



Prototipo de sistema para el registro digital de perros mediante reconocimiento de huella nasal

Prototype of a system for digital dog registration using nose print recognition

Protótipo de um sistema para registo digital de cães utilizando reconhecimento de impressões nasais

Lizbeth Estefanía Borja-Madril ^I
e1726686510@uisrael.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0008-4923-4007>

Edison German Vargas-Arellano ^{II}
e1724749120@uisrael.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0006-6401-7647>

Carlos Eduardo Salazar-Guaña ^{III}
csalazar@uisrael.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0008-8105-8955>

Correspondencia: e1726686510@uisrael.edu.ec

Ciencias Técnicas y aplicadas
Artículo de Investigación

*** Recibido:** 12 de abril de 2025 ***Aceptado:** 19 de mayo de 2025 *** Publicado:** 23 de junio de 2025

- I. Universidad Israel, Ecuador.
- II. Universidad Israel, Ecuador.
- III. Universidad Israel, Ecuador.

Resumen

La identificación de perros en Quito presenta desafíos con los métodos tradicionales de identificación dificultando la recuperación de mascotas en caso de pérdidas y el control de poblaciones, el presente artículo propone el diseño de un prototipo de sistema para el registro digital basado en el reconocimiento biométrico de la huella nasal de perros el cual busca determinar la viabilidad técnica y el potencial de esta tecnología para mejorar la gestión y el bienestar animal en la ciudad definiendo requerimientos a partir de encuestas dirigidas a veterinarios, estudiantes de veterinaria, personal de albergues, rescatistas independientes y centros de atención animal, junto a la captura y procesamiento de imágenes nasales para construir un conjunto de datos y se evaluará el desempeño del prototipo en cuanto a precisión y usabilidad, fundamentándose en la problemática del abandono y la sobrepoblación animal, tomando en cuenta la legislación ecuatoriana de bienestar animal, los avances en biometría y visión artificial aplicados a la identificación animal, en el desarrollo de la metodología se empleará un enfoque mixto, combinando la evaluación cuantitativa del prototipo con la recopilación cualitativa de requerimientos de usuarios.

Palabras clave: Reconocimiento Huella Nasal; Registro Digital Mascotas; Bienestar Animal; Quito; Prototipo; Biometría Animal.

Abstract

Dog identification in Quito presents challenges with traditional identification methods, making it difficult to recover lost pets and control populations. This article proposes the design of a prototype system for digital registration based on biometric recognition of dog nose prints. This seeks to determine the technical feasibility and potential of this technology to improve animal management and welfare in the city. Requirements are defined based on surveys addressed to veterinarians, veterinary students, shelter staff, independent rescuers, and animal care centers. The project also includes the capture and processing of nasal images to build a dataset. The prototype's performance will be evaluated in terms of accuracy and usability, based on the problems of animal abandonment and overpopulation, taking into account Ecuadorian animal welfare legislation, advances in biometrics and computer vision applied to animal identification. A mixed approach will be used in the development of the methodology, combining quantitative evaluation of the prototype with qualitative collection of user requirements.

Keywords: Nose Print Recognition; Digital Pet Registry; Animal Welfare; Quito; Prototype; Animal Biometrics.

Resumo

A identificação de cães em Quito apresenta desafios com os métodos tradicionais de identificação, dificultando a recuperação de animais perdidos e o controle da população. Este artigo propõe o projeto de um protótipo de um sistema para o registro digital baseado no reconhecimento biométrico de impressões nasais de cães. O objetivo é determinar a viabilidade técnica e o potencial desta tecnologia para melhorar o manejo e o bem-estar animal na cidade. Os requisitos são definidos com base em pesquisas dirigidas a veterinários, estudantes de veterinária, pessoal de abrigos, socorristas autônomos e centros de cuidados animais. O projeto inclui ainda a captura e o processamento de imagens nasais para a construção de um conjunto de dados. O desempenho do protótipo será avaliado em termos de precisão e usabilidade, com base nos problemas de abandono e sobrepopulação de animais, tendo em conta a legislação equatoriana de bem-estar animal, os avanços na biometria e a visão por computador aplicada à identificação animal. Será utilizada uma abordagem mista no desenvolvimento da metodologia, combinando a avaliação quantitativa do protótipo com a recolha qualitativa dos requisitos do utilizador.

