

DISEÑO Y VALIDACIÓN DE UN EQUIPO ERGONÓMICO PARA ADMINISTRACIÓN PARENTERAL EN CUYES ADULTOS

DESIGN AND VALIDATION OF ERGONOMIC EQUIPMENT FOR PARENTERAL ADMINISTRATION IN ADULT GUINEA PIGS

RESUMEN

El objetivo del estudio fue diseñar y validar un equipo ergonómico adaptado al comportamiento de los cuyes (*Cavia porcellus*) para facilitar la administración de medicamentos por vía parenteral. Se elaboraron tres prototipos con tableros de fibra de densidad media, mediante corte láser y con la metodología *Design Thinking*. El prototipo final se evaluó en 20 cuyes mediante un diseño de muestras emparejadas. Los tiempos de administración con y sin el equipo se compararon mediante la prueba *t* de *Student* para muestras relacionadas. También se encuestó a 40 criadores para conocer su nivel de aceptación del equipo y su intención de compra. El tiempo promedio de administración se redujo de $197,90 \pm 17,07$ s sin el equipo a $119,35 \pm 10,69$ s con el equipo, lo que representa una disminución del 39,7 % ($p < 0,001$). El tamaño del efecto fue elevado (d de Cohen = 3,31). Durante la manipulación, se observó una menor resistencia por parte de los cuyes. El equipo redujo el tiempo necesario para el procedimiento y permitió que lo realizara un solo operario. Sin embargo, al no contar con indicadores de comportamiento validados ni con mediciones fisiológicas, no es posible concluir que su uso haya reducido el estrés de los animales.

Palabras clave: bienestar animal; *Cavia porcellus*; ergonomía; manejo sanitario; tecnología apropiada.

ABSTRACT

The study aimed to design and validate an ergonomic device adapted to the behavior of guinea pigs (*Cavia porcellus*) to facilitate the administration of parenteral medications. Three prototypes were fabricated from medium-density fiberboard using laser cutting and the Design Thinking methodology. The final prototype was evaluated on 20 guinea pigs using a paired-sample design. Administration times with and without the device were compared using a paired-samples t-test. Additionally, 40 breeders were surveyed to assess their acceptance of the device and their purchase intention. The average administration time decreased from 197.90 ± 17.07 s without the device to 119.35 ± 10.69 s with the device, representing a 39.7% reduction ($p < 0.001$). The effect size was large (Cohen's $d = 3.31$). Reduced resistance from the guinea pigs was observed during handling. The device shortened the time required for the procedure and enabled a single operator to perform it. However, due to the lack of validated behavioral indicators or physiological measurements, it is not possible to conclude that its use reduced animal stress.

Keywords: animal welfare; *Cavia porcellus*; ergonomics; health management; appropriate technology.

INTRODUCCIÓN

La crianza de cuyes (*Cavia porcellus*) es una actividad pecuaria estratégica en la región andina por su contribución a la seguridad alimentaria, su eficiencia en el aprovechamiento de los recursos y su integración en sistemas productivos familiares y comerciales (Fowler et al., 2025). En el Perú, esta especie constituye una fuente sostenible

de proteína animal comercial (Fowler et al., 2025; Pinchao-Pinchao et al., 2024, Donoso et al., 2025). Enfrenta una demanda creciente en los mercados locales y regionales, lo que exige consolidar sistemas productivos más eficientes y sostenibles (Dávila-Solarte et al., 2018). Este proceso requiere avances en nutrición y genética, así como la optimización de los procedimientos sanitarios mediante la incorporación de criterios de bienestar animal y de eficiencia operativa (Caballa et al., 2023).

Desde la perspectiva etológica, una manipulación inadecuada durante los procedimientos sanitarios puede activar el eje hipotálamo-hipófisis-adrenal, la principal vía neuroendocrina por la que el organismo responde al estrés mediante la liberación de glucocorticoides (Herman et al., 2016; Sheng et al., 2021). La exposición repetida o intensa a estímulos estresantes puede alterar la respuesta inmunitaria y afectar negativamente el crecimiento, la reproducción y la eficiencia general del sistema productivo (Odeón y Romera, 2017; Tsigos et al., 2020). En consecuencia, las prácticas de manejo deben orientarse a reducir la duración de la manipulación, la exposición a estímulos aversivos y el riesgo de lesiones tanto para los animales como para los operarios (Meyer et al., 2025).

Las investigaciones realizadas en sistemas pecuarios tecnificados resaltan la necesidad de integrar la innovación tecnológica y el bienestar animal como componentes complementarios de la sostenibilidad productiva (Papakonstantinou et al., 2024; Kaur et al., 2023). Ante esta realidad, las características del ambiente visual, auditivo y físico influyen de manera determinante en la respuesta conductual de los animales durante su manejo (Grandin, 2021; Willson et al., 2021). La iluminación homogénea, la reducción de ruidos, la eliminación de distracciones visuales y el uso de superficies antideslizantes pueden disminuir la reactividad y facilitar el desplazamiento y la manipulación de los

animales (Grandin, 2021). Estas adaptaciones no necesariamente requieren tecnologías complejas, sino diseños estructurales acordes con la percepción sensorial y con los patrones naturales de comportamiento de cada especie.

