
Soluciones del problema	Elaboración de ideas	N.A	Concretar las ideas
Valoración de las soluciones	Comparación de soluciones	Índices de adecuación ergonómicos	Comparar ergonómicamente las ideas
	Proceso de selección	Checklist de requerimientos	Seleccionar las ideas que cumplan con los requerimientos
	Proceso de valoración		Validar las opciones
Realización de la solución	Se concreta la respuesta	A/B Testing	Testear las opciones
	Se rectifican aspectos mínimos	AEIOU	Pulir el diseño del objeto

En el proceso de investigación se realiza una entrevista al herrero oficial de la Federación Ecuatoriana de Deportes Ecuestres, Nicolás Blancas (FEDE, 2022), quien manifiesta que existen varios casos de potros con deformidades en el país, pero los dueños desconocen que hacer con sus animales y son pocos los casos en que se aplica un tratamiento a tiempo. Además, Nicolás cuenta que tiene problemas para conseguir los insumos necesarios, por lo cual, crea o adapta instrumentos, también usa impresión 3D, y materiales como foamix y cartón para realizar el tratamiento al equino.

En la Figura 6 se representa al sistema ergonómico del proyecto, en el cual se desarrolla la actividad en el entorno del caballo y se toman en cuenta los factores que influyen en el comportamiento del animal y en la actividad que el experto realiza.

Figura 6

Sistema ergonómico del caballo



Nota. El gráfico representa el sistema ergonómico de los caballos, en la punta se encuentra “el ser humano”, a la derecha está la “máquina” y a la izquierda está el “ambiente”.

La observación participante es otra herramienta utilizada para entender las circunstancias en las que el objeto se desenvuelve. El objeto se encuentra en lugares con polvo, tierra, suciedad de caballos, en un entorno complicado por las condiciones climáticas y por el espacio. En la Figura 7 se puede entender el contexto en el que se desarrolla la actividad.

Figura 7

Observación participante

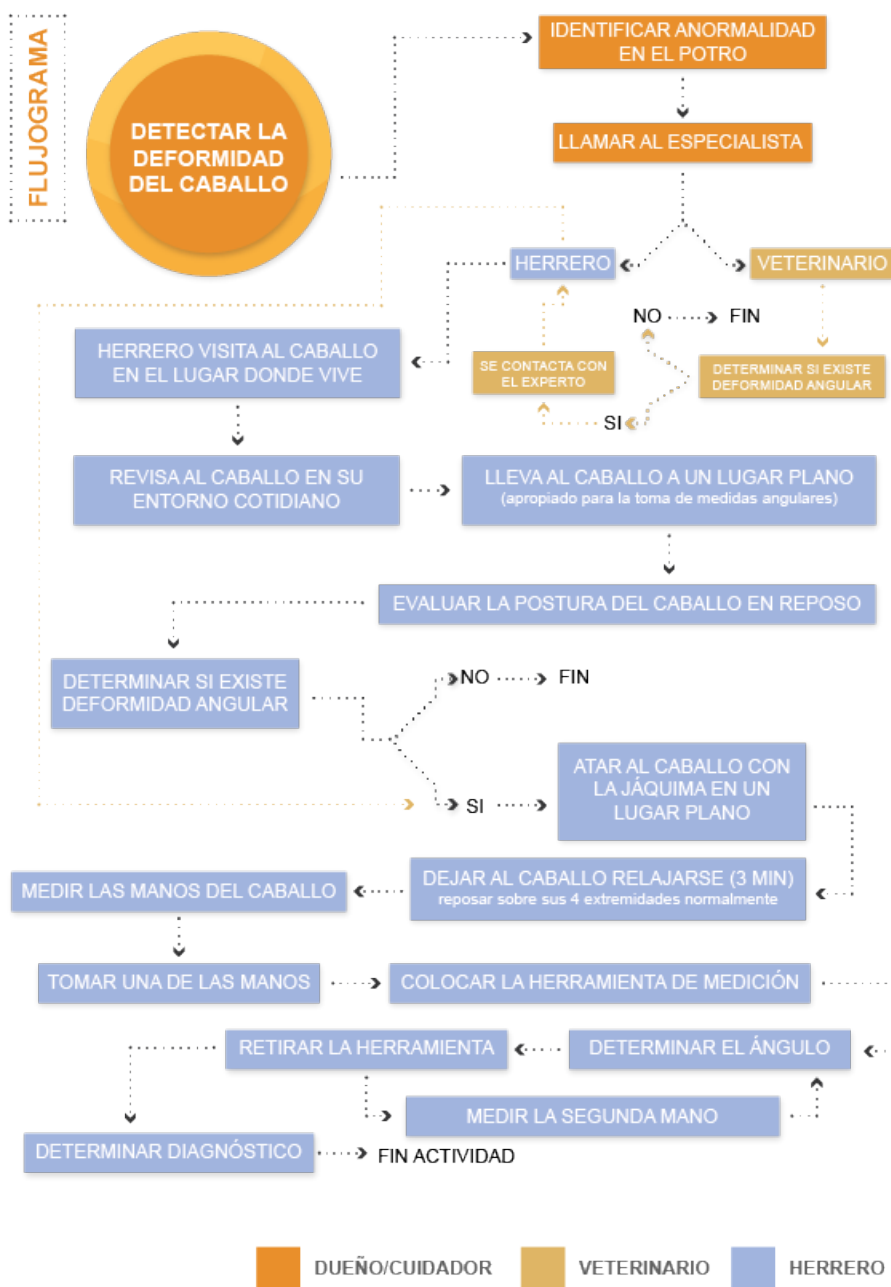


Nota. A la izquierda se encuentra el potro de 1 mes. A la derecha se encuentra el potro de 2 meses.

La siguiente actividad es el análisis tipológico que permite ver la evolución de los objetos utilizados para medir las extremidades de los caballos y recopilar datos sobre objetos similares, como se puede observar en la Tabla 1. El flujograma se realiza para entender la actividad del herrero al medir la extremidad del potro. En la Figura 8 se describe el flujograma y las actividades implícitas en la actividad macro.

Figura 8

Flujograma de la actividad del herrero, medir las extremidades de los caballos.



Nota. Se desarrolla el flujograma a partir de la observación participante, en el cual se expone los posibles caminos que puede existir al momento de realizar la actividad y las posibles decisiones que se pueden tomar hasta llegar a los puntos finales que son; “no” entonces el potro no necesita ser medido las extremidades, mientras que la respuesta “si” se desarrolla hasta “terminar el diagnóstico” pasando por otros pasos necesarios para terminar la acción.

Continuando con los análisis respectivos, para el estructural y de la configuración se realiza la tabla comparativa de elementos existentes. De este modo se da a conocer los componentes y sus características formales. Las comparaciones se las puede observar en la Tabla 1.

En la Tabla 4 se presentan los materiales para impresión 3D disponibles en Ecuador, se describen sus usos y características. En la Tabla 5 se describen los procesos productivos actuales en el país, con los mismos materiales antes mencionados, el conocer esta información y compararla se puede tomar una decisión acertada para elegir el material adecuado a usar para el desarrollo del proyecto y, a la vez, cumpla con los requerimientos previamente planteados.

Tabla 4

Materiales plásticos existentes en Ecuador

Nombre Comercial	Nombre Químico	Uso	Características	
			Ventajas	Desventajas
PCBlend	Policarbonato mezcla	Impresión 3D FDM/FFF	Impresiones fuertes y duraderas, material muy fuerte, rígido y resistente a los golpes resistencia térmica y mecánica	Propenso a deformarse en piezas grandes, más costoso, produce olor durante la impresión
PETG	Copolyester	Impresión 3D FDM	Flexible y resistente a la temperatura y al impacto, fácil de imprimir, precio asequible, más fuerte que el PLA, menos frágil que el PET, no produce mal olor cuando se imprime, fácil de reciclar	La impresión puede ser menos detallada o puede necesitar un acabado posterior
PLA	Acido poliláctico	Impresión 3D FDM	Facilidad de impresión y bajo precio, biodegradable, desprende gases no tóxicos durante la impresión	Las piezas impresas son algo frágiles y quebradizas, con propiedades mecánicas mínimas, relativamente débil, no es muy resistente al calor, tarda

				mucho tiempo en descomponerse en relación a otros materiales para impresión 3D
ASA	Acrilonitrilo-Estireno-Acrilato	Impresión 3D FDM	Robusto, resistente a los rayos ultravioleta, no se amarillea, resistente al agua, buen acabado de las piezas, no se deforma, resistente a diversos productos químicos	No se lo puede imprimir en todas las impresoras, durante la impresión se debe proteger a la pieza de las corrientes de aire y frío
ABS	Acrilonitrilo butadieno estireno	Impresión 3D FFF	Alta durabilidad, fuerte, amplia gama de usos, resistentes a bajas temperaturas, no son quebradizas	Se deforma en la impresión, emite humos nocivos al imprimirse, propenso a sufrir deformaciones cuando se enfría
TPU	Poliuretano termoplástico, existen dos tipos: poliéster poliuretano y poliéster poliuretano	Impresión 3D FDM/FFF	Alta durabilidad, fuerte, amplia gama de usos, resistentes a bajas temperaturas, al impacto, los cortes y abrasión, no son quebradizas, son fáciles de trabajar, resistente a aceites y grasas, excelente flexibilidad, posibilidad de crear objetos más elásticos, no se deforma, gran adherencia entre capas, no se deslaminan. No desprende olor al imprimir, se puede realizar impresiones suaves y blandas al tacto	Es más difícil de imprimir comparado con otros materiales, la velocidad de impresión es baja, no se imprime en las impresoras que no tienen extrusión directa, necesita más tiempo de impresión de las piezas. Actualmente han aparecido nuevas marcas que indican que han mejorado el filamento TPU

Nota. En la tabla se describen seis materiales con sus respectivos nombres comerciales, nombres químicos y usos. Además, se exponen las características de cada uno divididas por ventajas y desventajas, esto ayuda a tomar una decisión adecuada sobre el material a elegir para el proyecto.

Tabla 5

Procesos productivos en Ecuador

Nombre Comercial	Procesos Productivos en Ecuador
PCBlend	Impresión de prototipos y piezas funcionales, fuertes y duraderas, piezas mecánicas, por ejemplo: bisagra, palanca de válvula de agua, poleas de rodamiento lineal
PETG	Impresión de piezas mecánicas y funcionales. Impresiones impermeables, grandes
PLA	Impresión de prototipos, piezas grandes y diminutas, biodegradables, de preferencia para el interior para la industria y productos básicos, como: embalajes, envases desechables, envases de cosméticos, no recomendado para alimentos
ASA	Impresión de piezas mecánicas y funcionales aptas para uso exterior, para el sector industrial, para prototipos en ingeniería, decoraciones de exteriores, objetos para uso al aire libre
ABS	Impresión de piezas con alta calidad de impresión, gran variedad de colores, con detalles complicados
TPU	Impresión de piezas flexibles, versátiles y duraderas, soporta impactos, resistentes a la abrasión y a muchos productos químicos, con capacidad de soportar temperaturas de hasta 80 grados centígrados, para piezas de uso industrial y consumo, pueden ser piezas parecidas al caucho, como por ejemplo: prototipos funcionales, modelos conceptuales, componentes personalizados, fundas protectoras, superficies antideslizantes y herramientas que tengan que interactuar con otras piezas sin dañarlas, piezas de refuerzo sin debilitarse o romper la estructura

Nota. En la tabla se presentan los procesos actuales en el país, esto sirve para conocer las posibilidades productivas que puede tener el proyecto y para tomar la decisión adecuada al elegir el material con el cual trabajar.

Resultados

En la Tabla 6 se presentan los resultados de la investigación realizada

Tabla 6*Fases y subfases de la metodología*

Fases de la metodología de Bernd Löbach	Subfases	Herramienta	Objetivos	Resultados
Análisis del problema	Análisis de la necesidad	Entrevista	Recopilar información	Información certera de la problemática actual
	Análisis de relación social	Sistema ergonómico de Martha Saravia	Entender el vínculo entre usuario y objeto	Conocimiento de la falta de implementos veterinarios para la medición de extremidades equinas
	Análisis de las relaciones con el entorno	Observación participante	Entender las circunstancias a las que el objeto se va a exponer	Entendimiento de la actividad, el entorno y los diversos factores a los que está sujeto el artefacto
	Análisis del desarrollo histórico	Análisis tipológico	Evolución del diseño del objeto	Conocimiento profundo sobre la evolución de los objetos utilizados hasta la actualidad
	Análisis del mercado	Análisis tipológico	Recopilar datos sobre objetos similares	Resultado Tabla 1
	Análisis de la función	Ergonomía física	Datos acerca del uso del objeto	Entendimiento profundo sobre la función del objeto, cómo se utiliza, tiempos para la actividad, procedimientos necesarios

	Análisis estructural	Tabla comparativa de elementos existentes	Conocer los componentes del objeto	Resultado Tabla 1
	Análisis de la configuración	Tabla comparativa de elementos existentes	Conocer las características formales	Resultado Tabla 1
	Análisis de materiales y procesos de fabricación	Búsqueda de materiales y procesos productivos del Ecuador	Conocer los materiales existentes y procesos productivos viables	Entendimiento del funcionamiento de los distintos tipos de plástico, ficha técnica con sus características
	Análisis del sistema	Mapa del sistema	Entender la relación del objeto con su entorno	Comprensión del papel que tiene el objeto en el entorno, a lo que está expuesto y lo que debe resistir
Soluciones del problema	Fase creativa	635	Generar varias ideas	Por realizar
	Inspiración	Pensamiento analógico por modelos	Encontrar nuevas ideas	Por realizar
	Elaboración de ideas	N.A	Concretar las ideas	Por realizar
Valoración de las soluciones	Comparación de soluciones	Índices de adecuación ergonómicos	Comparar ergonómicamente las ideas	Por realizar
	Proceso de selección	Checklist de requerimientos	Seleccionar las ideas que cumplan con los requerimientos	Por realizar
	Proceso de valoración		Validar las opciones	Por realizar

Realización de la solución	Se concreta la respuesta	A/B Testing	Testear las opciones	Por realizar
	Se rectifican aspectos mínimos	AEIOU	Pulir el diseño del objeto	Por realizar

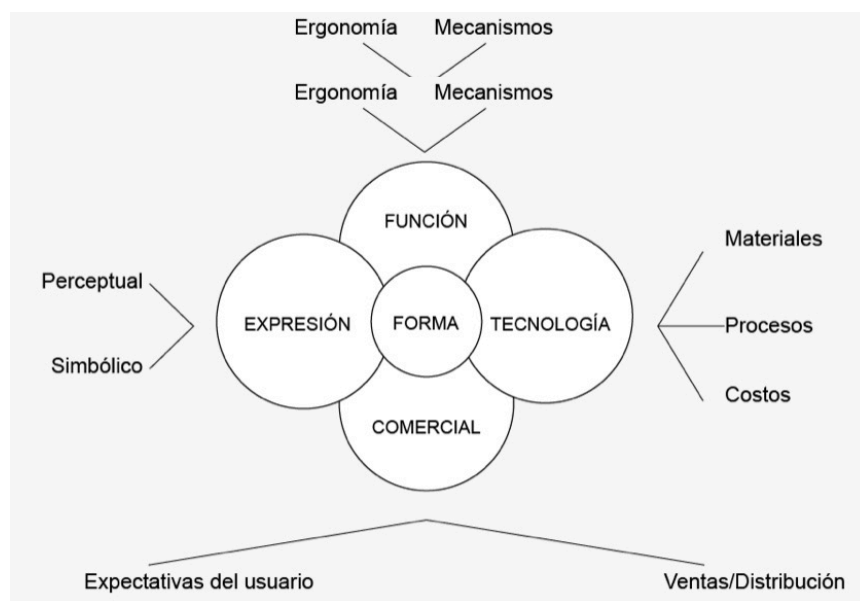
Nota. Hasta este punto del trabajo se han realizado las fases de análisis, las siguientes fases se desarrollan a continuación del documento.

Requerimientos del Proyecto

Los requerimientos para el proyecto de diseño se basan en el libro de “Diseño: estrategia y tácticas” del autor Luis Alfredo Rodríguez Morales. A continuación, en la Figura 9 se visualizan los vectores de la forma; función, tecnología, expresión y comercial, de los cuales se obtienen los requerimientos necesarios para el diseño del objeto y en la Tabla 7 se muestran los requerimientos y los determinantes para cada vector de la forma.