Palavras-chave: Reconhecimento de Impressões Nasais; Registro Digital de Animais de Estimação; Bem-estar Animal; Quito; Protótipo; Biometria Animal.

Introducción

En el contexto urbano contemporáneo, el crecimiento de la población canina ha generado nuevas exigencias en cuanto a su identificación, control sanitario y gestión responsable. La convivencia entre seres humanos y animales de compañía requiere sistemas eficientes que permitan garantizar su bienestar, así como la seguridad y tranquilidad de sus propietarios. Tradicionalmente, la identificación de perros ha dependido de métodos físicos como collares con placas metálicas, tatuajes o microchips, los cuales, aunque útiles, presentan limitaciones relacionadas con la pérdida, manipulación, lectura especializada o falsificación de datos.

En este sentido, la búsqueda de alternativas más eficaces ha llevado a considerar el uso de tecnologías biométricas, las cuales han demostrado ser altamente confiables en la identificación de

individuos por medio de rasgos únicos e irrepetibles. En el caso específico de los caninos, la huella nasal representa un rasgo biométrico que cumple con estos criterios, siendo comparable a las huellas dactilares humanas por su unicidad y permanencia a lo largo del tiempo.

La identificación correcta de perros sigue siendo un reto importante en la sociedad, tradicionalmente se utilizan métodos de identificación, como el collar de placa metálica que contiene información de la mascota, su propietario y en algunos casos el código QR. Sin embargo, estos métodos no siempre son seguros o fáciles de leer para su verificación, complicando la recuperación de mascotas extraviadas, así como el control sanitario y la gestión responsable de la población animal en la ciudad (Lescano, 2021). Por lo anterior, se propone un prototipo digital como una alternativa innovadora mediante el uso de herramientas tecnológicas.

El sistema de reconocimiento biométrico basado en las características nasales del animal ha demostrado ser efectivo para varios propósitos, en relación a esta investigación las huellas nasales de perros se destacan como características altamente distintivas para la identificación individual. Cada animal posee un patrón único y distinto como son las crestas, surcos de su nariz y hocico, similar a las huellas dactilares en humanos (Cihan et al., 2023; Armas, 2024).

Esta singularidad convierte a la huella nasal en un marcador biométrico confiable, permanente en el tiempo y no invasivo, lo que representa una ventaja significativa frente a otros métodos de identificación más tradicionales.

Además, recientes investigaciones han mostrado que el análisis digital de imágenes de la huella nasal, mediante algoritmos de reconocimiento visual, permite no solo su almacenamiento seguro en bases de datos sino también su rápida comparación y validación, facilitando procesos como la identificación de animales perdidos, el registro sanitario y la trazabilidad en programas de control animal. En este contexto, la aplicación de tecnologías de visión computacional e inteligencia artificial abre una nueva posibilidad para la implementación de sistemas automatizados, accesibles desde dispositivos móviles o plataformas web, promoviendo un modelo de gestión más eficiente, ético y sostenible.

Desde esta perspectiva, este enfoque tecnológico no solo responde a una necesidad social emergente, sino que también se alinea con los principios de innovación y transformación digital en el ámbito de la protección y bienestar animal. Por tanto, el desarrollo de un prototipo de sistema de registro digital basado en el reconocimiento de la huella nasal se presenta como una alternativa de gran potencial, que podría integrarse en políticas públicas, campañas de adopción y plataformas

ciudadanas, generando impactos positivos tanto en la administración urbana como en el vínculo afectivo entre humanos y sus mascotas.

Ante esta realidad, el presente artículo propone el desarrollo de un prototipo de sistema para el registro digital de perros basado en el reconocimiento de huella nasal, con el objetivo de ofrecer una alternativa tecnológica innovadora que facilite la identificación individual de los animales. Esta solución no solo busca mejorar el proceso de recuperación de mascotas extraviadas, sino también fortalecer los sistemas de control sanitario y apoyo a políticas públicas sobre tenencia responsable.