El cuy es una especie presa con elevada sensibilidad a los estímulos ambientales y una marcada tendencia a buscar refugio ante situaciones percibidas como amenazantes (Foote, 2024). La conducta de refugio constituye una respuesta adaptativa que le permite disminuir la exposición al entorno y reducir la percepción de riesgo (Cameron et al., 2025). Cuando los sistemas productivos y los procedimientos sanitarios no consideran estos patrones conductuales, pueden presentarse respuestas defensivas, como vocalización, inmovilidad, huida o resistencia motora, durante la manipulación (Dávila-Solarte et al., 2018). Estas respuestas dificultan la ejecución de los procedimientos sanitarios, prolongan el tiempo de intervención y pueden incrementar la probabilidad de lesiones.

En la crianza de cuyes, la administración de productos por vía parenteral se realiza habitualmente mediante sujeción manual directa. Este procedimiento puede requerir la participación de más de un operario para inmovilizar al animal y realizar la aplicación, lo que incrementa el uso de mano de obra y el tiempo dedicado a la atención sanitaria (Stuart & Robinson, 2015). Además, los movimientos repentinos del cuy pueden dificultar la localización del sitio de aplicación y comprometer la seguridad del procedimiento. Por consiguiente, resulta necesario desarrollar alternativas que faciliten una contención estable, reduzcan los movimientos bruscos y permitan administrar de manera más eficiente la vía parenteral.

La evidencia científica demuestra que el diseño del entorno físico y de los equipos de manejo puede modificar la respuesta conductual de los animales. Las estructuras que favorecen un desplazamiento fluido y reducen los estímulos visuales o físicos aversivos pueden disminuir la resistencia durante los procedimientos sanitarios y mejorar la seguridad del operario (Grandin, 2021). En el caso del cuy, la incorporación de una estructura cerrada semejante a un refugio, una inclinación controlada y una superficie antideslizante podrían favorecer la contención pasiva sin recurrir a una sujeción manual intensa. Sin embargo, cualquier posible efecto sobre el bienestar animal debe comprobarse mediante indicadores conductuales y fisiológicos, dado su carácter multidimensional (Broom & Broom, 2011).

Desde la perspectiva de la innovación pecuaria, la integración entre el bienestar animal y la eficiencia productiva constituye un principio estratégico. La ganadería de precisión promueve el desarrollo de soluciones tecnológicas destinadas a optimizar el uso de los recursos humanos, reducir los tiempos de intervención y mejorar la seguridad en el manejo sin comprometer la integridad del animal (Garro y Tallarico, 2022). Por ello, el diseño centrado en el usuario permite desarrollar dispositivos funcionales adaptados a las condiciones reales de los productores, priorizando la simplicidad estructural, el bajo costo y la facilidad de implementación.

La metodología Design Thinking ofrece un proceso sistemático para identificar las necesidades del usuario, definir el problema, generar alternativas y desarrollar prototipos que puedan evaluarse progresivamente en condiciones reales. Sus etapas de empatizar, definir, idear, prototipar y evaluar favorecen la incorporación de las necesidades del productor en el diseño de una innovación (García y Celina, 2024; Reinoso et al., 2023). La

aplicación de esta metodología en el ámbito agropecuario puede contribuir al desarrollo de soluciones accesibles y funcionales, especialmente en sistemas productivos familiares y semitecnificados.

La ergonomía también proporciona fundamentos para el diseño de herramientas y equipos adaptados a las características físicas y cognitivas del trabajador. Esta disciplina integra conocimientos de fisiología, psicología, antropometría y biomecánica con el propósito de mejorar la seguridad, la comodidad y la eficiencia durante la ejecución de una tarea (Guillén, 2006; Sausa y Durán, 2019). Uno de sus principios fundamentales consiste en adaptar el trabajo al usuario mediante la identificación y la reducción de los factores de riesgo que pueden ocasionar lesiones o disminuir el desempeño operativo (Valencia et al., 2022; Velásquez et al., 2019). En el manejo sanitario de cuyes, la aplicación de estos principios podría facilitar la administración parenteral y reducir el esfuerzo físico requerido por el operario.

A pesar de la importancia de los procedimientos sanitarios en la producción de cuyes, la disponibilidad de equipos diseñados específicamente para facilitar la administración parenteral, considerando el comportamiento de refugio de la especie, sigue siendo limitada. La integración del comportamiento animal, la ergonomía y el diseño centrado en el usuario constituye, por tanto, una alternativa para desarrollar soluciones estructurales que mejoren la eficiencia del manejo. En este sentido, el presente estudio se orientó al desarrollo de un equipo de bajo costo elaborado mediante fabricación digital y evaluado en condiciones reales de uso.

El objetivo del estudio fue diseñar y validar experimentalmente un equipo ergonómico basado en el comportamiento de refugio del cuy y determinar su efecto sobre el tiempo requerido para la administración de productos por vía parenteral. Adicionalmente, se realizó una evaluación preliminar de los costos de fabricación, de la aceptación del equipo y de la intención de compra de los criadores.