Figura 9

Vectores de la forma por L. Rodríguez Morales



Nota. El gráfico representa los vectores a considerar para determinar los requerimientos del proyecto de diseño. Tomado de *Diseño: estrategia y tácticas* (p. 66), por L. A. Rodríguez, año, 2004

Tabla 7*Requerimientos y los determinantes para cada vector de la forma.*

Vectores de la forma	Requerimientos	Determinantes
Función	Medir los ángulos de las patas de los potros	Sistema de medidas en grados
	Agarre acorde a la mano del experto	Percentil 50 hombres
	Mecanismo ajustable a la extremidad del potro	Percentil potro de 2 meses de 30 a 40 cm
	Mecanismo suave	Manipulación con fuerza mínima
	Mecanismo exacto	Medición exacta en grados, margen de error del 0
	Mecanismo silencioso	Causar el menor ruido y vibraciones posibles
Tecnología	Proceso industrial	Manufactura acorde a la maquinaria existente en el país
	Materia prima sólida	Resistente a 100 grados centígrados
	Materia prima resistente a golpes	Soportar fuerza de 10.000 Newtons
	Materia prima rígida	Mantener la forma durante el uso, transporte y almacenamiento
	Materia prima impermeable	Resistir el agua durante mínimo 2 horas
	Materia prima impermeable	Material sin porosidad, liso
Comercial	Ventas a tiendas hípicas y agro-veterinarias	
	Empaque seguro para distribución	Resistir golpes hasta 10.000 Newtons
	Empaque transportable	Pesar hasta 1 Kg
	Portable	Debe caber en estanterías estándares (máx. 2,5 m)
	Ganancias en el costo del producto	Mantener un margen del 30% del costo de producción

Expresión	Proporción acorde al humano y al caballo	Percentil 50 hombre y de potros 30 a 40 cm de sus extremidades
	Comunicación de uso con el usuario / indicadores de uso	Colores mate u opacos
	Tamaño máximo de la longitud de la extremidad del potro	Mínimo 20 cm, máximo 40 cm
	Estructura sólida	Máximo 5 componentes, uniones imperceptibles
	Colores contrastantes	Transmisores de uso
	Permitir la legibilidad	Contrastes de color, gráficos claros de mínimo 20 pixeles
	Transmisores de uso entendibles	Gráficos universales, uso de texturas

Conclusiones parciales

Actualmente, existen sistemas de medición para que el herrero determine la deformación de las extremidades de animal, sin embargo, no son 100% fiables en su medición, poseen un costo elevado, presentan dificultades en el entorno del caballo y no se las puede conseguir en el Ecuador. En el país, los profesionales adaptan herramientas que no son de uso veterinario, para realizar su trabajo, por ejemplo: usan el goniómetro, los rayos x, fotografías, etc. pero no permiten medir adecuadamente las extremidades de los caballos de forma ágil, precisa, autónoma y que no sean perjudiciales para la salud del herrero y del caballo. La tasa de mortalidad de los caballos por esta anomalía es alta y tiene incidencia económica tanto en el ámbito laboral como deportivo.

Una vez analizadas las necesidades de los clientes, se determina la urgente necesidad de disponer de instrumentos específicos para medir las extremidades de los potros y brindar el tratamiento adecuado antes de los 2 meses, para el correcto crecimiento del potro. Además, se encuentra poca información científica al respecto de estas condiciones de los caballos, convirtiéndose en un campo interesante de investigación y acción, con amplias expectativas, tanto económicas como de salud veterinaria. Por último, se conoce que hay insuficiente personal capacitado para brindar los tratamientos de

deformidad de las extremidades en los caballos y es realmente importante en la vida ecuestre.

Capítulo III. Desarrollo Conceptual y Validación

Proceso de ideación

Para el proceso de ideación se eligen dos técnicas. La primera derivada de la tormenta de ideas, que se denomina 635 según el alemán Bernd Rohrbach (1969) y modificada para realizar la actividad con menos personas, debido a la complicación del país por el estado sanitario. El número 635 corresponde a: 6 personas elegidas por su experticia o competencia en el tema, reunidas para plantear de manera escrita 3 ideas sobre la problemática, durante 5 minutos. El objetivo de esta técnica es obtener una amplia generación de ideas y de manera equilibrada entre todos los participantes. En el caso de la segunda técnica definida como biomímesis, permite obtener referencias o inspiraciones de la naturaleza que guíen a nivel formal, estructural y perceptiva, los conceptos para la interacción y adecuación ergonómica a las patas del caballo. A continuación, se presenta cada una de las técnicas aplicadas al proyecto con su respectivo resultado.

Técnica 635

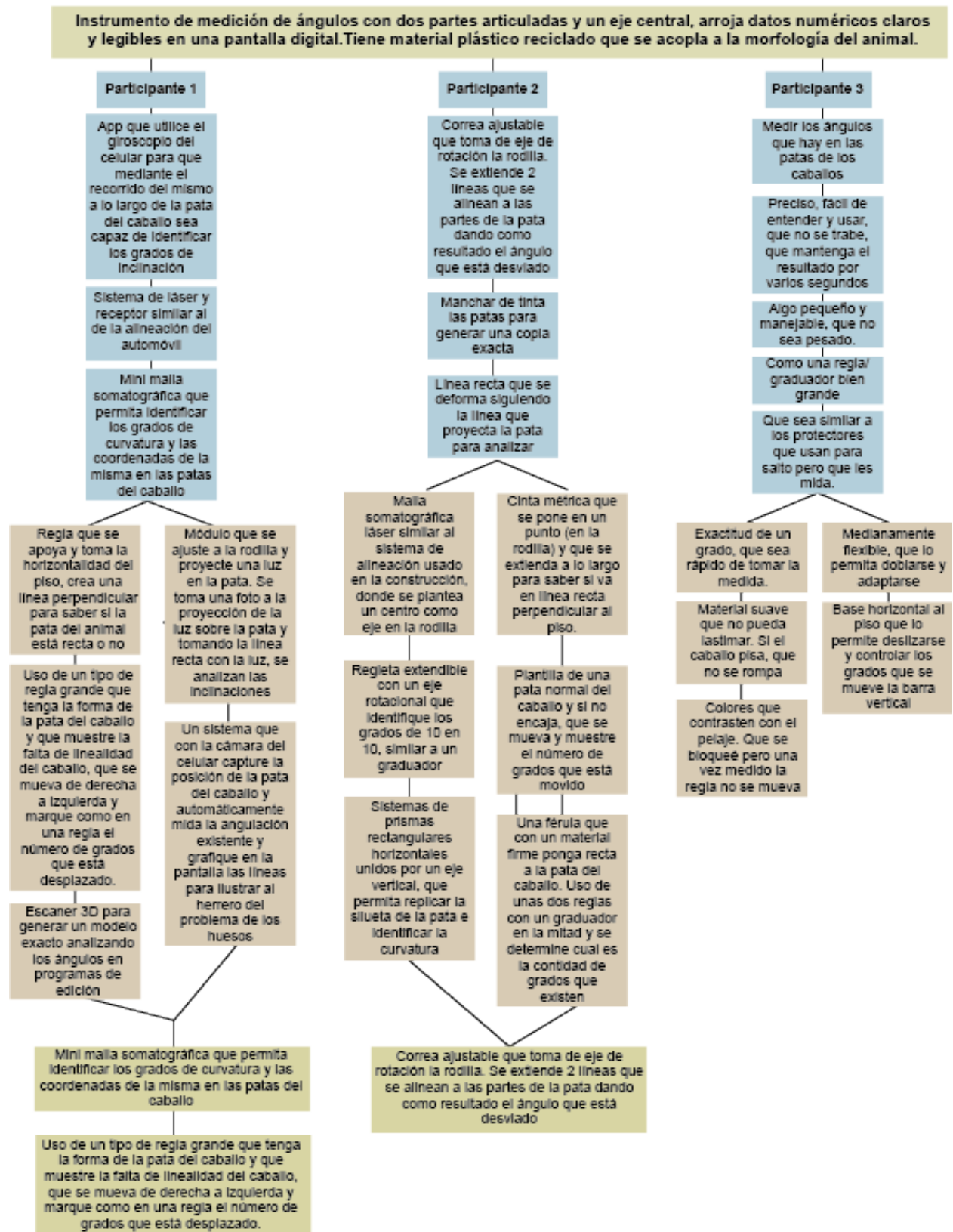
La técnica de ideación 635 usada en el proyecto con la finalidad de ampliar la visión considerando diferentes perspectivas, reunió a un grupo de 6 personas para plantear nuevas ideas sobre la temática abordada, durante cinco minutos. El personal elegido es: 1 experto en el tema, 2 estudiante de diseño de productos, 3 estudiante con conocimientos en biomecánica y ergonomía, de este modo, se obtienen nuevas ideas y diferentes puntos de vista para crear soluciones. Así como se obtuvieron ideas para proceder a la bocetación de posibles soluciones que se presentan a continuación. El proceso de bocetación ampliado se puede revisar en el anexo IV, empieza por realizar varios dibujos rápidos para plasmar la idea en un papel y organizarlas de mejor manera. Después, se realiza una selección de las ideas viables y si es posible se juntan dos o tres características de cada dibujo para crear

una nueva versión. Las nuevas versiones se realizan en bocetos rápidos con mayor detalle para entender la funcionalidad de cada idea. Nuevamente se seleccionan los bocetos con las mejores características formales y funcionales, para tener tres opciones finales, las cuales se trabajan a profundidad. Posteriormente, se realizan las maquetas con los bocetos que son factibles y se continúa el desarrollo del producto.

A continuación, se exponen los resultados de la tormenta de ideas realizada, con la información clasificada por participantes donde se muestran los resultados de la herramienta y su evolución, para así, deliberar y escoger las opciones más votadas por los participantes. Se procede a la bocetación para entender su funcionamiento, lo que permite conocer las tres mejores ideas para desarrollarlas a detalle. Como se ve en la Figura 10

Figura 10

Esquema de los resultados de la técnica 635 y las opciones elegidas

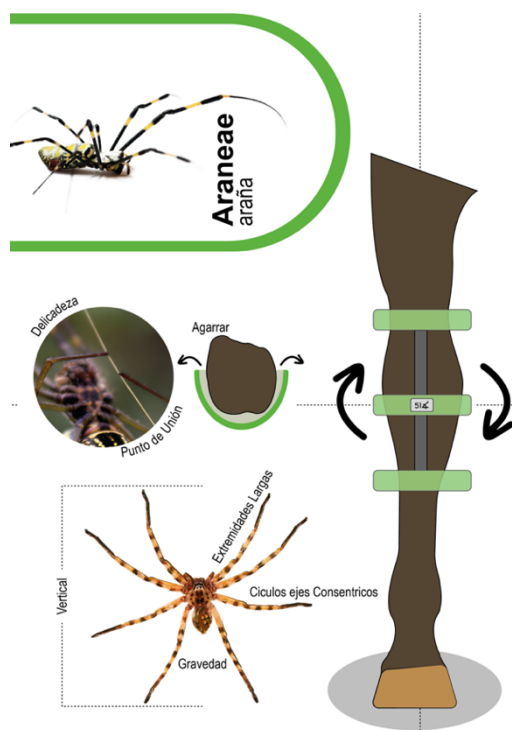


Biomimesis

Con la biomimesis se escogen dos animales: araneae y phasmatodea. Estos dos referentes sustraídos de la naturaleza sirven como inspiración por la anatomía, el cuerpo dividido en dos partes, el agarre de sus extremidades, sus músculos solo pueden tirar hacia adentro y con un líquido acuoso pueden estirar, y por los pelos microscópicos que tienen pueden sostenerse sobre cualquier superficie. De este modo, se puede idear considerando las características de estos animales, como: los colores, el tipo de agarre y pensar en un diferente funcionamiento del objeto. Se obtienen varios resultados con esta herramienta que se los puede observar en las Figuras 11, 12, 13 y 14.

Figura 11

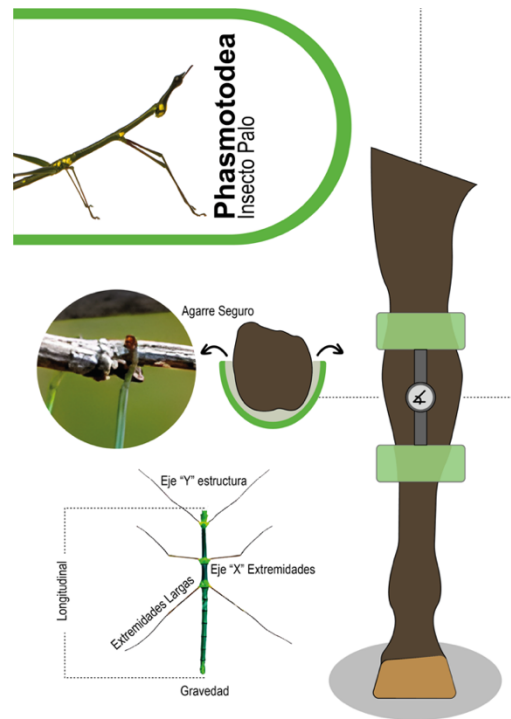
Proceso de biomimesis A (araneae)



Nota. El proceso de biomimesis con la araña genera nuevos planteamientos sobre el tipo de agarre seguro y opciones de ser longitudinal, con un eje central para que se acoplen a la morfología del caballo. Además, se plantea la manera en la que la araña se mantiene perpendicular al piso, cómo se extienden y se retraen sus extremidades para generar el agarre adecuado en la superficie que se encuentran.

Figura 12

Proceso de biomímesis B (*phasmotodea*)



Nota. En el proceso de biomímesis con el insecto palo se entienden las características que tiene el insecto como eje vertical y horizontal, se muestra en el dibujo inferior que tiene el eje central “y” y los ejes horizontales en “x” que son las extremidades, las cuales se traducen como los agarres que necesita el objeto para sujetarse a las manos del caballo. Además, se visualiza el tipo de agarre que ejerce el insecto palo y este se refleja en el boceto de la extremidad del caballo.

Figura 13

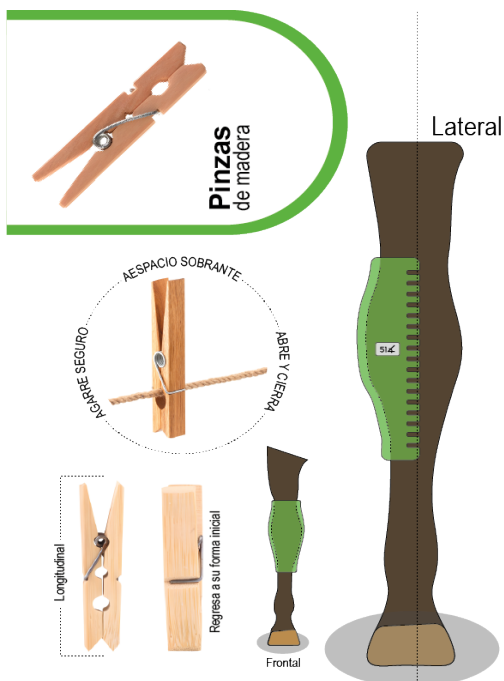
Proceso de biomímesis C (*protector*)



Nota: El proceso de biomímesis con el protector de entrenamiento para caballos de deporte, se realiza para entender la estructura que se acopla a la parte a proteger de la extremidad, este sistema se lo replica para la rodilla del animal. Además, se estudia la tecnología del material que debe ser resistente y flexible, sin perder su forma inicial.

Figura 14

Proceso de biomímesis D (pinzas)



Nota. El proceso de biomimesis de las pinzas se centra en la función de abrir y cerrar, manteniendo su forma y regresando a esta sin importar el tiempo de apertura. Además, se sujeta firmemente durante el tiempo que sea requerido y contiene espacios con diámetros necesarios para realizar las actividades. Por lo cual, para el objeto desarrollado, se implementa la característica con el material para que se pueda abrir y cerrar manteniendo su forma y manteniéndose sujeta a la extremidad del caballo. Los dientes que se visualizan en la figura permiten que el objeto se amolde a la morfología del animal.

Visión de diseño

El proyecto se basa en un problema real con potros, que sufren de la patología de deformidades angulares y pocos son tratados adecuadamente por falta de implementos, lo cual converge con la esencia del diseño, que se basa en una planificación por parte del diseñador que busca mejorar la calidad de vida del usuario. Además, parte de la necesidad específica de los herreros que no cuentan con implementos adecuados, por lo cual se prevé configurar un objeto que se encuentre situado en el contexto indicado y que comunique correctamente su uso (Sánchez. M. 2019) (RAE. 2021).

El enfoque que se tiene es desde la planificación de parte del diseñador para buscar la manera de mejorar la vida del equino y del herrero (que son los que usarán el objeto a diseñar). Para diseñar el objeto que mejore la calidad de vida del usuario es extremadamente importante estar presente en el contexto en el que el objeto se desenvuelve, ya que tienen características que definirán varios de los requerimientos a los que debe responder el objeto (Wingfield, J. 2021). Además, para su configuración se parte de una necesidad específica de los caballos y para que sea un diseño adecuado para el usuario, debe comunicar con su forma, manera de aplicarlo y de usarlo.

Además, el proyecto aporta a la carencia de instrumentos de medición del país, ya que en Ecuador no existen productos adecuados para la medición angular en las extremidades de equinos. Por lo tanto, se apoya al crecimiento de la industria del país y a

potenciar el trabajo de los herreros, así como, evitar la pérdida económica por la muerte del caballo.

A los herreros les mejora la calidad del trabajo, porque al crear una herramienta adecuada, se evitan accidentes, lesiones o problemas que pueden ser ocasionados por los animales, y se suple la necesidad de tener implementos apropiados para uso veterinario.

Por lo tanto, el proyecto de diseño actúa económicamente en el país, debido a que apoya a la producción nacional de productos, con el fomento de compra de artículos manufacturados internamente, disminuyendo, de ser posible, los costos que tienen los productos importados de herrería.