Este trabajo se enfoca en la viabilidad técnica y desarrollo de un prototipo de registro e identificación de perros mediante el reconocimiento de huella nasal, aplicado en veterinarias y centros de acogida de la ciudad de Quito, Ecuador. Para el levantamiento de requerimientos, se aplicaron encuestas a distintos involucrados al cuidado animal, entre ellos veterinarios, estudiantes de veterinaria, personal de albergues, rescatistas y representantes de centro de atención animal. Se busca determinar el potencial de esta tecnología como una herramienta eficiente y efectiva para la identificación de perros en este contexto local, cuya meta final, tras el desarrollo del prototipo, es establecer bases para una gestión eficiente, segura y responsable de las mascotas particularmente en perros (Chan et al., 2023).

Materiales y métodos

Metodología de investigación

Se utilizó para la investigación un enfoque mixto (Molano, 2021), que describe de la mezcla de métodos, técnicas cuantitativas y cualitativas en un mismo estudio cuya ventaja es su amplio alcance evaluativo y analítico. Los autores destacaron que los diseños mixtos le permitieron llegar de una manera precisa y amplia en cuanto se refiere a la comprensión del fenómeno de investigación. Además, este trabajo se utilizó la investigación aplicada por el desarrollo de un prototipo funcional para registrar digitalmente los perros mediante el reconocimiento de huella nasal (Molano, 2021).

Fases metodológicas

Fase 1: Revisión de literatura

En esta fase se realizó la revisión documental de fuentes científicas, técnicas y académicas relacionadas con el reconocimiento biométrico en animales, el uso de la huella nasal como identificador único, así como estudios sobre el abandono, la sobrepoblación de mascotas. Lo que permitió sustentar teóricamente la investigación y establecer referentes conceptuales y metodológicos.

Fase 2: Recolección de datos

Se recolectaron datos cualitativos y cuantitativos mediante la aplicación de encuestas dirigidas a usuarios potenciales que permitió identificar sus percepciones y requerimientos respecto a un sistema de prototipo de registro digital. En esta fase también se realizó la toma fotográfica del área nasal de perros de distintas razas y edades lo que permitió el aprendizaje automático para el reconocimiento biométrico, y brindó a través de estas imágenes datos que permitieron el análisis técnico, incluyendo variables como la precisión del sistema, la tasa de error y la eficiencia de procesamiento de las mismas.

Fase 3: Diseño de solución

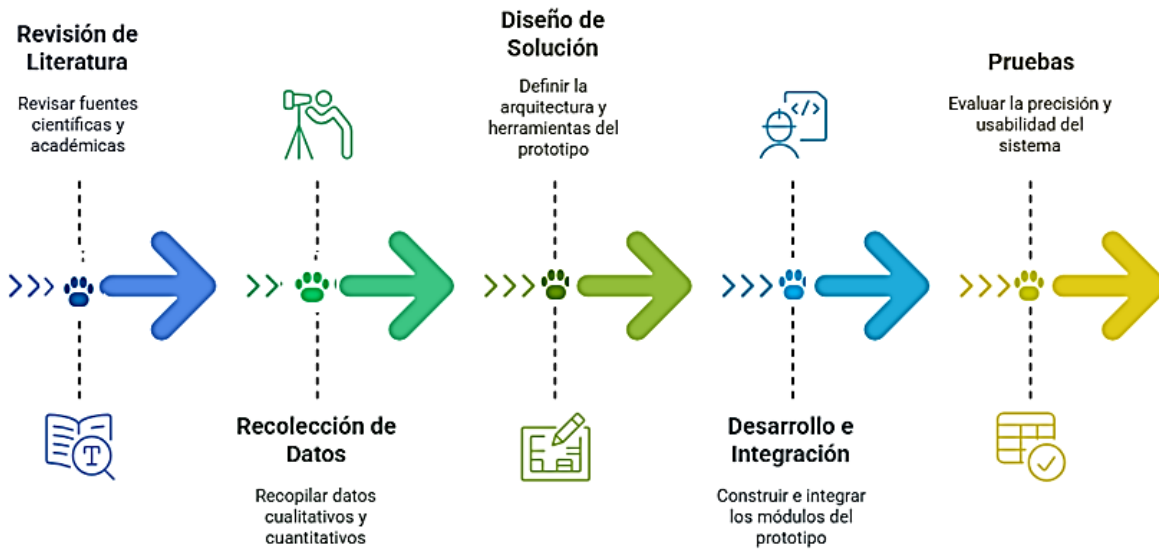
En esta etapa se definieron los requerimientos funcionales y no funcionales y se planteó la arquitectura del prototipo, se estableció así, las herramientas a utilizar para su desarrollo y se determinó la tecnología a implementar para el reconocimiento biométrico mediante la huella nasal.