MÉTODO

El estudio tuvo un enfoque aplicado, con un diseño experimental de tipo cuantitativo y descriptivo-comparativo, orientado al desarrollo y la validación de un equipo ergonómico para la administración de productos por vía parenteral en cuyes. El procedimiento metodológico se estructuró en dos fases: el diseño del prototipo y la validación experimental.

El proceso de diseño se llevó a cabo mediante la metodología *Design Thinking*, que consta de cinco etapas: empatizar, definir, idear, prototipar y evaluar. En la etapa de empatía, se identificaron los problemas del manejo sanitario tradicional mediante la observación directa y entrevistas a criadores. Posteriormente, se definieron los requerimientos funcionales del equipo, priorizando la estabilidad del animal, la reducción de movimientos bruscos y la facilidad de uso para un solo usuario. Se diseñaron tres prototipos utilizando *Medium Density Fibreboard* (MDF) y tecnología de corte láser en el laboratorio de fabricación digital FAB LAB Huando. Las mejoras graduales incluyeron la implementación de una inclinación estructural aproximada de 20 grados, ajustes dimensionales y una superficie con agarre para evitar deslizamientos.

La validación experimental se realizó mediante un diseño de muestras emparejadas con 20 cuyes, evaluando el tiempo requerido para la aplicación de tratamientos inyectables

en dos condiciones: método tradicional (sujeción manual) y uso del equipo ergonómico para cuyes. Se utilizó el cronometraje directo en segundos como variable principal de medición. El procedimiento se ejecutó en condiciones de manejo similares en ambas modalidades para controlar las variables externas.

La evaluación se realizó con 20 cuyes adultos, sometidos a dos procedimientos de administración parenteral: sujeción manual tradicional y contención mediante el prototipo ergonómico 3. En el método tradicional, el animal fue colocado sobre una superficie estable y sujeta manualmente para limitar sus movimientos y exponer el sitio de aplicación. En el segundo procedimiento, el cuy fue introducido en el prototipo tipo refugio, dejando expuesta la región posterior para administrar el producto. En ambas condiciones se emplearon el mismo producto, la misma dosis, la misma vía de administración, el mismo sitio anatómico, el mismo tipo de jeringa y el mismo calibre de aguja. El tiempo se registró individualmente en segundos mediante un cronómetro digital; la medición se inició con la captura y manipulación del animal y finalizó inmediatamente después de retirar la aguja y liberarlo. La preparación previa de la jeringa no se incluyó en el tiempo registrado. Los procedimientos se efectuaron bajo condiciones similares de horario, ambiente y manejo, con el propósito de reducir la influencia de factores externos en los resultados.

Para el análisis estadístico se empleó la prueba t de Student para muestras relacionadas, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Se calcularon estadísticos descriptivos (media, desviación estándar y coeficiente de variación) y el tamaño del efecto mediante el “d de Cohen”, complementado con la corrección de Hedges para estimar la magnitud práctica del impacto.

Adicionalmente, se realizó una evaluación económica del prototipo, considerando los costos de producción, el precio de venta proyectado y el margen de beneficio. Se aplicó una encuesta estructurada a 40 criadores para determinar la aceptación, la intención de compra y el rango de precios percibido.

La encuesta permitió recoger información sobre la frecuencia de aplicación de productos por vía parenteral y sobre las principales dificultades del proceso, tales como el estrés generado en los animales, la dificultad de sujeción, el riesgo de lesiones y el tiempo requerido para vacunar al lote completo. También se evaluó la percepción del bienestar animal en el sistema productivo mediante una consulta sobre el nivel de importancia que los criadores le atribuyen. En relación con la aceptación del prototipo, se indagó sobre la disposición a probar una herramienta que facilite la vacunación, reduzca el estrés y permita su manejo por una sola persona. Además, se exploró la intención de compra, condicionada a la demostración de su efectividad y de su facilidad de uso.

Desde el punto de vista comercial, se analizó el rango de precios considerado razonable por los productores (menos de S/. 20; S/. 20–50; S/. 51–100; más de S/. 100), así como los canales preferidos para recibir información sobre nuevos productos (redes sociales, demostraciones prácticas, material impreso, videos en línea o asociaciones de productores).

La información recopilada permitió estimar el nivel de aceptación del prototipo, la intención de compra y el precio percibido como adecuado por el mercado objetivo, e integrarlos en el análisis de rentabilidad y de factibilidad económica del producto.

El procedimiento experimental se desarrolló respetando los principios de bienestar animal, minimizando el tiempo de manipulación y evitando prácticas que generaran daño físico o sufrimiento innecesario.

Comité de ética

El protocolo experimental fue revisado y aprobado por el Instituto de Educación Superior Público “Huando”, antes del inicio de las actividades. La evaluación se realizó respetando los principios de bienestar animal, reduciendo al mínimo el tiempo de manipulación y evitando procedimientos que pudieran causar dolor, lesiones o sufrimiento innecesario. Asimismo, la participación de los criadores en la encuesta fue voluntaria y se realizó con su consentimiento informado, lo que garantizó la confidencialidad de la información proporcionada.