Descripción de propuestas conceptuales

En este apartado se muestran tres propuestas conceptuales de posibles soluciones al problema partiendo del concepto que se describe a continuación y fue creado a partir del flujograma realizado sobre la actividad. Cada propuesta cuenta con distintas formas de agarre, de medición, de sujeción para evaluar y elegir la mejor solución.

Concepto

Instrumento de medición de ángulos con dos partes articuladas y un eje central, que arroja datos numéricos claros y legibles en una pantalla digital. Es de material plástico flexible para un mejor acople a la morfología del animal, y puede ser reciclado.

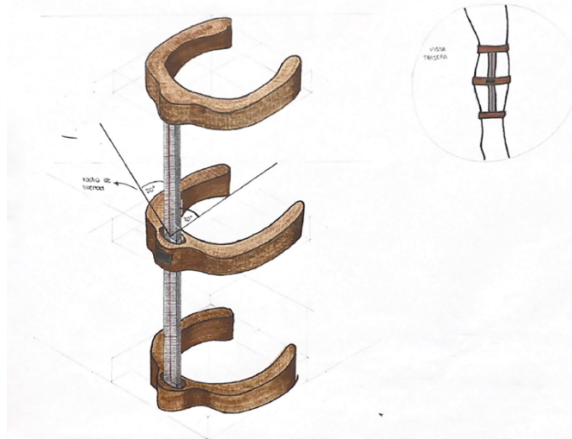
Primera propuesta

La primera propuesta surge de la herramienta de la biomímesis, del análisis de la araneae (A). Consta de tres partes con forma de pinza para que se agarre a la extremidad del caballo. Además, tienen dos partes alargadas que conectan las tres pinzas para generar un objeto sólido. La pinza de la mitad funge como eje central, donde se conectan ambas piezas alargadas y se encuentra la pantalla digital donde se muestra el resultado de los ángulos, para visibilidad del herrero. Esta pieza se sujeta a la rodilla del caballo. La pieza

superior de pinza se sujeta al antebrazo y la pinza inferior se sujeta a la caña. En la Figura 15 se presenta la idea A.

Figura 15

Fase de idea A



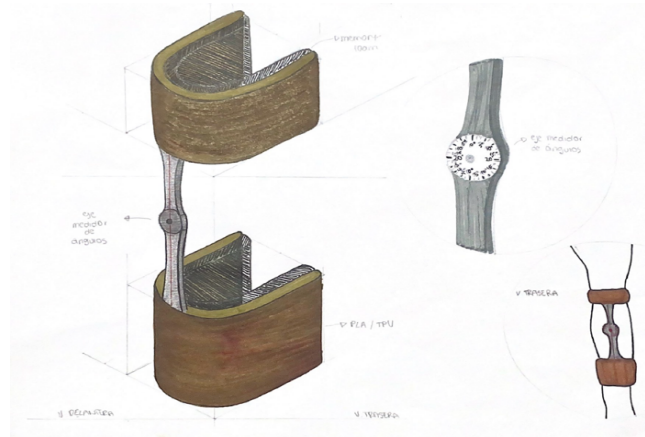
Nota. En la izquierda: Isometría de la primera propuesta de la biomímesis, del análisis de la araneae (A), con acotaciones de dimensiones a considerar. En la derecha: vista delantera del objeto en uso.

Segunda propuesta

Esta propuesta viene de la herramienta de biomímesis, tomando como referencia la phasmatodea (B). Cuenta con dos piezas similares, la parte superior es menos angosta que la parte inferior. Se conectan por dos piezas alargadas con articulación en la mitad. Se sujetan al antebrazo y a la caña de la extremidad del potro, dejando las piezas alargadas sobre la rodilla del animal. El resultado en grados se observa en la pieza superior del objeto. En la Figura 16 se presenta la idea B.

Figura 16

Fase de idea B



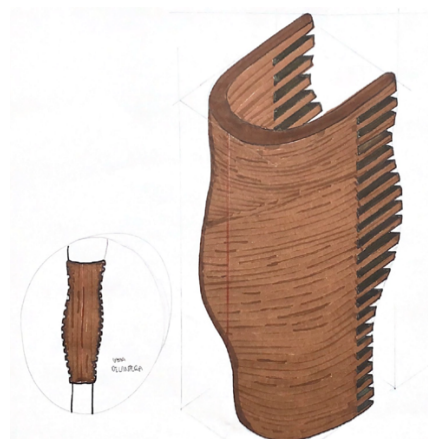
Nota: A la izquierda: Vista trasera de la isometría de la biomímesis de la phasmatodea (B). A la derecha se observa la vista delantera en la mano del equino.

Tercera propuesta

La tercera y última propuesta se consigue mediante la biomímesis del protector (C) y las pinzas (D), consta de una sola pieza articulada para que pueda moverse hacia los laterales. La forma orgánica y dentada del objeto responde a la morfología de la extremidad del animal. Se sujeta debido a que la parte superior e inferior son más angostas que la rodilla, por lo cual el objeto no se resbala. El resultado numérico de los ángulos se encuentra en la parte delantera superior. Se la puede observar a continuación, en la Figura 17.

Figura 17

Fase de idea C y D



Nota. A la derecha: Isometría de la biomímesis del protector (C) y las pinzas (D), consta de una sola pieza articulada para movimiento hacia los laterales. A la izquierda: vista delantera del objeto en uso

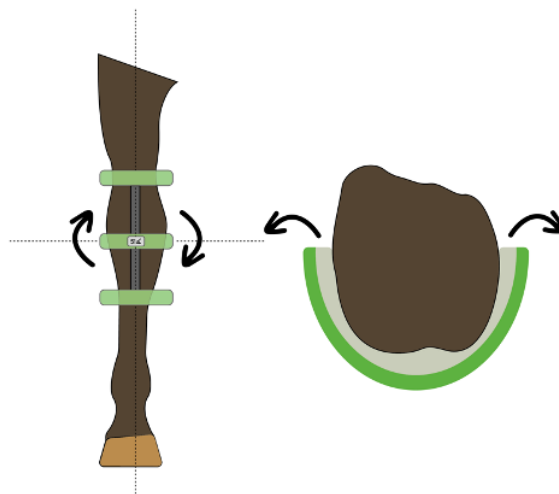
Desarrollo de conceptos: estructural, formal, material

Primer concepto: “A” correspondiente a la araña

El concepto se basa en el agarre en cada parte de la mano del potro; en la parte superior, el antebrazo, en la mitad se encuentra la rodilla, en la parte inferior está la caña. Los agarres funcionan como pinzas que se adaptan al ancho de la mano del caballo, que procura ejercer la mínima presión al animal. Como se puede observar en el boceto, las partes antes mencionadas se conectan con un elemento longitudinal vertical, que permite la medición angular. El resultado se observa en la pieza central que contiene un visualizador de datos. El material previsto para la construcción de las pinzas es plástico y de los elementos longitudinales es de aluminio por su resistencia y ligereza. La determinación de la medición a través de la implementación de un medidor de ángulos digitales se encuentra insertado en la pieza de la rodilla y se visualiza la pantalla digital con el resultado. Se observa en la Figura 18.

Figura 18

Desarrollo concepto ejemplo “A” correspondiente a la araña.



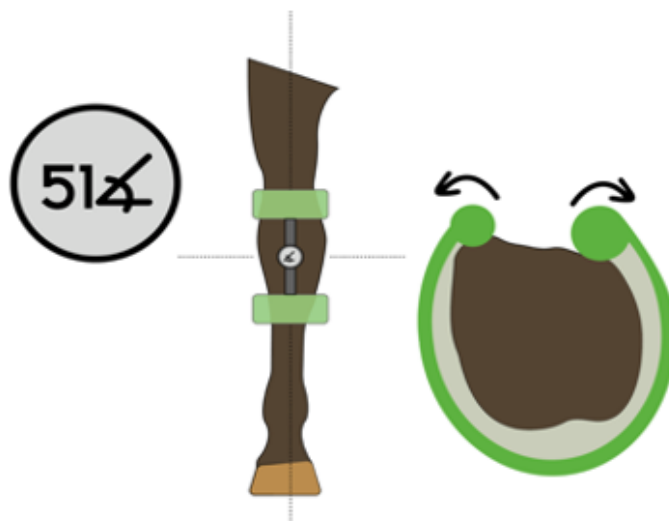
Nota. A la izquierda se visualiza frontalmente el uso del concepto “A” en la extremidad del potro. A la derecha se representa la vista superior, se muestra la forma del agarre que bordea la extremidad.

Segundo concepto: “B” correspondiente al insecto palo

Consiste de un sistema de agarres con forma curva que responde a la morfología del equino. El agarre superior se ubica en el antebrazo de la mano del caballo antes de comenzar la rodilla, el segundo agarre se ubica en la parte de la caña a lo que termina la rodilla. Ambos agarres se acopan a través de un elemento longitudinal vertical que se encuentra en la mitad de la curva de las piezas arqueadas. Los materiales previstos para el desarrollo del concepto son: plástico para las piezas curvadas con memory foam para asegurar la comodidad del caballo y la adaptación correcta a la morfología de la mano. La pieza longitudinal es de aluminio para evitar peso innecesario en el objeto y por su alta resistencia. Además, cuenta con un eje céntrico que permite la medición de los ángulos mediante un sistema de medición análoga similar a un graduador, que con la ayuda de las piezas verticales se determina la angulación. A continuación, se presenta en la Figura 19.

Figura 19

Desarrollo concepto ejemplo “B” correspondiente al insecto palo



Nota. A la izquierda se visualiza la representación frontal del objeto en uso. A la derecha se encuentra la vista superior de la extremidad del potro con el objeto para

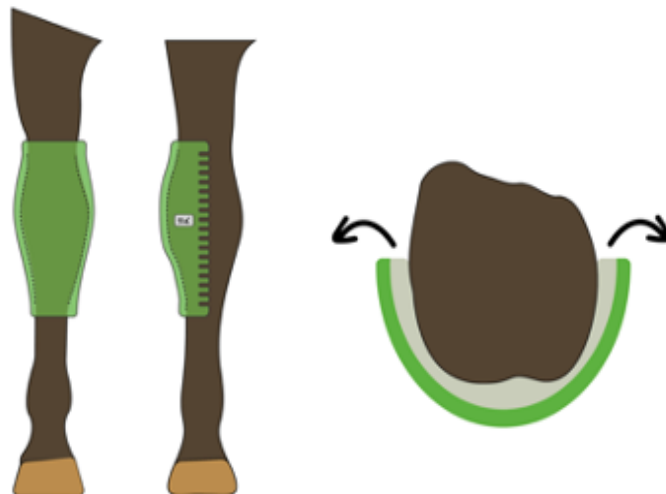
entender el sistema de agarre del concepto. Además, se expone que la angulación máxima a medir es de 51 grados a derecha e izquierda.

Tercer concepto: “C” correspondiente al protector y a la pinza

El último concepto propuesto es el que se puede visualizar en la Figura 20, es un solo objeto con forma curva que responde a la morfología de la mano del potro, que cubre el espacio desde el antebrazo hasta la caña. Los laterales son flexibles para que se acople a la deformidad de la mano del caballo. La línea roja es el indicador de los ángulos, para saber que se encuentra en 0° al empezar la medición y luego saber cuál es el ángulo de deformidad. Los datos se visualizan a través de una pantalla digital ubicada en la parte frontal del objeto.

Figura 20

Desarrollo del tercer concepto



Nota. A la izquierda la vista frontal. Al medio la vista lateral. A la derecha la vista superior. En todas las vistas se encuentra representado el objeto colocado en la extremidad del caballo. Las flechas indican que los bordes pueden abrirse hacia fuera y el color gris representado indica el uso de una esponja para acoplarse a la morfología del animal.

Visualización de conceptos: Sketch, modelos, dibujos, mapas, otros

Los moldes son a escala 1:1. Para obtener los moldes se sigue el proceso que se muestra en la Figura 21 y comprende los siguientes pasos: tomar las medidas del

antebrazo, la rodilla y las cañas de las extremidades frontales del potro o también conocidas como “manos”.

Los moldes se hicieron con dos ejemplares, un potro de 2 mes de edad y uno de 1,5 meses, midiendo las extremidades de ambos ejemplares para comparar y promediar los datos. Adicionalmente, se utiliza dos colores para diferenciar los moldes, el color morado corresponde al potro de 2 meses y el color rosado pertenece al de 1,5 meses. Los moldes realizados son planos y longitudinales para entender la morfología de la extremidad del potro, con los moldes planos se logra obtener una réplica exacta de la forma de la mano del caballo, en cambio con el molde longitudinal se precisa el diámetro y radio de las extremidades. Cabe recalcar que se tomaron moldes del antebrazo, de la rodilla y de la caña de cada ejemplar.

Después de tener todas las medidas correspondientes se realizan los modelos a escala 1:1. Se construyen los modelos de los conceptos A y B como se muestra en la segunda parte de la Figura 21. El concepto A se realiza partiendo de moldes de cartón blanco para facilitar el modelado con el foamy. Una vez obtenida la forma deseada se colocan los palos de bambú en el centro, ya que estos sirven como eje central para realizar la medición angular. El modelo del concepto B se construye con cartón blanco, luego se unen con dos palos de bambú que simulan la vertical central, que se unen con el eje morado realizado con foamy, permitiendo la medición angular. El eje morado simula el componente electrónico que se prevé usar en el objeto final, se puede observar en la Figura 21 y 22.

Figura 21

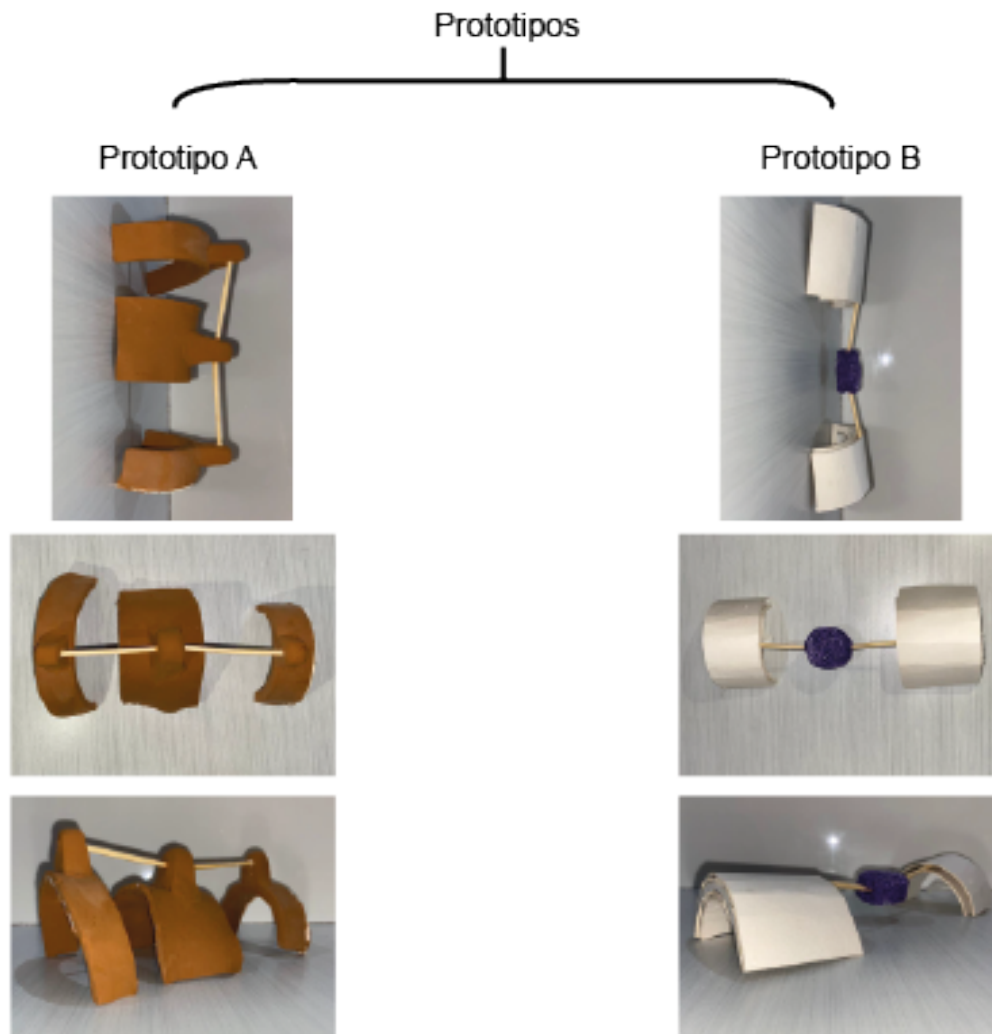
Proceso de medición con foamy moldeable



Nota. Paso a paso del proceso para construir los modelos a escala 1:1

Figura 22

Prototipo "A" y "B" en vistas.



Nota. De cada prototipo se tomaron fotografías en distintas vistas. Comenzando desde arriba se encuentra la vista lateral, en el medio la vista frontal y en el inferior la vista en perspectiva. El prototipo "A" se realiza con foamy modelable marrón y el acople del medio se construye con palos de bambú y por dentro se unen mediante pegamento. El prototipo "B" se construye con cartón blanco, el acople se realiza con palos de bambú que se juntan con un acople redondo, que permite su movilidad de derecha a izquierda desde el centro.