Fase 4: Desarrollo e integración

Se desarrolló el diseño prototipo de registro digital incluyendo los módulos para el registro de información importante de cada perro, la captura de la huella nasal, el procesamiento de imágenes con el almacenamiento de datos y la interfaz de usuario.

Fase 5: Pruebas

Se realizaron pruebas funcionales y se evaluaron con exactitud del reconocimiento por huella nasal y usabilidad en la interfaz del prototipo. Estas pruebas incluyeron escenarios reales con distintas condiciones de iluminación, posición de la mascota y calidad de imagen. Además, se recopiló una retroalimentación de los usuarios finales para identificar posibles mejoras y asegurar que la herramienta sea eficiente y confiable en entornos reales.

*Figura 1: Fases de la metodología de investigación***Desarrollo de un Sistema de Identificación Biométrica para Mascotas***Nota: Elaboración propia***Resultados****Fase 1: Revisión de literatura****Biometría aplicada a animales**

La biometría es una rama de la informática que se encarga de identificar individuos a partir de sus características físicas o conductuales. Aunque tradicionalmente ha sido aplicada en humanos utilizando las huellas dactilares, el iris, el rostro, su aplicación en animales ha tomado relevancia en los últimos años. Según Burbano y Castro (2021), las técnicas biométricas implementadas en animales, como la huella nasal de perros permite una identificación única y no invasiva, superando las limitaciones de los métodos tradicionales como collares o microchips. En perros y otros animales de compañía, el reconocimiento facial ha logrado alcanzar precisiones de hasta el 97% en un entorno de pruebas mediante la utilización de redes neuronales y visión artificial para la detección de rasgos característicos (Choi et al., 2021).

Reconocimiento de huella nasal

La huella nasal de perros ha sido reconocida como una característica biométrica estable y única similar a la huella dactilar en humanos. Según estudios de Bae et al. (2021) y McGinley (2024)

muestra como el reconocimiento de huellas nasales de perros puede ser una forma confiable de identificación. Esto ofrece una oportunidad para desarrollar sistemas digitales de registros y control de perros.

Visión por computadora en la biometría animal

El desarrollo de sistemas para el reconocimiento de huellas nasales requiere del uso de técnicas de visión por computadora, una rama de la inteligencia artificial que permite a las máquinas analizar e interpretar. En el estudio de Bae et al. (2021) se implementaron modelos como Siamese Networks y CNNs que permiten extraer características únicas de las huellas nasales. La aplicación de este tipo de tecnologías permite a las computadoras identificar objetos, separarlos del fondo y encontrar patrones de las imágenes capturadas para la identificación de perros.

Tecnologías para la gestión de perros

Actualmente, la gestión eficiente de perros se ha apoyado en el desarrollo de tecnologías como plataformas digitales, aplicaciones móviles y sistemas de bases de datos interconectados. Estas soluciones permiten el registro, monitoreo y seguimiento sanitario de los animales. El aprovechamiento de estas tecnologías mejora el control administrativo, sino facilita la identificación animal en tiempo real (Piray et al., 2023).

Abandono y sobrepoblación Animal.

El abandono y la sobrepoblación de perros tiene efectos directos sobre la salud pública y el bienestar animal.

En ciudades como Quito, el incremento de animales en situación de calle ha generado un impacto negativo en la salud, en la calidad de vida de nuestra ciudad, en la ética y la moral. Lescano (2021) resalta que la falta de un registro adecuado y control de natalidad conlleva al sufrimiento animal, aumenta el riesgo de transmisión de enfermedades zoonótica y eleva los costos de atención en las veterinarias.