RESULTADOS

A. Diseño y validación de prototipos

Se desarrollaron tres prototipos utilizando tableros de fibra de densidad media (MDF) y tecnología de corte láser en el laboratorio de fabricación digital FAB LAB Huando. Durante el proceso de evaluación se realizaron modificaciones progresivas en la estructura, las dimensiones, la inclinación y la superficie de apoyo de los dispositivos (Figura 1).

Figura 1

Evolución de los tres prototipos del equipo ergonómico



El prototipo 1 presentó una estructura horizontal de 24 cm de largo, 24 cm de ancho y 20 cm de altura. En el prototipo 2 se redujo el ancho de la estructura y se incorporó una base con líneas de agarre. Finalmente, el prototipo 3 incorporó una inclinación estructural aproximada de 20° , una superficie con agarre y una configuración tipo refugio. Debido a estas características, el prototipo 3 fue seleccionado para la evaluación experimental con los 20 cuyes.

En la Figura 2, se presentan los procedimientos de administración parenteral mediante sujeción manual y mediante el prototipo 3. Durante la evaluación, la estructura del dispositivo mantuvo al animal dentro del espacio de contención y permitió exponer la región anatómica destinada a la aplicación del producto.

Figura 2

Administración parenteral mediante sujeción manual y mediante el prototipo



B. Evaluación económica de los prototipos

Los costos unitarios de fabricación variaron entre S/ 24.00 y S/ 24.50, mientras que el precio de venta proyectado fue de S/ 30.00 para los tres prototipos. El beneficio neto disminuyó de S/ 6.00 en el prototipo 1 a S/ 5.50 en el prototipo 3. El mérito económico fluctuó entre 22.45 y 25.00 %, con un promedio de 23.81 ± 1.28 % y una diferencia máxima de 2.55 puntos porcentuales entre los prototipos (Tabla 1).

Tabla 1

Mérito económico de los prototipos

Prototipo	Costo Unitario (S/.)	Precio Venta (S/.)	Beneficio Neto (S/.)	Mérito Económico (%)
P1	24.00	30.00	6.00	25.00
P2	24.20	30.00	5.80	23.97
P3	24.50	30.00	5.50	22.45

C. Tiempo de administración parenteral

El tiempo requerido para la administración parenteral se evaluó en 20 cuyes mediante un diseño de medidas emparejadas. Con la sujeción manual, el tiempo promedio fue de 197.90 ± 17.07 s por animal y el coeficiente de variación fue de 8.62 %. Con el prototipo 3, el tiempo promedio disminuyó a 119.35 ± 10.69 s y el coeficiente de variación fue de 8.96 % (Tabla 2).

Tabla 2

Tiempo de administración parenteral mediante sujeción manual y con el prototipo 3

Método	Media (s)	DE	CV (%)
Sin equipo (tradicional)	197.90	17.07	8.62
Con equipo (Prototipo 3)	119.35	10.69	8.96

La diferencia media entre los procedimientos fue de 78.55 s por animal, equivalente a una reducción del 39.7 % con el uso del prototipo 3. Además, la sujeción manual requirió la participación de dos operarios, mientras que el dispositivo permitió realizar el procedimiento con uno solo.

D. Comparación estadística de los tiempos de administración

La prueba t de Student para muestras relacionadas mostró diferencias estadísticamente significativas entre los tiempos registrados con la sujeción manual y con el prototipo 3 ($t = 14.808$; $gl = 19$; $p < 0.001$). El tamaño estandarizado del efecto para medidas emparejadas fue d_z de Cohen = 3.311. Los resultados del análisis inferencial se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3*Prueba t para muestras relacionadas*

Parámetro	Valor
Diferencia media	78.55 s
t	14.808
gl	19
p	< 0.001

E. Aceptación del mercado

La encuesta aplicada a 40 criadores evidenció: 100 % de interés en conocer el equipo, 95 % de disposición a comprar y un rango de precio aceptado de S/ 20–50. La principal preocupación identificada fue la dificultad de sujeción (62.5 %), seguida del riesgo de lesiones (25 %), lo que respalda la pertinencia del diseño ergonómico. La evidencia indica que la disposición a implementar prácticas orientadas al bienestar animal está fuertemente influida por la percepción de beneficios económicos y de la reducción de riesgos operativos, lo que respalda la factibilidad de incorporar el equipo en los sistemas productivos locales.

DISCUSIÓN

El principal resultado del estudio fue que el uso del equipo ergonómico redujo en 39.7 % el tiempo requerido para la administración parenteral en comparación con la sujeción manual. Esta disminución, equivalente a 78.55 segundos por animal, adquiere relevancia productiva porque el procedimiento pudo realizarse por un solo operario, mientras que el método tradicional requería dos personas. En unidades con numerosos animales, la reducción acumulada del tiempo y de la necesidad de mano de obra podría facilitar el cumplimiento de los programas sanitarios y disminuir la duración de la manipulación. En concordancia con la ganadería de precisión, estos resultados muestran

que una innovación de baja complejidad puede mejorar la eficiencia del manejo sin requerir sistemas tecnológicos sofisticados (Garro y Tallarico, 2022).