Componente electrónico

Goniómetro digital FOLAI

El componente electrónico elegido para el objeto es el goniómetro digital o “nivel digital, transportador, inclinómetro, nivel magnético, medidor ángulo, buscador nivel, caja ángulo, herramienta de medición. Silver + verde” (Amazon, 2022) de marca FOLAI, comercializado por Amazon y su código UNSPSC es el 27110000. Consta de doble funcionalidad, la del inclinómetro que comprueba los ángulos relativos entre las superficies, y la de nivel digital para espacios reducidos con un rango de $\pm 180^\circ$ (0 - 360°). Tiene una pantalla LCD digital con retroiluminación que facilitan la lectura y la carcasa es plástica. En el interior están integrados imanes para asegurar una fijación sobre superficies de metal. Utiliza una pila alcalina AAA y está programado para su auto apagado después de 3 min sin uso. Es comercializado en “Amazon” por un costo de \$26.97. Se muestra en la Figura 23.

Figura 23

Goniómetro digital de la marca FOLAI



Nota. Dispositivo para medir ángulos

Buscador de ángulos General Tools 822

Este componente electrónico es multifunción, como buscador de ángulos que puede medir ángulos y longitud, permite comodidad y cálculo de ángulos de forma precisa y rápida. Cuenta con una pantalla digital para la lectura del resultado, con dos botones de presión, logrando una estructura compacta para facilitar el transporte y el uso, mide ángulos inversos y obtusos con exactitud. Consta con un rango de medición de $0^\circ - 999,9^\circ$ con

precisión de $0,1^\circ$, funciona con una pila de litio CR2032 de 3V que ofrece 1000 horas de trabajo. El peso es de 3.2 onzas con dimensiones de 1.13 x 5.38 x 10.88 pulgadas. Es fabricado en China y comercializado en “Amazon”, con el código ASIN B00563TM32 a un costo de \$19.23. Se lo observa en la Figura 24.

Figura 24

Buscador de ángulos digital



Nota. Tomado de Amazon.com: General Tools 822- Regla digital buscadora de ángulos, 5 pulgadas : Herramientas y Mejoras del Hogar. (2016). https://www.amazon.com/-/es/dp/B00563TM32?ref=ppx_vo2ov_dt_b_product_details&th=1

Valoración de conceptos: categorías, instrumentos de validación (entrevista comitente, videos usuarios, expertos en el área)

En el presente proyecto, la etapa de valoración de conceptos se la concibe con la realización de una tabla de calificaciones de cada propuesta. Los aspectos para valorar son extraídos de los requerimientos presentados anteriormente y calificados con una escala de 1 al 5, siendo 1 el puntaje más bajo y 5 el máximo. El puntaje total es de 50 puntos y el valor más alto obtenido permite identificar el concepto que más cumple con los requerimientos. Los conceptos son valorados por el herrero, por ser el usuario directo. Los resultados de la valoración se los puede observar en la Tabla 8 del prototipo A y en la Tabla 9 el prototipo B.

Tabla 8

Valoración prototipo A

Tabla de valoración: Prototipo A					
Valoración	1	2	3	4	5
Medir los ángulos de las patas de los potros				x	
Agarre acorde a la mano del experto				x	
Mecanismo ajustable a la extremidad del potro				x	
Mecanismo suave			x		
Mecanismo exacto				x	
Mecanismo silencioso					x
Proporción acorde al humano y al caballo				x	
Comunicación de uso con el usuario / indicadores de uso			x		
Tamaño máximo de la longitud de la extremidad del potro			x		
Estructura sólida			x		
TOTAL					37

Nota. Valoración del prototipo A, puntaje obtenido 37 puntos sobre un total de 50 puntos.

Tabla 9*Valoración prototipo B*

Tabla de valoración: Prototipo B					
Valoración	1	2	3	4	5
Medir los ángulos de las patas de los potros					x
Agarre acorde a la mano del experto			x		
Mecanismo ajustable a la extremidad del potro					x
Mecanismo suave			x		
Mecanismo exacto		x			
Mecanismo silencioso					x
Proporción acorde al humano y al caballo			x		
Comunicación de uso con el usuario / indicadores de uso		x			
Tamaño máximo de la longitud de la extremidad del potro			x		
Estructura sólida				x	

TOTAL 35

Nota. Valoración del prototipo B, puntaje obtenido 35 puntos sobre un total de 50 puntos.

El proceso de validación del prototipo A, se presenta a continuación, en la Figura 25 y en la Figura 26 la validación del prototipo B.

Figura 25

Registro fotográfico de la validación del prototipo A



Nota. Las fotografías fueron realizadas en el criadero “La Esperanza” ubicada en Machachi. El proceso consiste en dar el modelo al herrero y que lo coloque en la pata del animal simulando que mide la angulación. De esta manera se valida el prototipo en funcionalidad de medición y en su uso.

Figura 26

Registro fotográfico de la validación del prototipo B



Vista frontal
modelo detrás



Vista frontal
modelo lateral izquierdo



Vista lateral izquierda
molde lateral izquierdo



Vista frontal
modelo lateral derecho



Vista frontal
modelo delante de la rodilla

Nota. Las fotografías fueron realizadas en el criadero “La Esperanza” ubicada en Machachi. Se valida la actividad del herrero desde que tiene el modelo en sus manos hasta la aplicación del mismo en la extremidad del animal, simulando que realiza la medida angular. De este modo se valida el funcionamiento en la medición y el uso.

Selección de conceptos: toma de decisiones

La selección de conceptos se basa en los puntajes más altos obtenidos en cada aspecto valorado de los dos conceptos, de esta manera se selecciona el prototipo que cuente con los aspectos mejor valorados. Así, se desarrolla una propuesta en la que se junten los aspectos con mejores puntuaciones para generar soluciones a los conflictos que obtuvo el herrero al usar la maqueta y que en el prototipo no se presenten. Es por esta

razón que se opta por juntar las características de cada modelo para obtener una mejora significativa.

Conclusiones parciales

Después del proceso creativo, conceptual y de maquetación, se concluye que para el desarrollo de diseño a detalle se necesita la herramienta electrónica de medición angular “*Angle-izer*” que permita medir adecuadamente los grados que la extremidad del caballo y confirmar si se encuentra deformada. Se escoge este medidor porque tiene un tamaño adecuado en relación con la dimensión de la extremidad del potro y no interfiere con la actividad que realiza el herrero. Adicionalmente su pantalla digital permite leer fácilmente el valor, en la posición vertical.

En la validación, se determina que la forma más cómoda para la morfología del equino es la del prototipo “B”, porque cuenta con una amplia superficie de contacto que permite sostener mejor la extremidad del potro y permite al herrero colocar y sacar de forma sencilla la pieza y ágil mientras el potro está quieto, esta opción es más fuerte para soportar las condiciones del hábitat del caballo. La forma del prototipo “A” causa dificultades al herrero al momento de realizar la actividad por lo que no se recomienda usar tres agarres, sino simplificar el objeto, con solamente dos agarres.

Con la validación de los prototipos se determina que se puede medir tanto de lado como de frente, pero se debe modificar la forma para que solo permita medir las extremidades del animal por la parte frontal. La pared de los agarres debe ser lo suficientemente ancha para que no sufra daños por golpes y el medidor digital se pueda integrar correctamente acorde a la forma del agarre superior e inferior. Los acoples deben ser imperceptibles como en ambos prototipos, porque no causaron molestias al herrero ni al potro.

Respecto a las medidas de los potros, difieren en el ancho del antebrazo (parte superior de la extremidad) y de la caña (parte inferior de la extremidad) a lo que empieza y termina la rodilla, por lo cual se realiza la siguiente tabla con las medidas zoométricas para

desarrollar el producto tomando en cuenta la medida mínima y la máxima, por lo tanto, el producto debe adaptarse a ambas medidas. Para adaptarse se requiere del material flexible que permita abrirse a la medida máxima, conservando su forma. Las medidas resultantes se presentan en la Tabla 10.

Tabla 10

Medidas de ambos potros “sujetos de estudio”

Medidas en cm de los sujetos de estudio		
	Embustero 2 meses	Triana 1 mes y 3 semanas
Antebrazo	25	24
Rodilla	28	26,5
Debajo de la rodilla	17,5	17
Caña	15	14,5
Longitud de rodilla	11	11
Longitud antebrazo	31	23
Longitud caña	17	16

Nota. Las medidas fueron tomadas personalmente con la ayuda del herrero que sostiene a los animales. Uso de cinta métrica y las anotaciones se registran en una tabla para comparar los resultados. Realizado el 2 de mayo de 2022.

Capítulo IV. Propuesta final: Diseño a detalle, prototipado y validación

Definición y justificación de la propuesta

La propuesta definida de diseño de la herramienta de medición angular para potros incluye cinco piezas. De estas, dos se establecen como acoples de fijación temporal a las extremidades delanteras del equino, uno de los agarres para la parte superior (antebrazo) y otro situado en la parte inferior (caña) del animal, a lo que empieza y termina la rodilla. Para articular ambos agarres existe un medidor vertical. Las piezas se unen mediante un camino eje a presión para asegurar que el medidor quede fijo en su lugar. Se escogen los dos agarres, ya que, en la validación hecha con anterioridad, se determinó que es menos invasivo para el animal pues se aplica en menor cantidad de puntos de presión y para el

herrero es más cómodo al momento de colocar el objeto en el animal. Además, al ser una actividad de duración de aproximadamente 3 min, al tener dos agarres se efectiviza la colocación y la sustracción de la pieza del animal. También, las partes que se agarran a la extremidad del potro cuentan con mínimo 10 cm que es acorde a la mano del experto con percentil 50, toma en cuenta las medidas de los potros de hasta 2 meses y su mecanismo permite emplear la mínima fuerza para que se lo pueda manipular, el mecanismo es silencioso, no causa vibraciones que afecten al animal y contempla medidas exactas en grados. Las otras 3 piezas son parte de la carcasa protectora del medidor angular, que se acopla por presión a los agarres antes mencionados.

El material en el que se realiza el producto es poliuretano termoplástico (TPU) (ver Figura 27), que es un elastómero versátil, con características flexibles y resistentes al impacto, y permiten amoldarse de manera adecuada a los distintos grosores de las extremidades de los potros, que van desde los 12 cm de ancho hasta los 15 cm en la rodilla según el rango de edades de 1 a 2 meses. Estas medidas fueron corroboradas con dos sujetos de estudio de 1 y 2 meses de edad.

Figura 27

TPU blanco y ABS negro



Nota. Rollos de filamento marca “Sunlu”. Tomado de 3D Printer Filament (2022).

Se escoge el acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) expuesta en la Figura 24 para el recubrimiento del medidor digital, de esta manera se crea una capa protectora que absorbe la fuerza de cualquier impacto que el instrumento pueda recibir. En el caso de ambos materiales, su elección corresponde a que se los puede usar para prototipar en impresoras 3D. Este proceso elegido para la elaboración del prototipo final permite realizar comprobaciones previas a un proceso industrial. El uso de la tecnología aditiva mediante

impresión 3D, busca la flexibilidad adecuada para el prototipo con un relleno cuadrículado al 30%, lo que permite la rigidez necesaria para que no se deforme el cuerpo al mismo tiempo que permite su expansión de 5 mm para acoplarse a las extremidades del potro. Además, se usa el material necesario, evitando desperdicios. En el ABS se puede determinar la dureza y terminado para la pieza, se escoge un porcentaje de 50% de relleno para evitar roturas.

En referencia a la producción, ambos materiales ABS y TPU, cumplen con el requisito de ser producido con tecnología existente en Ecuador. Además, mantiene su forma durante el uso, transporte y almacenamiento, resiste al agua durante 2 horas mínimo y es liso, para que la tierra no entre al dispositivo y en casos de lluvia brinda protección, esto facilita la limpieza.

Sobre el sistema de medición que se emplea en el objeto es de ángulos. Asimismo, la lectura se realiza a través de una pantalla digital con dimensiones de 3 cm x 1,2 cm que permiten legibilidad para leer el valor. Se escoge esta posición debido a que es consistente con la posición empleada por el herrero al usarla en el caballo, garantizando el resultado. Se usa la herramienta de tecnología digital denominada "Angle-izer" ver Figura 28, por estar concebida para mediciones de tipo angulares de elevada exactitud, con precio accesible y tamaño adecuado (12,70 cm), que le hacen pertinente para integrarse a la herramienta de medición que se diseña en el presente trabajo. Además, dada la interacción del objeto con caballos, es importante que el sistema de medición elegido no cause vibraciones o ruidos que generen estrés en el animal y dificulten su valoración.

Figura 28

Medidor digital de ángulos "Angle-izer"



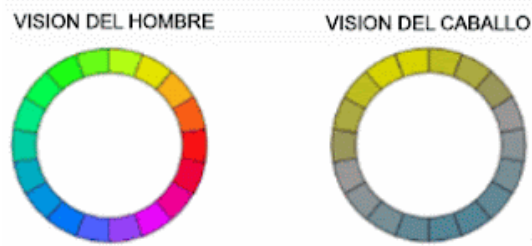
Nota. Tomado de Amazon.com: General Tools 822- Regla digital buscadora de ángulos, 5 pulgadas : Herramientas y Mejoras del Hogar (2016).

Sobre la estética y cromática se ha escogido un acabado opaco en acromáticos blanco y gris, principalmente porque evitan molestias en la visión del caballo ver Figura 29, al respecto se conoce según Lily Forado (2017) que los colores muy llamativos asustan al potro. Además, el contexto de medición en establos y áreas de entrenamiento con superficies en tierra, favorecen la suciedad y se contrasta con el uso del blanco que permite ubicar la herramienta, facilitan el correcto aseo y dan un aspecto de sanidad. En el anexo X se encuentra un video explicativo de la limpieza de la herramienta. La parte blanca corresponde a los sujetadores a la extremidad y en el medidor el color gris, lo cual permite un contraste necesario para entender cuáles son las partes que se ajustan al animal y las que no, adicionalmente, funcionan como transmisores de uso para el herrero. A nivel formal se presenta una simetría axial en el objeto, ya que las extremidades de los potros son simétricas, pero la parte superior es de mayor volumen, por lo cual el objeto tiene la parte superior con mayor área para entender qué parte va arriba y cuál debajo de la rodilla. La estructura del medidor y de la unión son sólidas, porque en casos de caídas o golpes debe mantener la forma.

En relación a la morfología también se tiene una superficie convexa para que se ajuste a la forma de la extremidad del potro, ya que no es recta, sino que tiene forma convexa sobre y bajo la rodilla, por lo cual son importantes estos apoyos en los sujetadores. De esta manera, el animal solo siente una pequeña presión que no le causa molestias y la acepta, situación que se evidencia con la tranquilidad del potro al colocarse la herramienta.

Figura 29

Visión cromática de los equinos



Nota. A la izquierda se encuentra la variedad de colores que el ojo humano puede reconocer. A la derecha se muestra la cromática del amarillo y del azul que pueden reconocer los caballos con sus ojos. Tomado de La visión del caballo de Forado (2021).

Prototipo final

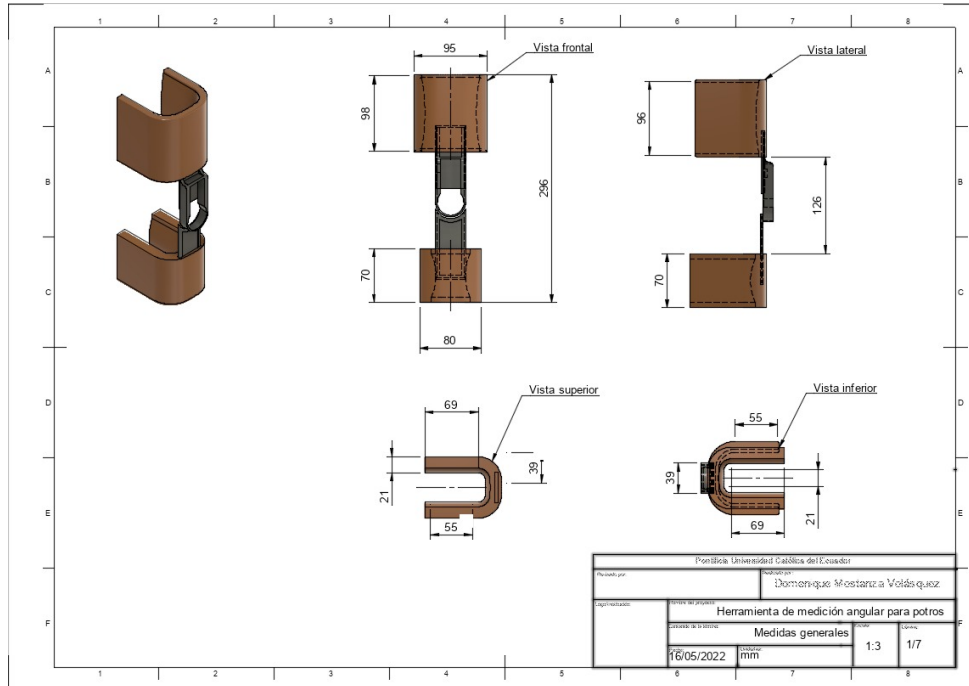
En las siguientes figuras se visualizan las piezas en color marrón y negras para ayudar a la visibilidad en la representación, pero la cromática definitiva es en blanco y gris; tal como se indican en los renders de visualización final, a los que se puede acceder en los anexos VI y VIII.