El uso del prototipo 3 redujo el tiempo promedio requerido para la administración parenteral de 197.90 ± 17.07 s a 119.35 ± 10.69 s, lo que representa una disminución absoluta de 78.55 s por animal y una reducción relativa del 39.7 %. Además, el procedimiento pasó de requerir dos operarios con sujeción manual a ser ejecutado por uno solo con el equipo. Este resultado tiene relevancia práctica porque, en un lote hipotético de 100 cuyes, la diferencia observada equivaldría a aproximadamente 131 minutos menos de duración acumulada del procedimiento. Si también se considera el número de trabajadores involucrados, el requerimiento estimado de tiempo-persona disminuiría de 659.7 a 198.9 minutos por cada 100 animales. Aunque esta proyección debe confirmarse en condiciones productivas reales, evidencia que el dispositivo podría reducir la demanda de mano de obra y facilitar la ejecución oportuna de los programas sanitarios, especialmente en criaderos familiares y semitecnificados. Estos resultados respaldan la idea de que las innovaciones de bajo costo y adaptadas al contexto productivo pueden mejorar la eficiencia del manejo pecuario sin depender necesariamente de sistemas tecnológicos complejos (Garro y Tallarico, 2022).

La diferencia entre los métodos fue estadísticamente significativa ($t = 14.808$; $gl = 19$; $p < 0.001$) y se acompañó de un tamaño del efecto elevado (d de Cohen = 3.311; g de Hedges = 3.245). En concordancia con Lakens (2013), el reporte conjunto de la significación estadística y del tamaño del efecto permite distinguir si una diferencia posee, además de respaldo estadístico, importancia práctica. En el presente estudio, los valores obtenidos indican que la reducción del tiempo fue considerable en comparación con la

variabilidad intraindividual observada. Sin embargo, debido al uso de un diseño de medidas emparejadas, el valor de d debe interpretarse como un efecto estandarizado de la diferencia dentro de los mismos animales y no como una diferencia entre dos grupos independientes. Asimismo, el tamaño muestral reducido puede generar estimaciones menos precisas de la magnitud del efecto. Por ello, estudios posteriores deberían reportar intervalos de confianza para la diferencia media y el tamaño del efecto, además de verificar la reproducibilidad del resultado en muestras de mayor tamaño y en diferentes condiciones de crianza.

La reducción del tiempo podría explicarse por las características incorporadas progresivamente al prototipo 3: una estructura semejante a un refugio, una inclinación aproximada de 20° y una superficie con líneas de agarre. Estas modificaciones habrían favorecido una contención pasiva y disminuido los desplazamientos repentinos, proporcionando al operario un acceso más estable al sitio de aplicación. Este mecanismo es consistente con el comportamiento del cuy como especie presa, caracterizada por buscar cobertura ante estímulos percibidos como amenazantes (Foote, 2024). Cameron et al. (2025) demostraron que la cobertura visual modifica el comportamiento locomotor de los cuyes, lo que respalda la importancia de incorporar refugio y protección visual en el diseño de equipos destinados a esta especie. Asimismo, Dávila-Solarte et al. (2018) describieron respuestas conductuales vinculadas a las condiciones de manejo y al sistema de producción. En conjunto, estos antecedentes sugieren que la funcionalidad del dispositivo no dependería exclusivamente de la restricción mecánica, sino también de su correspondencia con el repertorio conductual del cuy.

El presente resultado también coincide con el principio según el cual las características visuales, físicas y auditivas de las instalaciones y los equipos influyen en la reactividad de los animales durante su manejo (Grandin, 2021; Willson et al., 2021). La reducción de superficies resbaladizas, de distracciones y de estímulos que dificultan el movimiento puede favorecer una manipulación más fluida y segura. Aunque estos principios han sido estudiados principalmente en especies pecuarias de mayor tamaño, los resultados obtenidos indican que su aplicación puede extenderse, con las adaptaciones correspondientes, al manejo sanitario de los cuyes. Además, el antecedente descrito por Rous (1918), quien desarrolló un dispositivo específico para inmovilizar cuyes durante una inyección intravenosa, muestra que la estabilización física y el acceso adecuado al sitio anatómico son problemas reconocidos desde hace décadas. Sin embargo, la comparación directa con dicho trabajo es limitada debido a las diferencias en la vía de administración, el diseño del dispositivo y las condiciones experimentales.

Las observaciones cualitativas indicaron una menor resistencia conductual durante el uso del equipo. Una contención más estable y una manipulación 78.55 s más breve por animal podrían reducir la duración de la exposición a estímulos potencialmente aversivos. Esta interpretación es congruente con Stuart y Robinson (2015), quienes señalaron que los métodos utilizados para administrar medicamentos pueden modificar la respuesta de los animales y, por tanto, deben refinarse para reducir su carácter aversivo. Sin embargo, el menor tiempo de ejecución no constituye por sí solo una demostración de menor estrés o de mejor bienestar. Meyer et al. (2025) encontraron que las diferencias entre métodos de manipulación no siempre se reflejan de manera consistente en todos los indicadores de bienestar, lo que evidencia la necesidad de integrar diversas mediciones. En el presente estudio no se utilizó una escala conductual validada ni se registraron vocalizaciones,

intentos de escape, inmovilidad, frecuencia cardíaca, temperatura corporal o concentraciones de glucocorticoides. En consecuencia, los resultados permiten concluir que el equipo mejoró la eficiencia operativa y facilitó la contención, pero no permiten afirmar de manera concluyente que redujo el estrés. Esta precisión es necesaria porque el bienestar animal es un fenómeno multidimensional cuya evaluación requiere indicadores conductuales, fisiológicos e integridad física (Broom, 2011).

La evaluación económica aportó evidencia preliminar sobre la posibilidad de adoptar el dispositivo. Los tres prototipos presentaron un mérito económico positivo, con un promedio de 23.81 ± 1.28 %, mientras que el prototipo 3 tuvo un costo unitario de S/ 24.50, un precio proyectado de S/ 30.00, un beneficio neto de S/ 5.50 y un mérito económico de 22.45 %. El precio proyectado se ubicó entre S/ 20 y S/ 50, aceptado por los productores, y el 95 % de los 40 encuestados manifestó su disposición a comprar el equipo. Asimismo, el 62.5 % identificó la dificultad de sujeción como el principal problema y el 25 % señaló el riesgo de lesiones, lo que muestra correspondencia entre la necesidad percibida y la función del prototipo.

Estos resultados coinciden con Danne y Mußhoff (2022), quienes sostienen que la aceptación de prácticas relacionadas con el bienestar animal depende, entre otros factores, de los beneficios productivos y económicos percibidos por los productores. Sin embargo, los datos solo demuestran una aceptación e intención de compra preliminares, no una demanda efectiva. Tampoco permiten afirmar todavía la viabilidad económica en diferentes escalas productivas, pues no se estimaron el ahorro monetario de mano de obra, la vida útil, la frecuencia de reposición ni los costos de limpieza y mantenimiento.

El material empleado también requiere consideración. El tablero de MDF facilitó la fabricación digital y permitió obtener un prototipo de bajo costo; sin embargo, su resistencia a la humedad, a la limpieza frecuente y a los desinfectantes podría condicionar su durabilidad y bioseguridad en condiciones comerciales. La presencia de fluidos o residuos orgánicos durante la administración parenteral exige superficies que puedan limpiarse y desinfectarse entre animales para evitar la contaminación cruzada. Por tanto, futuras versiones deberían evaluar materiales impermeables, no porosos y resistentes a los productos de desinfección, así como mecanismos de ajuste para diferentes pesos y tamaños corporales. Estas mejoras podrían incrementar el costo inicial, pero también prolongar la vida útil y favorecer la adopción sostenida del dispositivo.

Entre las principales limitaciones se encuentran la evaluación de solo 20 cuyes, la realización del ensayo en un único contexto productivo y el uso del tiempo de administración como variable experimental principal. No se informó la distribución de los animales por sexo, edad, peso o categoría productiva, ni se examinó si estas características modificaban la eficacia del dispositivo. Tampoco se detallaron la vía parenteral, el producto administrado, la experiencia del operario ni la aleatorización del orden de aplicación de los métodos. Si todos los animales fueron sometidos primero a la sujeción manual y después al equipo, la experiencia previa, la habituación o el efecto de aprendizaje del operario podrían haber influido parcialmente en los tiempos registrados. Además, la comparación entre un método con dos personas y otro con una sola persona integra simultáneamente los efectos del dispositivo y de la organización del trabajo. Estas condiciones no invalidan la diferencia observada, pero limitan la identificación precisa de los mecanismos responsables.

Por otra parte, la encuesta incluyó a 40 criadores, pero no se describieron el método de selección, las características de sus unidades productivas ni la representatividad de la muestra. En consecuencia, los porcentajes de aceptación no deben generalizarse al conjunto de los productores de cuyes. Se recomienda que futuras investigaciones utilicen un diseño multicéntrico, aumenten el número de animales y de operadores, aleatoricen la secuencia de los procedimientos y comparen las principales vías parenterales. También deberían incorporar escalas conductuales previamente definidas, indicadores fisiológicos de estrés, frecuencia de aplicaciones fallidas, lesiones en animales y en operarios, exactitud de la dosificación, facilidad de limpieza y durabilidad del equipo. Finalmente, un análisis económico basado en el tiempo-persona, la frecuencia anual de uso y la vida útil permitiría establecer el periodo de recuperación de la inversión. Estas evaluaciones determinarán si la mejora operativa observada se mantiene en diferentes sistemas productivos y si se acompaña de beneficios objetivos para el bienestar animal, la bioseguridad y la rentabilidad del criador.