Planos técnicos

Se realizan los planos técnicos previo a la construcción de la herramienta, los mismos que se visualizan de forma macro en las Figuras de la 30 a la 36, si se requiere mayor detalle, los planos técnicos se encuentran en un archivo PDF en el anexo V.

Figura 30

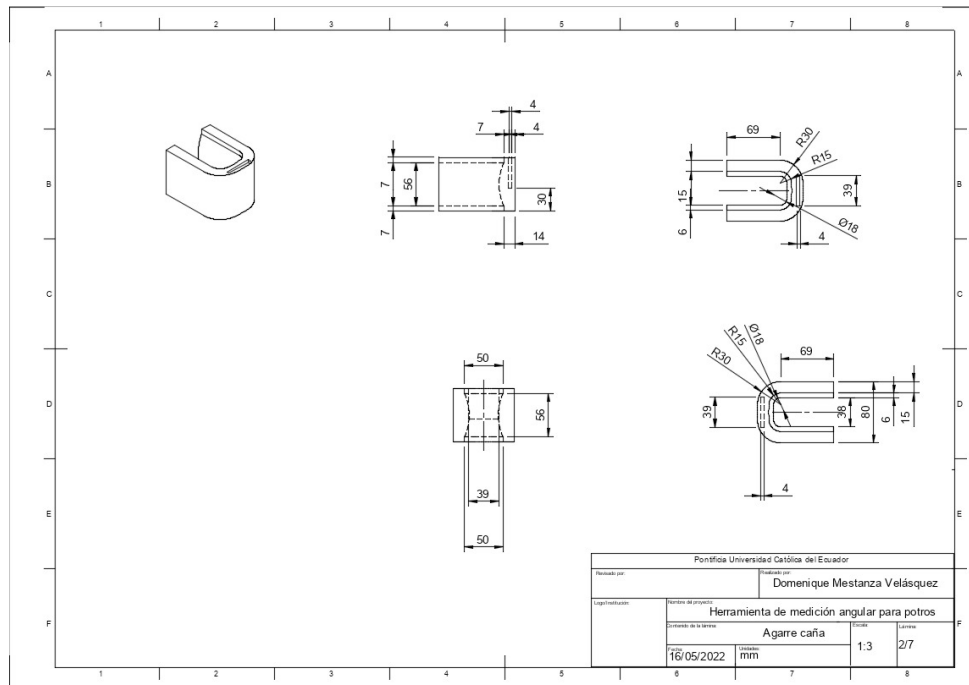
Planos técnicos herramienta completa



Nota. Medidas generales en mm de la herramienta.

Figura 31

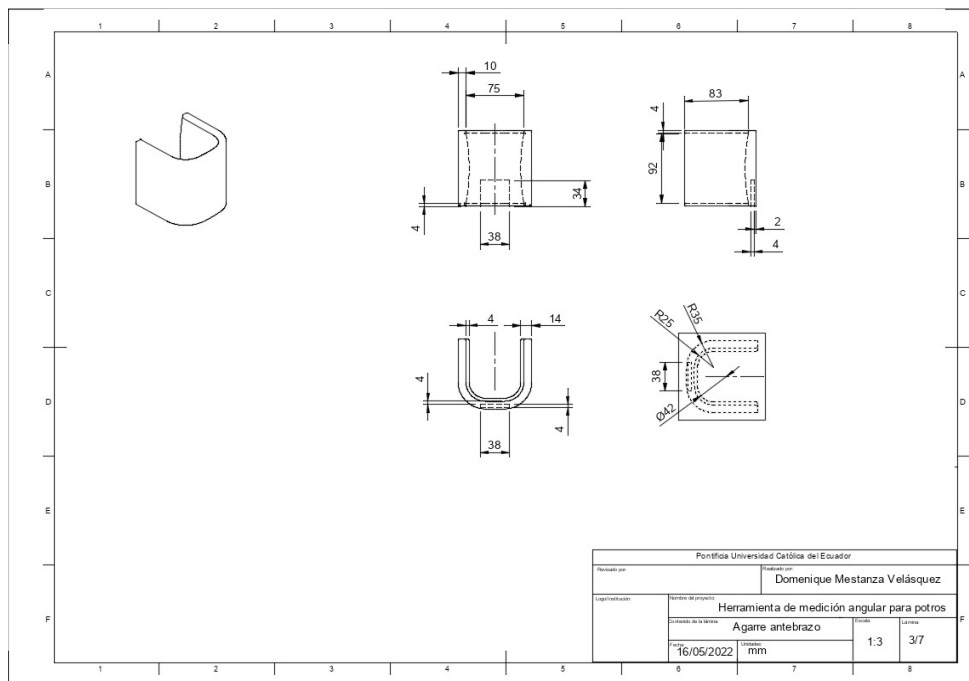
Planos técnicos del agarre superior.



Nota. Medidas en mm, vista isométrica, lateral derecho, superior, inferior, frontal de la herramienta.

Figura 32

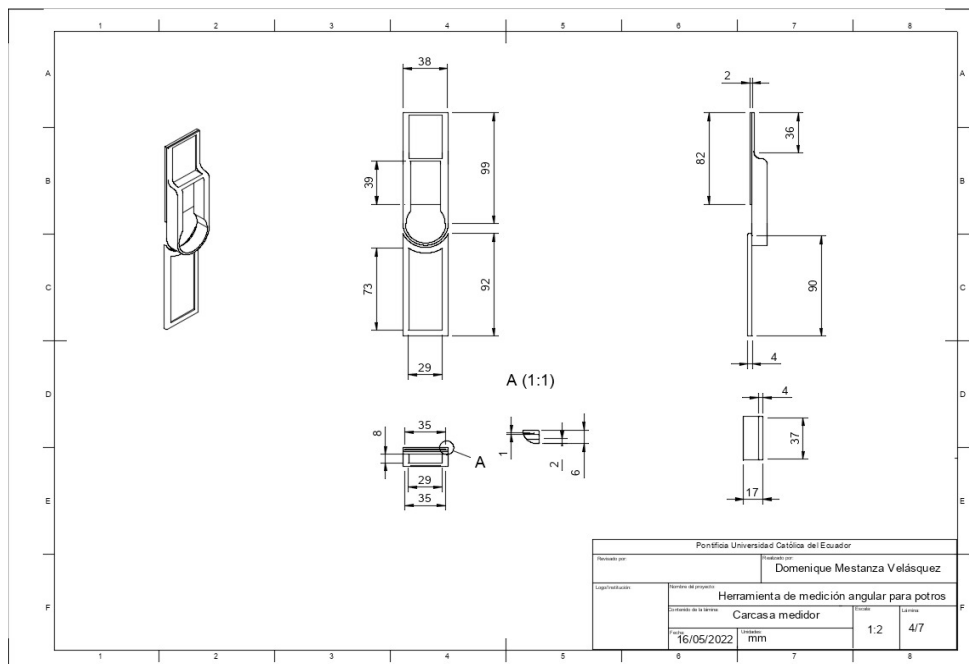
Planos técnicos del agarre inferior.



Nota. Medidas en mm, vista isométrica, lateral derecho, superior, inferior, frontal de la herramienta.

Figura 33

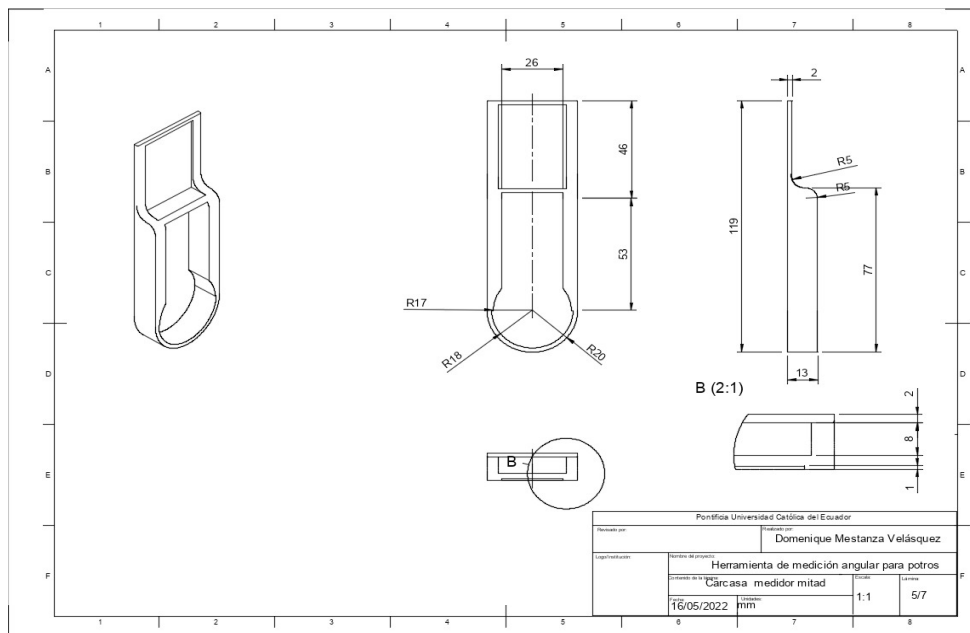
Planos técnicos generales de la carcasa del medidor.



Nota. Medidas en mm, vista isométrica, lateral derecho, superior, inferior, frontal de la herramienta.

Figura 34

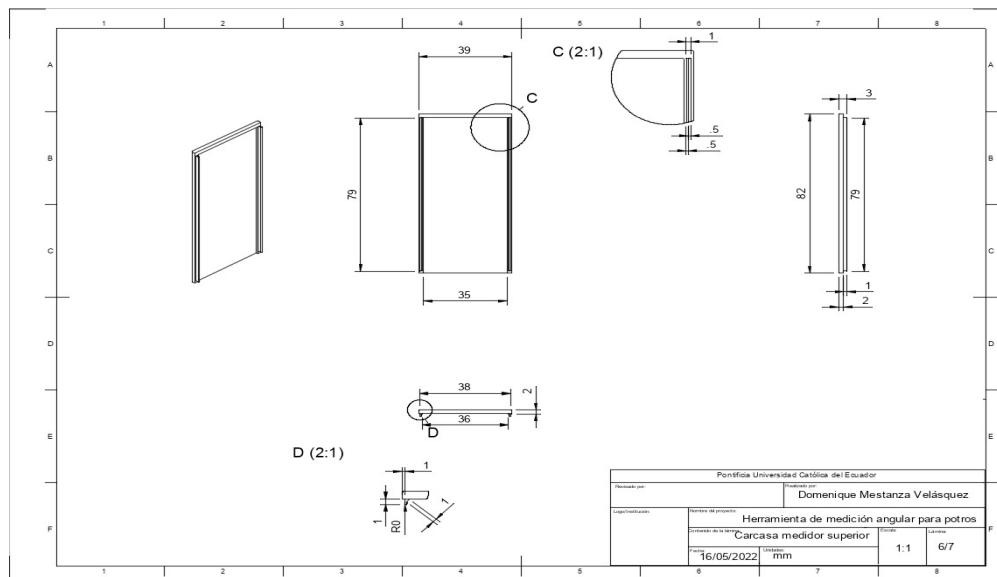
Planos técnicos de la carcasa del medidor parte media



Nota. Medidas en mm, vista isométrica, lateral derecho, superior, inferior, frontal de la herramienta.

Figura 35

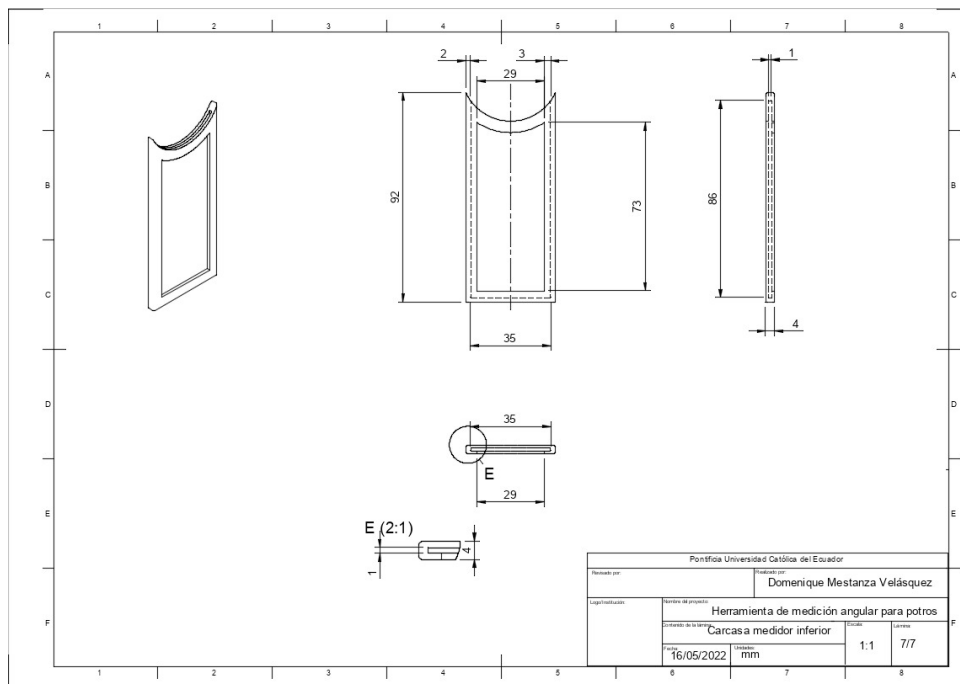
Planos técnicos de la carcasa del medidor parte superior



Nota. Medidas en mm, vista isométrica, lateral derecho, superior, inferior, frontal de la herramienta.

Figura 36

Planos técnicos de la carcasa del medidor parte inferior



Nota. Medidas en mm, vista isométrica, lateral derecho, superior, inferior, frontal de la herramienta.

A continuación, se muestran los prototipos creados a partir de los planos técnicos realizados y presentados anteriormente. Los planos técnicos muestran las medidas generales del prototipo, así como las medidas específicas de cada parte. Los prototipos se realizaron con impresión 3D en distintos materiales. Las partes blancas son impresas en TPU y el soporte negro es impreso en ABS negro.

Prototipo elaborado

En las siguientes figuras se observan el prototipo ya impreso, en la Figura 37 la vista frontal, en la Figura 38 la vista posterior y en la Figura 39 el ensamble del sujetador con la carcasa y el medidor. Adicionalmente, en el anexo IX se encuentra un video explicativo de ensamblaje de la pieza.

Figura 37

Prototipo físico, vista frontal



Nota. Se sitúa al objeto en un contexto similar al que se enfrentará posteriormente.

Figura 38

Prototipo físico, vista posterior



Nota. Entendimiento del funcionamiento de los agarres en las extremidades del potro.

Figura 39

Ensamble del sujetador superior con la carcasa y el medidor



Nota. De izquierda a derecha se muestra el proceso de ensamblaje de las partes del prototipo. A la izquierda se visualiza la ranura que contemplan los agarres para introducir el medidor. En el medio se muestra que ambas partes tienen la misma forma para verificar que es posible su ensamble a presión. A la derecha se encuentran ambas partes ensambladas. Por las características de relleno del 30% en trama cruzada se evita el desgaste de la ranura, garantizando que se mantenga fijo el acople. Al entrar a presión, no se sale el acople en el caso de sufrir una patada de caballo o caída brusca, como se muestra en la simulación. Además, el agarre se suelta antes de la extremidad del potro que el acople del agarre.

Producción

En el software Maya se realiza el modelado 3D de las extremidades del potro y se exporta al software Fusion 360 para sacar las medidas correspondientes. Luego se procede a trazar los bocetos de la herramienta con las dimensiones adecuadas, y seguidamente, hacer el modelado en Fusion 360 e iniciar la impresión con el filamento seleccionado (ABS o TPU, según corresponda), una vez impresas las piezas se procede a ensamblar la herramienta (ver anexo IX).

Cabe resaltar que la producción de la herramienta se llevó a cabo usando la fabricación aditiva, razón por la cual, se puede modificar las medidas de la herramienta, para casos extremos, en los cuales el potro tenga medidas por debajo de los percentiles. En la Tabla 11 se presentan los percentiles y las modificaciones que se pueden realizar.

Tabla 11

Medidas de los potros y el porcentaje de modificación

Zona	Percentil	Reducción	Percentil	Reducción	Percentil	Reducción
	10		30		50	
Antebrazo	19	5%	22	5%	25	0%
Rodilla	21	5%	24	5%	27	0%
Baja rodilla	11	5%	14	5%	17	0%
Caña	9	5%	12	5%	15	0%
Alto rodilla	5	5%	8	5%	11	0%
Largo antebrazo	21	5%	24	5%	27	0%
Largo caña	13	5%	14	5%	17	0%

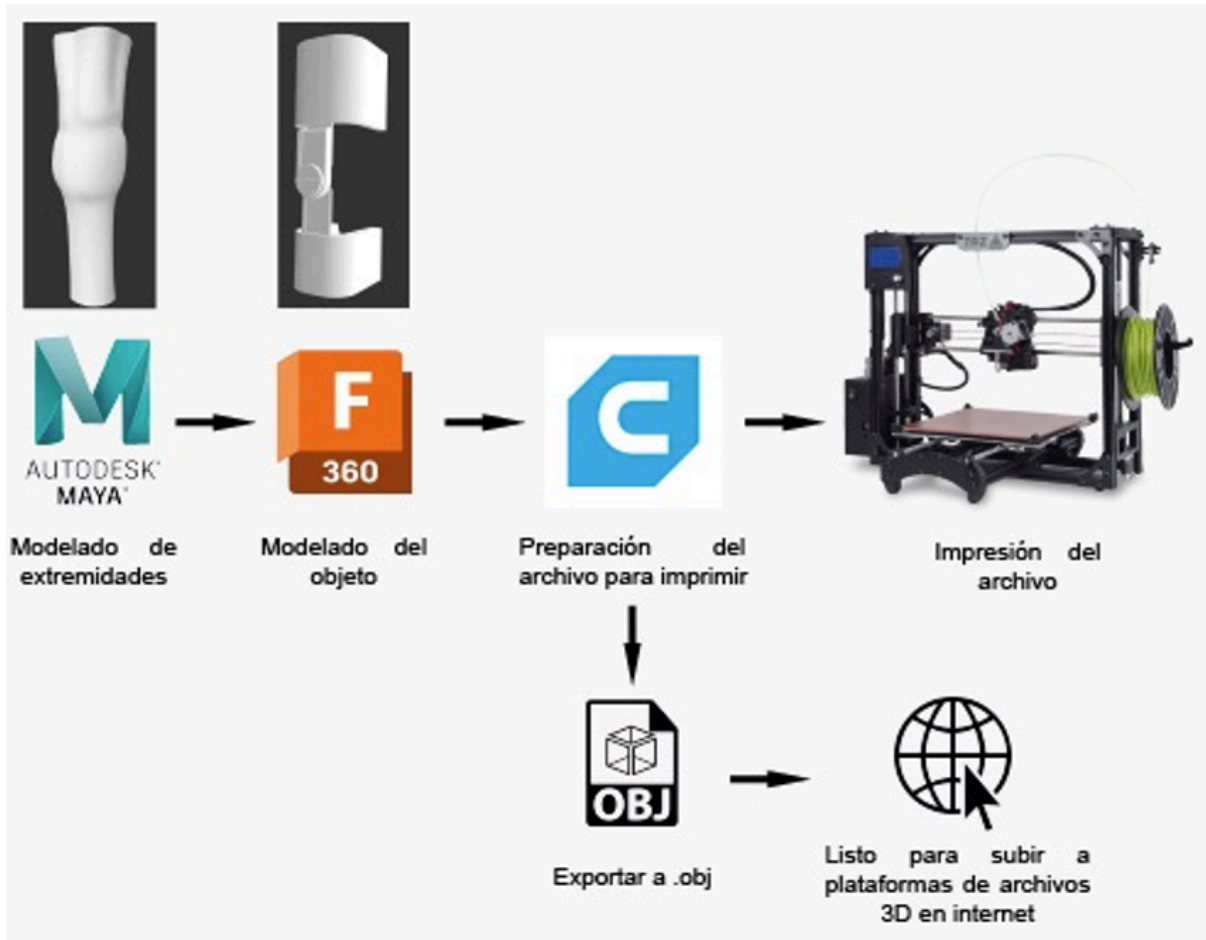
Nota. Los datos se basan en las medidas realizadas en la valoración de los potros tomados para el estudio, con el cálculo correspondiente para sacar los percentiles debajo de 50.

Este tipo de producción usando tecnologías 4.0 permite a un producto tener crecimiento exponencial, esto es, una vez que se dispone de los modelos digitales validados, se puede imprimir la herramienta en impresoras 3D que se encuentren en otros lugares, ciudades, y seguir escalando a nivel nacional, regional e internacional. Se entiende por este proceso que el proyecto forma parte de los “Bits & atoms” y de la industria 4.0. Las plataformas en las que se encuentran modelados digitales 3D para la comercialización son TurboSquid, Cults 3D, Sketchf Fab (De Gaspar Simón, 2018).

A continuación, en la Figura 40 se presenta gráficamente el proceso de creación del prototipo y en la Figura 41 el modelo en 3D.

Figura 40

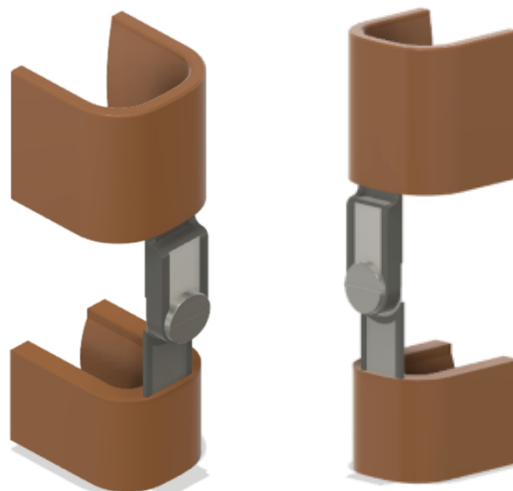
Proceso de creación del prototipo



Nota. Explicación del proceso de creación del modelado de la extremidad del potro y del modelado del prototipo. Se muestran los programas utilizados hasta llegar a la impresión 3D.

Figura 41

Modelo 3D



Nota. A la izquierda, vista isométrica del objeto. A la derecha, vista general del modelado. Se usa el color marrón para identificar en el modelado las partes que son del material TPU y las de color negro, identifican el material ABS.

Adicionalmente, en la Figura 42 se presenta el acople de la herramienta en la extremidad del potro.

Figura 42

Visualización del objeto colocado en la extremidad del potro



Nota. Los colores de la extremidad del potro sirven para identificar sus partes, empezando desde arriba: antebrazo, rodilla, caña.

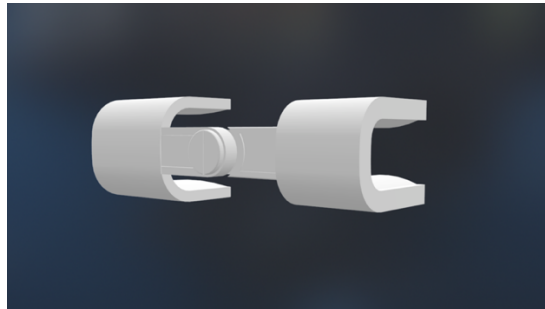
La herramienta mejora las opciones existentes actualmente, porque se acopla a las extremidades del animal, garantiza precisión en la medida porque se usa el medidor digital, y al usar solo el material necesario para cada parte se evita el desperdicio de filamento, por lo cual se gasta menos. Además, el tramado usado en el relleno del 30% está pensado para evitar el desgaste de las piezas de agarre y se puede reemplazar solo una pieza y no cambiar todo el producto por uno nuevo. Ofrecen mejoras en la producción, en base a la optimización de recursos en los procesos, ya que solo se requieren pasos sencillos para ensamblar la herramienta, también, su fabricación contempla materia prima reciclable, garantizando la sustentabilidad y evitando el impacto ambiental.

Al utilizar el concepto de Industria 4.0 se puede producir la herramienta a menor precio y garantizando la calidad de la herramienta. Además, se optimiza la obsolescencia

programada, porque si una pieza sufre un daño, se la puede reemplazar por una nueva, sin ser necesario la compra de la herramienta completa, ya que se pueden contactar con la empresa para que le proporcione el archivo digital solo de la pieza y se lo produzca individualmente. El modelo en 3D final se muestra en la Figura 43.

Figura 43

Modelo final en 3D

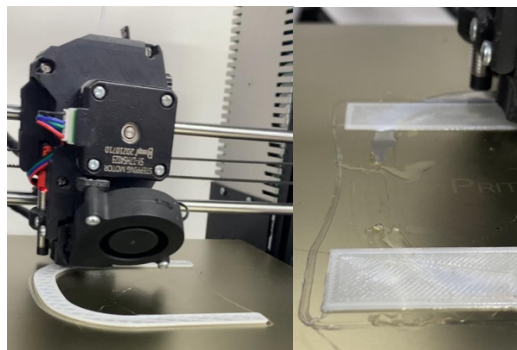


Nota. Previsualización del modelo con extensión *.stl*

En la Figura 44, se presenta un paso de la fabricación aditiva en el proceso de construcción de la herramienta y en la Figura 45 se visualiza la impresión final de la misma.

Figura 44

Fabricación aditiva



Nota. Las piezas se imprimen por separado por el uso de los distintos materiales.

Figura 45

Visualización de la impresión final



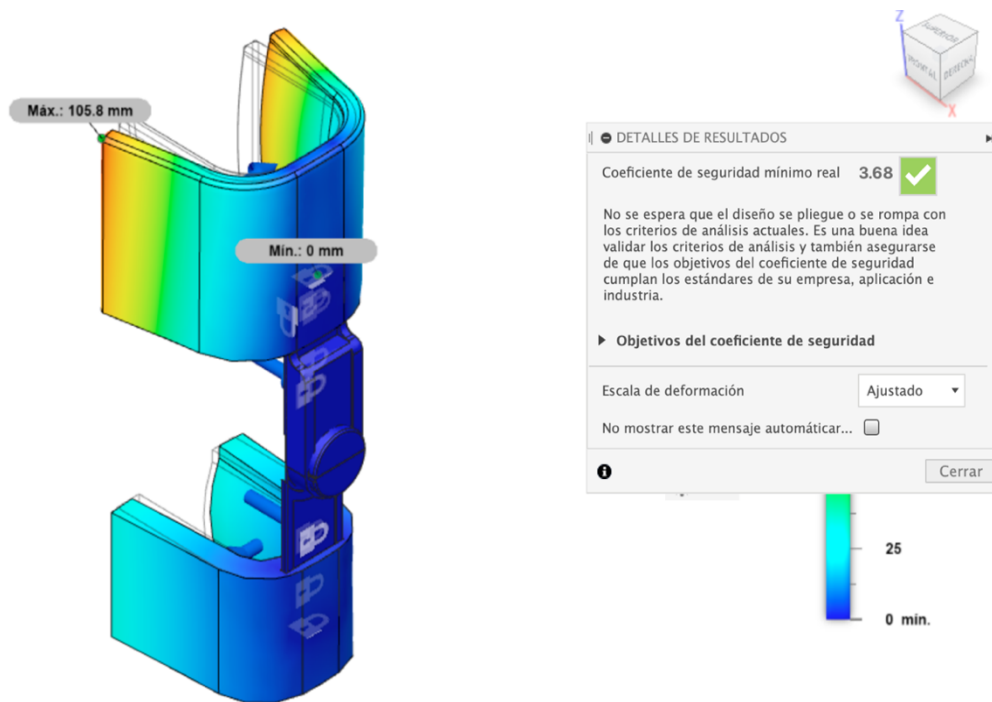
Nota. Se implementa el uso de molde de la pata del potro, modelado en 3D en Fusion 360.

Validación y comprobaciones

La validación del prototipo se hace con la simulación que proporciona el programa Fusion 360 para comprobar que el grosor de las piezas es el ideal, evitando que se rompa y permita una flexibilidad adecuada para los distintos grosores de las extremidades de los potros. Se define que se debe abrir máximo hasta 5 mm de ancho para ponerlo y retirarlo sin causar molestias al animal, ver Figura 46. Además, se comprueba que haya el espesor adecuado (14mm) para que resista todo el procedimiento y el medidor se mantenga estable y en su lugar.

Figura 46

Simulación por software

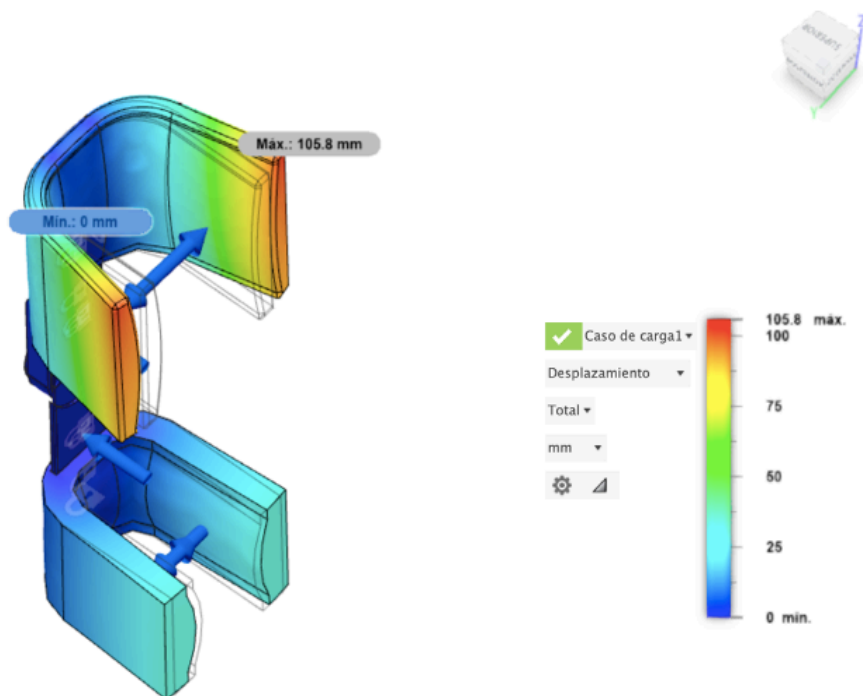


Nota. Para la simulación se usan los materiales reales, se calcula la fuerza que ejerce el potro y se realizan los cálculos a través de una fórmula.

En las Figuras de la 47 a la 52 se presenta la simulación de las diferentes tolerancias del objeto.

Figura 47

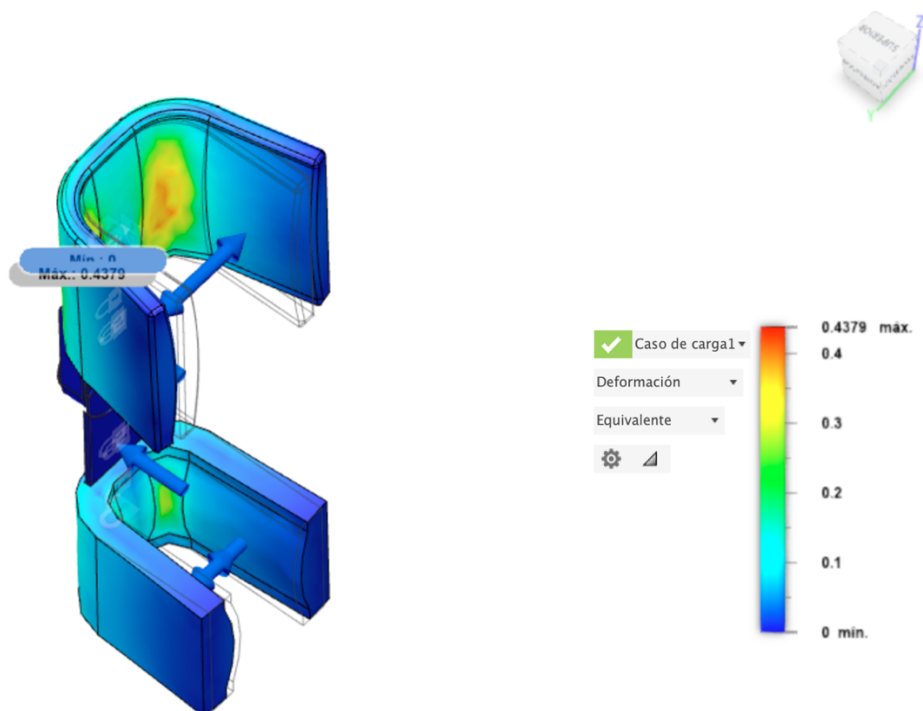
Simulación de la tolerancia del objeto en caso de desplazamiento de los agarres



Nota. El color rojo es el punto máximo donde el agarre se desplaza, mientras que el azul dónde existe el mínimo desplazamiento.

Figura 48

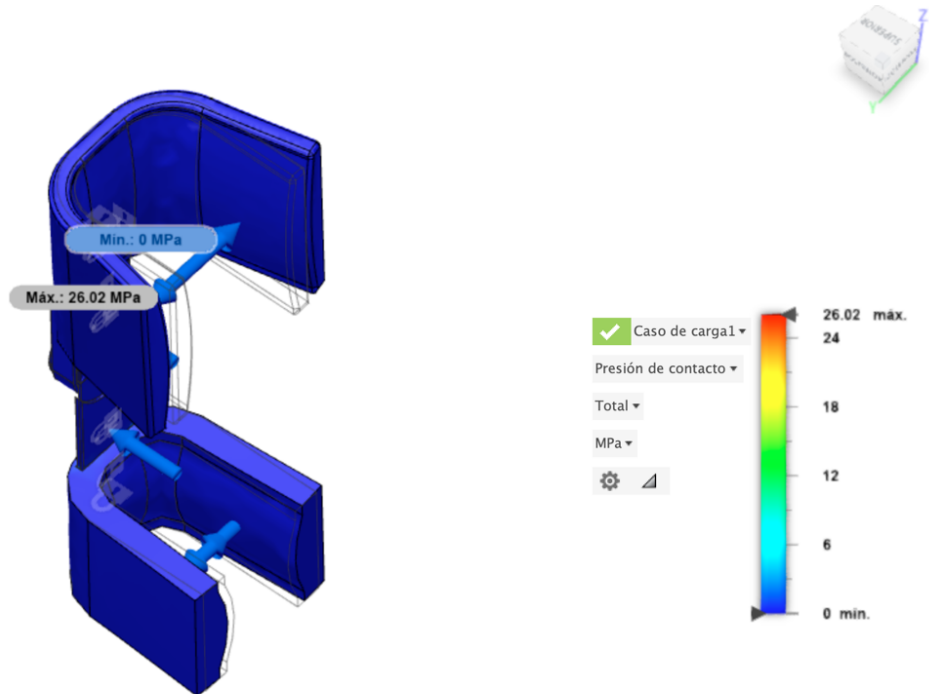
Simulación de la tolerancia del objeto en caso de deformación de los agarres



Nota. El color rojo se muestra en la pieza como el punto donde existe una mayor deformación, mientras que los colores verde, celeste y azul muestran donde la deformación es mínima.