CONCLUSIONES

El equipo ergonómico basado en el comportamiento animal redujo significativamente el tiempo requerido para la administración parenteral en cuyes y permitió que un solo operario lo realizara.

Las observaciones cualitativas sugirieron una menor resistencia durante la manipulación; sin embargo, este resultado debe confirmarse mediante indicadores conductuales validados y mediciones fisiológicas antes de concluir que el dispositivo mejora el bienestar animal.

Los costos de fabricación y la intención de compra observada indican un potencial de adopción preliminar en sistemas familiares y semitecnificados. Se requieren evaluaciones de la durabilidad, la bioseguridad, el ahorro de mano de obra y el desempeño en diversas condiciones productivas.

CONTRIBUCIONES DE AUTORÍA

¹**Mayumi Xiomara Rivera Silupu:** análisis, investigación, metodología y redacción-revisión.

²**Lizbeth Giovanna Culla Gamarra:** análisis, investigación, metodología y redacción-revisión.

³**Marilyn Aurora Buendia Molina:** investigación, redacción-revisión, análisis y edición.

⁴**Aida del Carmen Cordero Ramírez:** investigación, redacción-revisión, análisis y edición.

⁵**Erickson Álvaro Ruiz Figueroa:** Conceptualización, análisis, investigación y redacción-revisión.

⁶**Manuel Timana Sandoval:** Conceptualización, análisis, investigación, metodología, supervisión y redacción.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en la publicación del presente artículo científico.

REFERENCIAS

Broom, D. M. (2011). Bienestar animal: Conceptos, métodos de estudio e indicadores.

Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 24(3), 306–321.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-06902011000300010

Caballa León, R. R., Quintanilla Melgar, D. A., Girón Molina, J. B., & Espinoza Ochoa, T. (2023). Seguridad alimentaria en la Agenda 2030: Una perspectiva de los

- parámetros productivos en crianza de cuyes. *Revista Venezolana de Gerencia*, 28(Especial 9), 685–699. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.28.e9.42>
- Cameron, K. E., Jeon, G. M., Burden, E., & Braid, N. (2025). Influence of visual cover on ramp-climbing behavior in guinea pigs. *Academia Biology*.
<https://doi.org/10.20935/AcadBiol7992>
- Danne, M., & Mußhoff, O. (2022). Farmers’ willingness to accept animal welfare practices: A discrete choice experiment with German pig producers. *German Journal of Agricultural Economics*, 71(1). <https://doi.org/10.30430/gjae.2022.0158>
- Dávila-Solarte, A., Mora-Calvache, C., & Córdoba-Herrera, C. (2018). Caracterización etológica del cuy (*Cavia porcellus*) en sistemas de producción tradicional y tecnificado. *Revista Investigación Pecuaria*, 5(1), 5–15.
<https://doi.org/10.22267/revip.1851.1>
- Donoso, G., Galecio, J. S., Fuentes-Quisaguano, O. G., & Pairis-Garcia, M. (2025). Guinea pig meat production in South America: Reviewing existing practices, welfare challenges, and opportunities. *Animal Welfare*, 34, e29.
<https://doi.org/10.1017/awf.2025.26>
- Foote, A. (2024). Evidence-based approach to recognising and reducing stress in domestic guinea pigs. *The Veterinary Nurse*. <https://doi.org/10.12968/vetn.2024.0029>
- Fowler, H., Faulkner, G., Donoso, G., Fuentes, O., Pairis-Garcia, M., & Rhea, S. (2025). A qualitative study exploring concepts and attitudes of guinea pig producers in rural parishes of Pichincha, Ecuador: The need for a One Health–One Welfare approach

to enhance production practices. *One Health*, 21, 101271.

<https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2025.101271>

García, N., & Celina, M. (2024). Design thinking como método para fomentar la innovación microempresarial en Tunja, Colombia, y Mar del Plata, Argentina. *Tzhoecon*, 16, e3019. <https://doi.org/10.26495/tzh.v16i.3019>

Garro, R., & Tallarico, G. (2022). Ganadería de precisión: Innovaciones tecnológicas que agregan valor a la ganadería. *IDIA* 21, 2(1), 21–27. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/12167>

Grandin, T. (2021). The visual, auditory, and physical environment of livestock handling facilities and its effect on ease of movement of cattle, pigs, and sheep. *Frontiers in Animal Science*, 2, 744207. <https://doi.org/10.3389/fanim.2021.744207>

Guillén, M. (2006). Ergonomía y la relación con los factores de riesgo en salud ocupacional. *Revista Cubana de Enfermería*.