Figura 49

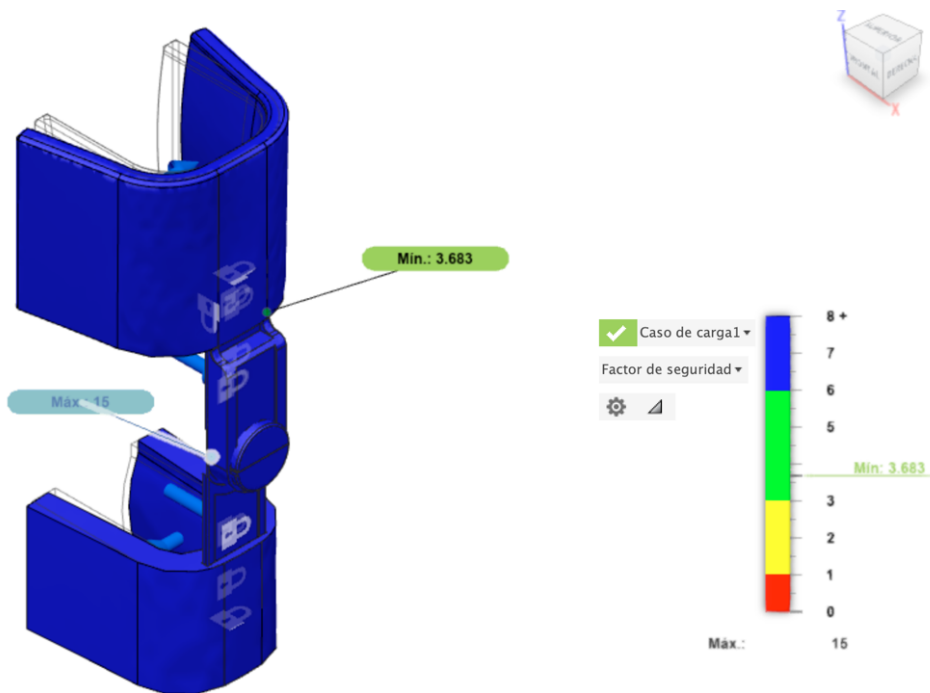
Simulación de la tolerancia del objeto en caso de presión de contacto de los agarres



Nota. La pieza se muestra totalmente con color azul, lo que significa que hay un mínimo de desplazamiento de la pieza al tener presión de contacto.

Figura 50

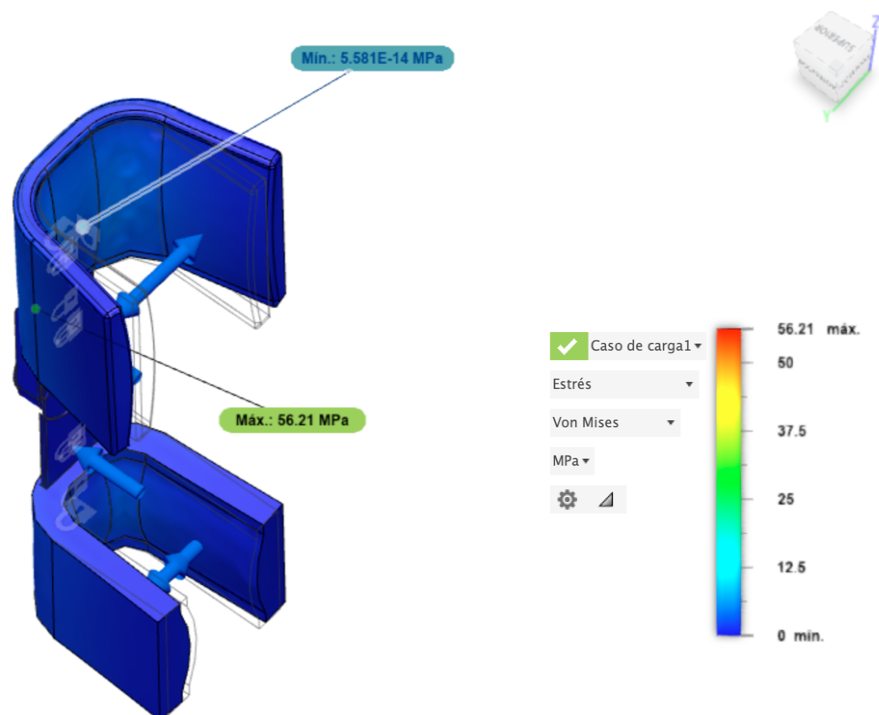
Simulación de la tolerancia del objeto en caso de factor de seguridad de los agarres



Nota. El objeto se muestra en azul, significa que se encuentra dentro del rango de seguridad para que no suceda ningún quiebre.

Figura 51

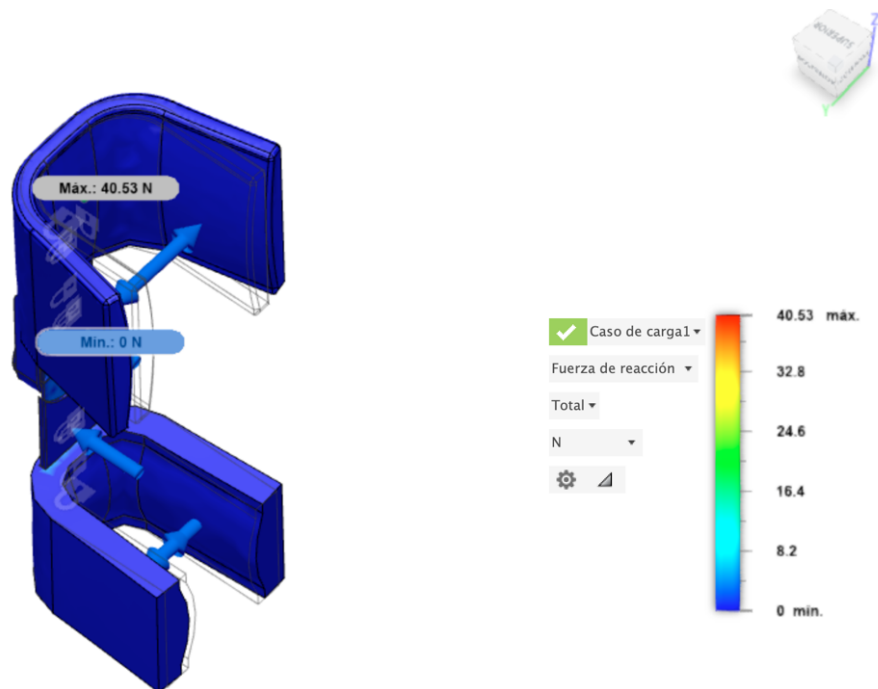
Simulación de la tolerancia del objeto en caso de estrés de los agarres



Nota. El objeto se muestra enteramente azul, lo que significa que al someter los agarres a estrés, el producto no colapsa.

Figura 52

Simulación de la tolerancia del objeto en caso de fuerza de reacción de los agarres



Nota. El objeto se encuentra en el mínimo de fuerza que realiza para mantener la forma en caso de que se someta a una fuerza de reacción.

Los siguientes datos permiten identificar la fuerza que ejerce la extremidad del potro. Para el cálculo se usa la fórmula (uno) $P=F/A$. En los cuales P es la fuerza total, F es la cantidad de peso en N que ejerce la extremidad, A es el área total que tiene contacto. Para determinar F se usa la fórmula dos: $P.T * 9,8N = N$, P.T significa el peso total del animal.

1. $P = 646,8 \text{ N} / 0,0050793 \text{ m}^2 = 127,3 \text{ Pa}$
2. $66\text{kg} * 9,8\text{N} = 646,8 \text{ N}$

Se hace una segunda comprobación con el herrero y con los potros, para esta validación se observa detenidamente la actividad que realiza el experto para determinar la angulación que tiene el potro. El video de la simulación se encuentra en el anexo VI. Se valida el tiempo que requiere toda la actividad desde que se tiene contacto con el animal

hasta que se lo deja suelto. Se recogen comentarios que hace el experto y otros visualizados como diseñadora desde la observación participante y durante el desarrollo de la actividad.

Las Figuras 53 y 54 corresponden a la actividad realizada por el herrero con el primer potro mientras que las Figuras 55 a la 57 son realizadas con el otro ejemplar. Depende del carácter del animal se necesitan más o menos pasos, por ejemplo, en las siguientes situaciones, en la primera el herrero no necesita tranquilizar al animal, pero en la segunda si es necesario hacerlo, cabe indicar que no depende de la herramienta, sino de cada animal, pero no afecta al uso de la herramienta.

Figura 53

Herrero empezando con el uso de la herramienta



Nota. Se hace una secuencia de uso mediante video grabado durante la actividad que se encuentra en el anexo VII <https://youtu.be/quKL7uWwslQ>

Figura 54

Herrero colocando la herramienta en la extremidad del potro



Nota. El herrero identifica cómo usar el objeto sin indicaciones previas en el sujeto de estudio primero.

Figura 55

El experto tranquiliza al animal antes de colocar la herramienta



Nota. Segundo sujeto de estudio. El potro se siente asustado por lo que se requiere un paso previo (tranquilizarlo) antes de colocar la herramienta.

Figura 56

El experto intenta colocar el objeto en el potro



Nota. El sujeto de estudio se encuentra inquieto antes de dejar que se le coloque la herramienta.

Figura 57

Familiarización del potro con el objeto



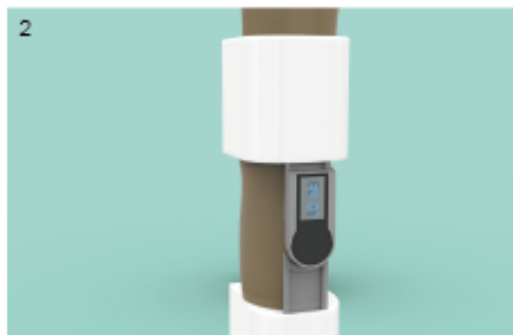
Nota. La medición se realiza en la pesebrera mientras el potro se alimenta y así, facilitar la tarea al herrero para obtener la medida.

Visualización y comunicación del proyecto final

Finalmente, se realiza la visualización del objeto mediante renders, desde diferentes perspectivas, que se muestran en la Figura 58 y en la Figura 59 la visualización de la herramienta en el contexto real.

Figura 58*Renders del prototipo*

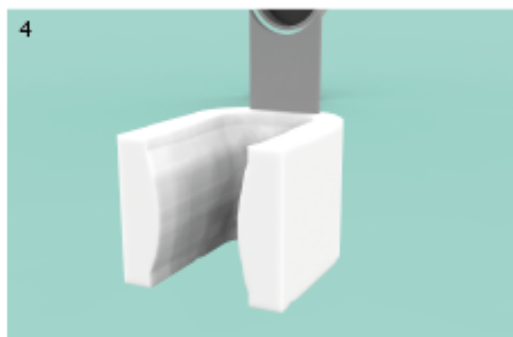
1 Vista general en simulación de uso. Se visualiza el objeto y la extremidad del potro.



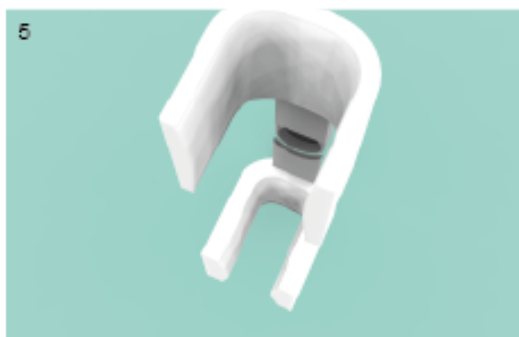
2 Vista ampliada del objeto colocado en la extremidad del potro.



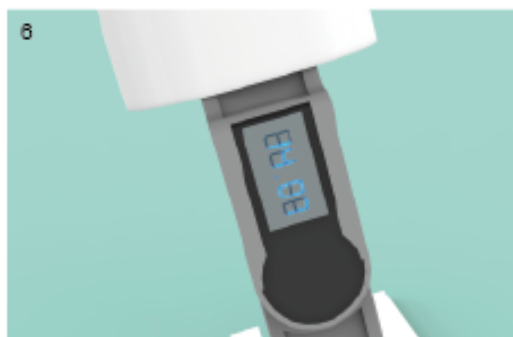
3 Vista posterior a detalle del uso de la herramienta.



4 Vista posterior a detalle del agarre inferior. Se visualizan las paredes convexas para mejor ajuste a la morfología de la extremidad.



5 Vista en perspectiva superior de la herramienta. Se visualizan los grosores de cada pieza blanca.



6 Vista a detalle del visor digital del medidor angular. Los números y colores son referenciales.

Nota. Los colores son referenciales con propósito de mejorar la visualización del render.

Figura 59*Visualización de la herramienta en contexto*



Nota. Simulación del ambiente en el cual se emplea la herramienta y del entorno natural del potrero.

El diseño de la herramienta consta de cinco piezas para simplificar la producción y amenorar los costes, asimismo cuenta con acoples por presión, lo que permite una correcta sujeción de las piezas y mantener el costo de producción, además no se necesita un proceso de postproducción para colocar tornillos. Se recomienda lijar las esquinas de la herramienta para evitar posibles lesiones en la piel del caballo.

Análisis de Costos

En el análisis de costos se contemplan dos posibles vías para fabricar el producto. La primera es realizar las impresiones en una empresa especializada en impresión 3D y la segunda es comprando los materiales y realizarlo por cuenta propia. La descripción de los costos se muestra en la Tabla 12 para el caso de una empresa especializada y en la Tabla 13 para la impresión por cuenta propia, incluyendo el valor de la impresora 3D.

Tabla 12

Costo de la producción del prototipo en una empresa especializada

Inversión Empresa Especializada				
Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total	
Medidor angular	1	\$ 19,93	\$	19,93
Envío	1	\$ 8,00	\$	8,00
Horas de impresión TPU	22	\$ 2,50	\$	55,00

Horas de impresión ABS	0.5	\$	2,00	\$	1,00
Mano de obra diseñador	1	\$	40,00	\$	40,00
Total de Inversiones					\$123,93

Nota. El costo total es de \$123,93 dólares americanos para realizar el prototipo completo y funcional.

Tabla 13

Costo de la producción del prototipo con máquina propia

Inversión Máquina Propia				
Descripción	Cantidad		Valor Unitario	Valor Total
Impresora 3D	1	\$	200,00	\$ 200,00
TPU	1	\$	30,00	\$ 30,00
ABS	1	\$	20,00	\$ 20,00
Medidor angular	1	\$	19,93	\$ 19,93
Envío	1	\$	8,00	\$ 8,00
Mano de obra diseñador	1	\$	60,00	\$ 60,00
Total de Inversiones				\$ 337,93

Nota. El costo total de la segunda opción es de \$337,93 asumiendo que se debe comprar una impresora 3D y este valor puede variar dependiendo el modelo de la máquina, pero si el usuario ya cuenta con su maquinaria se debe restar los \$200, quedando en un costo total de \$137,93 por la fabricación del prototipo y con material sobrante de cada rollo. El TPU se gasta un cuarto del rollo de 1 kg y del ABS se usa un décimo del rollo de 1 kg.

En ambos casos se debe tomar en cuenta que el medidor digital puede variar el precio al adquirir el modelo con luz LED o al comprar al por mayor.

Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

Siguiendo la metodología propuesta por Bernd Löbach si fue posible desarrollar la herramienta para la medición angular de las extremidades de los potros de 0 a 2 meses, que posibilita al herrero determinar el tratamiento adecuado para corregir la deformación

angular de las extremidades de los caballos de forma temprana, para que tengan una mejor calidad de vida, así como, incorporarse al trabajo productivo o deportivo.

La herramienta diseñada y desarrollada aporta valor a la actividad del herrero, al permitir obtener la medida de la deformación angular de las extremidades del potro de forma más precisa minimizando las fallas, también reduce el tiempo al emplear dos o tres minutos en la colocada y lectura, en comparación con las herramientas adaptadas usadas actualmente, en las cuales incluso, interviene la habilidad del herrero. La apreciación del herrero en base a la actividad se la puede ver en el video del anexo X.

La herramienta diseñada y desarrollada cumple con los requerimientos definidos, como son: uso de la herramienta es intuitivo, no requiere mayor tiempo de entendimiento, es portable adecuada a la naturaleza donde se desarrolla esta actividad, fácil de usar en el hábitat de los caballos y sin afectar el estado de ánimo del animal, es resistente a golpes y durable, sin afectación de los factores climáticos. Cabe recalcar, que los materiales son amigables con el animal y no causan molestias al usarse, también ayudan a que la actividad sea realizada de forma ágil y se eliminan pasos previos y posteriores necesarios con otros instrumentos, como se puede visualizar en el video de validación del prototipo, donde se muestran las condiciones reales.

Para la producción de la herramienta se requieren procesos mínimos y se utilizó tecnología de punta como es la fabricación aditiva, que facilita su fabricación y comercialización en el Ecuador, así como, en otros países, manteniendo su diseño y características por ser elaborada con materiales de impresión 3D, fáciles de conseguir nacional e internacionalmente. Adicionalmente, al sufrir algún daño en sus piezas pueden ser reemplazadas rápidamente, sin necesidad de cambiar todo el producto, no necesita maquinaria especializada, los materiales son reciclables y, por consiguiente, es sustentable y amigable con el medio ambiente.

El costo estimado para la producción de la herramienta es relativamente bajo considerando el precio de los potros, el tratamiento e insumos veterinarios, más aun

tomando en cuenta, que es una herramienta para el herrero que la utilizará ilimitadamente en los potros que presenten esta condición.

Recomendaciones

En la fase investigativa se recomienda entender a profundidad las necesidades del herrero, realizar preguntas, solicitar explicación detallada de todos los pasos que realiza, incluso, realizar la actividad uno mismo e involucrarse en el proceso. Además, se recomienda que se conozca a los animales, su carácter, sus hábitos y se establezca una relación de confianza y obtener una visión global del contexto: potro, hábitat y herrero. También, es importante conversar sobre los animales con los palafreneros o cuidadores, para conocer más de estos animales, tratarlos adecuadamente y entender su forma de vida, trabajo y deporte, así como el medio en el cual se desenvuelven.

En la fase de análisis, las herramientas utilizadas aportaron positivamente al proyecto, en el caso de producir la herramienta para su comercialización se deben incluir otras subfases de análisis de comercio.

En el proceso de bocetación recomiendo que se usen todas las ideas para después unir propuestas que contemplen varios aspectos funcionales. Para las maquetas es importante usar materiales similares a los que se plantea emplear en el prototipo para entender el funcionamiento y conocer las características. También, es necesario medir repetidas veces las extremidades de los potros para asegurarse que las medidas sean correctas.

Para el desarrollo del prototipo se recomienda hacer pruebas de material previas para confirmar que cumplen con los requerimientos necesarios y su funcionalidad sea la adecuada para realizar la actividad. Recomiendo usar el TPU por sus características flexibles, que ayudan a que el potro se sienta cómodo porque se amolda a su morfología. Por otro lado, en la medición de los potros con el objeto, flexionar las rodillas, para que el agarre superior pueda salir del antebrazo sin problema y evitando daños en la herramienta. Por esto, recomiendo que el agarre superior no entre a presión para evitar lesiones en el

animal y daños en la herramienta. Para el medidor angular se sugiere utilizar la versión con luz LED para facilitar la lectura en espacios con poca luminosidad y que el centro de giro sea más firme. Finalmente, se recomienda usar una caja de cartón de un mm de grosor que tenga como mínimo las medidas de 10 x 12 x 30 cm.

Anexos

Anexo I. Técnicas de medida

En un estudio colombiano del año (2012) se encontró que los expertos en equinos realizan “técnicas zoométricas” para realizar análisis de la morfología de las patas de estos animales, sin embargo, los mismos autores concluyen que esta técnica no permite tener resultados certero en comparación con la fotogrametría, que resulta ser un “0.24% más precisa con los resultados” (Salazar et al.,2012, p, xx). Para esta última se necesita preparar un terreno plano que permita sacar 3 fotografías y procesarlas con un software específico para obtener datos (Salazar, D., Vélez, J., Zapata, H., & Rendón, A. 2012).




Otros estudios refieren que para estos procesos de medición en equinos es pertinente el uso de las radiografías mediante equipos de Rayos X para sacar las medidas de las extremidades de los animales. En este método el experto del equipo mantiene un entorno cuidado, en el cual el caballo se debe encontrar inmóvil por un cierto tiempo hasta que el instrumento capture la imagen. Después, se imprime la imagen en un papel especial para revisarlo con el herrero. Se deben trazar líneas de inicio a fin de las articulaciones y determinar el valor de la angulación (*radiografía digital* (s. f.))


Por otro lado, algunos expertos veterinarios en España han optado por usar la fotografía para determinar las angulaciones de las extremidades de los animales. Para este método se necesita una cámara de buena calidad y un software especializado para trazar ángulos y sacar medidas. Para este procedimiento se necesita que el caballo esté inmóvil en un lugar amplio, se debe situar la cámara a la altura de los nudos del caballo a una distancia adecuada y sacar la fotografía. Finalmente se importa la imagen a un computador para trazar las líneas de medición y determinar las longitudes. (*Desviación angular-Valgus*. (s. f.). Jc Farrier.)

Igualmente, en España Diego Tarrat (2020) usa otro método más específico que el fotográfico, como es el caso del Sensor LiDAR. El sensor funciona con 16 luces láser para examinar el entorno en 360. Además, tiene que ser estabilizado en una superficie plana

donde se pueda leer la superficie del animal. Se necesita el programa CloudCompare que se oferta con la tecnología de medición por sensores y para la evaluación y procesamiento de las medidas zoométricas, que se centran en medir la distancia de un punto a otro (Tarrat, 2020).

Anexo II. Instrumentos para análisis tipológico

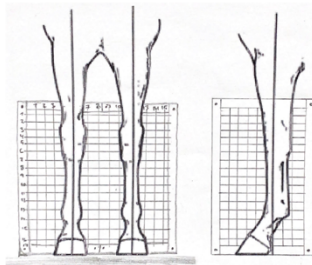
Instrumento	Características	Usabilidad	Problemáticas
 https://www.a3bs.com/ec/goniometro-isom-plastico-360%BA-15-cm-1009013-w50183-baseline-12-1002,p_906_6329.html	<p>Goniómetro</p> <p>Aparato en forma de semicírculo o círculo graduado en 180 o 360</p> <p>Mide ángulos entre dos objetos</p>	<p>Se lo coloca sobre la extremidad del caballo para determinar si los huesos se encuentran alineados o tienen angulación</p>	<p>Inexactitud</p> <p>Fragilidad</p>
 https://www.ortechology.com/es/products/vet/leonardo-dr-nano.html	<p>Rayos X</p> <p>Genera radiación alta</p> <p>Portátil</p> <p>Realiza imágenes de los huesos</p>	<p>Se realizan imágenes de cualquier parte del cuerpo para visualizar la posición de los huesos</p>	<p>Inexactitud</p> <p>Dificultad para transportar</p> <p>Requiere de personal especializado</p> <p>alta radiación</p> <p>Dependen de electricidad</p>
 https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRM	<p>Radiografía</p> <p>Mediante la imagen y un software se trazan líneas para determinar los ángulos</p>	<p>La radiografía permite visualizar los huesos a analizar</p> <p>Se trazan líneas para conocer la posición de los huesos</p>	<p>Inexactitud</p> <p>Contar con un software especial</p> <p>Tiempo</p> <p>Computarizado</p> <p>Dependen de electricidad</p>

ZfhZNpQLdSAI83sdw AqNJNEHb- TfPpfZug&usqp=CAU			
 http://www.jcfarrier.com/casos-practicos/15-desviacion-angular-valgus/	<p>Fotografía</p> <p>Mediante un software se trazan líneas para determinar los ángulos</p>	<p>En la fotografía se visualiza la posición de las extremidades</p> <p>Se trazan líneas en la mitad de las extremidades</p> <p>Medir las extremidades y conocer si existe alguna angulación</p>	<p>Inexactitud</p> <p>Depende de otros dispositivos</p> <p>Computarizado</p> <p>Software especializado</p> <p>Toma mucho tiempo</p> <p>Dependen de electricidad</p>

Además, del análisis de esta problemática se desprende que es totalmente factible diseñar un instrumento que se adapte a las extremidades del caballo y a la mano del herrero, y disminuir la mortalidad de los caballos con deformidades angulares, y más aún evitar el sacrificio de estos animales nobles, alineados y contribuyendo con el objetivo 3 de desarrollo sostenible, que fomenta la salud y bienestar, así como con el ODS 15, provida de ecosistemas terrestres.

Anexo III. Mini malla somatográfica

Basada en el 635, la idea de la mini malla somatográfica



Transformación de la idea basada en el protector de las patas de los caballos

Anexo VII. Validación prototipo

El video de la validación del prototipo se encuentra en el siguiente enlace

<https://youtu.be/quKL7uWwslQ>

Anexo VIII. Render orbitativo

En el siguiente enlace se accede al render orbitativo

<https://youtu.be/z3cdDEIFhSI>

Anexo IX. Ensamblaje

El video para ensamblar la herramienta se encuentra en el siguiente enlace

<https://youtu.be/IQBHw9djVhM>

Anexo X. Valoración herrero

Enlace al video en el que el herrero da su punto de vista sobre el uso de la herramienta

<https://youtu.be/chICENYNxWg>

Anexo XI. Limpieza de la herramienta

El video donde se demuestra el proceso de asepsia de la herramienta se encuentra en el siguiente enlace:

<https://youtu.be/uWYEe0BHULI>

Referencias Bibliográficas

3D Printer Filament. (2022). SUNLU Official Online Store. Recuperado 20 de mayo de 2022, de <https://www.sunlu.com/collections/3d-printer-filament>

Amazon.com: General Tools 822- Regla digital buscadora de ángulos, 5 pulgadas : Herramientas y Mejoras del Hogar. (2016). Amazon. Recuperado 3 de mayo de 2022, de https://www.amazon.com/-/es/dp/B00563TM32?ref=ppx_yo2ov_dt_b_product_details&th=1

Arias, V., Arias, B., & Moretin, R. (2008). Terapia Asistida Por Caballos : Nueva propuesta de clasificación , programas para personas con discapacidad intelectual y buenas prácticas. Siglo Cero. Revista Española Sobre Discapacidad Intelectual, 39(226), 18–30.

[http://riberdis.cedd.net/bitstream/handle/11181/3742/Terapia asistida por caballos.pdf?sequence=1&rd=003143926588051](http://riberdis.cedd.net/bitstream/handle/11181/3742/Terapia%20asistida%20por%20caballos.pdf?sequence=1&rd=003143926588051)

Bobadilla, M. (2021). Bernd Löbach. Scribd. Recuperado 22 de noviembre de 2021, de <https://es.scribd.com/doc/227273442/Bernd-Lobach>

Cádiz, V. (2020, 23 enero). ¿Por qué los caballos necesitan herraduras? - Veterinario Cádiz. Veterinario Cádiz - Plaza de España. Recuperado 20 de enero de 2022, de <https://clinicaveterinariacadiz.com/por-que-los-caballos-necesitan-herraduras/>

Colaboradores de Wikipedia. (2021, 22 octubre). Herradura. Wikipedia, la enciclopedia libre. Recuperado 20 de enero de 2022, de <https://es.wikipedia.org/wiki/Herradura>

de Souza, M., & Novales, M. (2004). El Aplomo Del Caballo. Revista Ceres, 41(294), 251–274. [file:///C:/Users/HP/Desktop/VETERINARIA/QUINTO SEMESTRE/Equina/El aplomo del Caballo.pdf](file:///C:/Users/HP/Desktop/VETERINARIA/QUINTO%20SEMESTRE/Equina/El%20aplomo%20del%20Caballo.pdf)

De Gaspar Simón, I., Rojo Salvador, C., Pérez Díaz, C., Sanz Dueñas, J., Sánchez González, P., Llorca Martín, C., ... & Portero Fuentes, M. (2018). Virtualización e impresión 3D de modelos anatómicos aplicados a la docencia en anatomía y cirugía veterinaria II. ISO 690

- Design Thinking en Español. (s. f.). Design Thinking en Español. Recuperado 4 de noviembre de 2021, de <https://www.designthinking.es/inicio/index.php>
- Deraga, D. (2007). El caballo y el deporte. *Estudios Del Hombre*, 23, 193–209.
- Estrella, R. A., Nayeli, C., Sevilla, A., Ramírez, D., & Daniel, O. (4 C.E.). Manejo de la ruptura irreparable del tendón flexor digital profundo en equi - nos por medio de un herraje ortopédico. *E Cucba*, julio-dí(8), 29–32.
- Espín, M. (2011). ANÁLISIS DE LA ERGONOMÍA DE CONCEPCIÓN Y SU APLICACIÓN AL DESARROLLO DE PRODUCTOS. Repositorio Puce, Repositorio PUCE. <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/5251/T-PUCE-5477.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Euroinnova Business School. (2022, 26 abril). *Qué hace un veterinario ecuestre*. <https://www.euroinnova.ec/uf1522-herrados-terapeuticos-en-equinos#herrado-terapeacutecutico>
- FEDE. (2022, marzo). *BASES TECNICAS II CONCURSO HIPICO OFICIAL*. https://www.fede.ec/Disciplinas/Adiestramiento/Bases/BASES_II_CHON_ADIESTRAMIENTO_2022.pdf
- Forado, L. (2021). *La visión del caballo*. Lily Forado. Recuperado 3 de mayo de 2022, de <https://lilyforado.com/la-vision-del-caballo/>
- Franky, J. (2015). *El Acto de Diseñar... entre otras quijotadas* (1st ed.). Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Franco Ayala, M., & Oliver, J. (2015). Enfermedades de los potros neonatos y su epidemiología: Una revisión. *Revista Médica Veterinaria*, 29, 91–105.
- Fruto, J. (2010). Deformidades angulares en potros. *EstremaduraPRE*, 7.
- Herramientas de diseño. (s. f.). Dialnet. Recuperado 22 de noviembre de 2021, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=140084>
- Jackson, P. F. (2012). Diagnóstico diferencial de la ataxia en el caballo. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 6(2), 73-82–82. <https://doi.org/10.5209/RCCV.40084>

- López, J. V. (s. f.). ¿Qué es la ergonomía de concepción? Ergoteca. Recuperado 4 de noviembre de 1999, de <http://ergoteca.blogspot.com/2007/10/que-es-la-ergonoma-de-concepcin.html>
- López, J. (2018). Revisión de la Etiología, Diagnóstico, Tratamiento y Causas de la desviación angular Windswept en potros. USFQ.
- Perez Palao, E. (2019). La domesticación del caballo (*Equus ferus caballus*). In Universidad de Alacant.
- Perurena, L. (s. f.). ACIMED. ECIMED. Recuperado 22 de noviembre de 2021, de <http://www.acimed.sld.cu/index.php/acimed/article/view/405/306>
- Quesada Sanz, F. (2005). El gobierno del caballo montado en la antigüedad clásica con especial referencia al caso de Iberia. Bocados, espuelas y la cuestión de la silla de montar, estribos y herraduras. *Gladius*, XXV(1), 97–150.
<https://doi.org/10.3989/gladius.2005.26>
- R. (s. f.). Diseño de Producto - Milton y Rodgers. Scribd. Recuperado 22 de noviembre de 2021, de <https://es.scribd.com/document/520507511/Diseno-de-Producto-Milton-y-Rodgers>
- Rae.org . Diccionario de la real academia española. Recuperado el 12 de septiembre de 2021 de: <https://dle.rae.es/esencia>
- Riesgos Ergonómicos. (2018, 10 agosto). UNP. Recuperado 22 de noviembre de 2021, de https://unlp.edu.ar/seguridad_higiene/riesgos-ergonomicos-8677
- Salazar, D., Vélez, J., Zapata, H., & Rendón, A. (2012). *Aplicación de técnicas fotogramétricas para el estudio morfométrico en caballos criollos colombianos*.
<http://190.15.17.25/vetzootec/downloads/v6n1a07.pdf>
- Sánchez, M. (2009). Morfogénesis del Objeto de Uso. Colombia: DiseñoLA. Recuperado el 12 de septiembre de 2021 de: <https://fddocuments.ec/document/morfogenesis-del-objeto-de-uso.html>.
- Saravia, M. (2006). Ergonomía de concepción. Su aplicación al diseño y otros procesos proyectuales. *Bogotá: Editorial Pontificia Universidad Javeriana*.

SISTEMA ERGONOMICO Y FACTORES DETERMINANTES DE LA ERGONOMIA. (s.

f.). VirtualNet. Recuperado 22 de noviembre de 2021, de

<http://virtualnet2.umb.edu.co/virtualnet/archivos/open.php/388/mod2/pdf/ergonomia.pdf>

Vega, R. (2019). Desviaciones Angulares y su C corrección en el Potrillo Sangre Pura de Carrera. Universidad Nacional de Río Negro.

von Arcken Cancino, B. (2011). Interacción entre humanos y animales. Revista Universidad de La Salle, 0(54), 149–159.

Wingfield, J. Philippe Starck | About. STARCK Site web oficial. Recuperado el 12 de septiembre de 2021 de: <https://www.starck.com/about>.