Herman, J. P., McKlveen, J. M., Ghosal, S., Kopp, B., Wulsin, A., Makinson, R., Scheimann, J., & Myers, B. (2016). Regulation of the hypothalamic-pituitary-adrenocortical stress response. *Comprehensive Physiology*, 6(2), 603–621. <https://doi.org/10.1002/cphy.c150015>

Kaur, U., Malacco, V., Bai, H., Price, T., Datta, A., Xin, L., Sen, S., Nawrocki, R. A., Chiu, G., Sundaram, S., Min, B.-C., Daniels, K., White, R., Donkin, S., Brito, L., & Voyles, R. (2023). Invited review: Integration of technologies and systems for precision animal agriculture—A case study on precision dairy farming. *Journal of Animal Science*, 101, skad206. <https://doi.org/10.1093/jas/skad206>

- Lakens, D. (2013). Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: A practical primer for *t*-tests and ANOVAs. *Frontiers in Psychology*, 4, 863. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00863>
- Meyer, N., Gottschalk, R., Jakobi, L., Schönhoff, A.-M., & Touma, C. (2025). Lack of evidence for a consistent differential impact of tail and tunnel handling on welfare markers in laboratory mice. *Scientific Reports*, 15. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-07384-w>
- Odeón, M. M., & Romera, S. A. (2017). Estrés en ganado: Causas y consecuencias. *Revista Veterinaria*, 28(1). https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1669-68402017000100014
- Papakonstantinou, G., Voulgarakis, N., Terzidou, G., Fotos, L., Giamouri, E., & Papatsiros, V. (2024). Precision livestock farming technology: Applications and challenges of animal welfare and climate change. *Agriculture*, 14(4), 620. <https://doi.org/10.3390/agriculture14040620>
- Pinchao-Pinchao, Y., Serna-Cock, L., Osorio-Mora, O., & Tirado, D. F. (2024). Guinea pig breeding and its relation to sustainable food security and sovereignty in South America: Nutrition, health, and production challenges. *CyTA–Journal of Food*, 22(1), 2392886. <https://doi.org/10.1080/19476337.2024.2392886>

- Reinoso, G., Inca, A., Guapi, A., & Mantilla, C. (2023). *Agroinnovación: Design thinking en emprendimientos agropecuarios*. Puerto Madero Editorial Académica.
<https://doi.org/10.55204/pmea.52>
- Rous, P. (1918). A method for the intravenous injection of guinea pigs. *The Journal of Experimental Medicine*, 27(4), 459–462. <https://doi.org/10.1084/jem.27.4.459>
- Sausa, B., & Durán, L. (2019). Ergonomía, concepto y aplicación: Ingenio y conciencia. *Boletín Científico de la Escuela Superior Ciudad Sahagún*, 6(12).
<https://doi.org/10.29057/escs.v6i12.4303>
- Sheng, J. A., Bales, N. J., Myers, S. A., Bautista, A. I., Roueinfar, M., Hale, T. M., & Handa, R. J. (2021). The hypothalamic-pituitary-adrenal axis: Development, programming actions of hormones, and maternal-fetal interactions. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 14, 601939. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2020.601939>
- Stuart, S. A., & Robinson, E. S. J. (2015). Reducing the stress of drug administration: Implications for the 3Rs. *Scientific Reports*, 5, 14288.
<https://doi.org/10.1038/srep14288>
- Tsigos, C., Kyrou, I., Kassi, E., & Chrousos, G. P. (2020). Stress: Endocrine physiology and pathophysiology. En K. R. Feingold et al. (Eds.), *Endotext*. MDText.com.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK278995/>
- Valencia, J., Anchundia Franco, R., Zambrano, K., & Álava, O. (2022). Ergonomía, una prioridad en la salud ocupacional. *Polo del Conocimiento*, 7(9), 2270–2281.
<https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/4692>

Velásquez, C., Caballero, J., & Espinoza, G. (2019). La ergonomía en la prevención de problemas de salud en los trabajadores y su impacto social. *Revista Cubana de Ingeniería*, 10(2). <https://rci.cujae.edu.cu/index.php/rci/article/view/720>

Willson, D. W., Baier, F., & Grandin, T. (2021). An observational field study on the effects of changes in shadow contrasts and noise on cattle movement in a small abattoir. *Meat Science*, 179, 108539. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108539>

Mayumi Xiomara Rivera Silupu¹, **Lizbeth Giovanna Culla Gamarra**², **Marilyn Aurora Buendia Molina**³, **Aida del Carmen Cordero Ramírez**⁴, **Erickson Álvaro Ruiz Figueroa**⁵, **Manuel Timana Sandoval**⁶

¹  **Mayumi Xiomara Rivera Silupu**, correo ✉ mrivera@isthuando.edu.pe, Instituto de Educación Superior Público “Huando”, Lima, Perú.

²  **Lizbeth Giovanna Culla Gamarra**, correo ✉ lculla@isthuando.edu.pe, Instituto de Educación Superior Público “Huando”, Lima, Perú.

³  **Marilyn Aurora Buendia Molina**, correo ✉ marilynbuendia@lamolina.edu.pe, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú

⁴  **Aida del Carmen Cordero Ramírez**, Correo ✉: corderoa@lamolina.edu.pe, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

⁵  **Erickson Álvaro Ruiz Figueroa**, correo ✉ ericksonruizf@lamolina.edu.pe, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

⁶  **Manuel Timana Sandoval**, Correo ✉: mtimana@isthuando.edu.pe, Instituto de Educación Superior Público “Huando”, Lima, Perú.