Bienestar Animal en el Ecuador

En el contexto ecuatoriano, la protección animal está respaldada por leyes nacionales y ordenanzas municipales. La normativa establece lineamientos sobre el trato digno, la tenencia responsable, y la gestión de animales en situación de abandono. Según López (2024) destaca que, aunque existen disposiciones legales su aplicación efectiva presenta debilidades, especialmente en los mecanismos de fiscalización y la integración de tecnologías para el seguimiento de estos casos.

Es fundamental comprender que el bienestar animal no se limita a la ausencia de maltrato físico, sino que incluye aspectos emocionales, sociales y ambientales. Piray (2022) indica que para garantizar el bienestar integral es importante cubrir las necesidades básicas, proporcionar atención veterinaria oportuna y la provisión de interacciones positivas con el entorno.

Fase 2: Recolección de datos

Con el propósito de validar los requerimientos funcionales y no funcionales para el desarrollo del prototipo de sistema de registro digital de perros mediante reconocimiento de huella nasal (Weng et al. 2022), se realizó encuestas que estuvo dirigida a veterinarios, estudiantes de veterinaria y personal relacionada al segmento como albergues, rescatistas independientes y personal vinculado a centros de atención animal.

1. Determinación del tamaño de la muestra

Para determinar el tamaño adecuado de la muestra, se aplicó la siguiente fórmula estadística:

$$n = \frac{60 \cdot (1.96)^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}{0.1^2 \cdot (60-1) + (1.96)^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5} \approx 19$$

Donde:

N = 60 (tamaño de la población identificada entre veterinarios, estudiantes, rescatistas, etc.)

Z= 1.96 (valor correspondiente al 95% de nivel de confianza)

p= 0.5, q = 0.5 (máxima variabilidad)

e = 0.1 (margen de error del 10%)

Al sustituir valores en en la fórmula, el tamaño de la muestra calculado fue de aproximadamente 19 personas, quienes fueron encuestadas para la recolección de datos.

2. Perfil de los encuestados

Se recolectaron un total de 19 encuestas, provenientes principalmente de profesionales veterinarios, estudiantes universitarios que se encuentran realizando pasantías en clínicas y centros veterinarios. Principalmente, las instituciones a las que pertenecen incluyen clínicas privadas como instituciones educativas. La tabla 1, detalla los resultados obtenidos a partir de encuestas realizadas

Tabla 1: Resultados de la encuesta

Aspecto evaluado	Pregunta aplicada	Resultados	Porcentaje
Registro de mascotas	¿Actualmente registra información sobre las mascotas?	Si: 17 No: 2	89,5 % si 10,5% no
Método de registro	¿Qué medio utiliza para registrar?	Excel: 7 Sistema informático: 6 Cuaderno físico: 5	39,8% registro en Excel 32,6% sistema informático 27,6% cuaderno físico
Datos esenciales	¿Qué datos considera esenciales al registrar una mascota?	Nombre: 19 Edad: 19 Peso (Kg): 19 Raza: 18 Especie: 17 Sexo: 17 Fecha de nacimiento: 16 Historial médico: 14 Estado: 11	Nombre: 100% Edad: 100% Peso (Kg): 100% Raza: 94.6% Especie: 89.47% Sexo: 89.47% Fecha de nacimiento: 84.21% Historial médico: 73.68% Estado: 57.89%
	¿Qué datos considera importantes registrar del dueño o responsable de la mascota?	Nombre: 19 Dirección: 19 Teléfono: 19 Cédula: 18 Correo electrónico: 14 Contacto de emergencia: 14	Nombre: 100% Dirección: 100% Teléfono: 100% Cédula: 94.6% Correo electrónico: 73.68% Contacto de emergencia: 73.68%
Funciones útiles	¿Qué funciones considera útiles en un sistema para registrar animales mediante la huella nasal?	Registro por huella: 12 Edición de información: 11 Registro de historial clínico: 11 Consultas/búsquedas: 8	Registro por huella: 63.16% Edición de información: 57.89% Registro de historial clínico: 57.89% Consultas/búsquedas: 42.11%
Acceso al sistema	¿Desde qué dispositivo preferiría acceder al sistema?	Computador: 3 Celular: 5 Ambos: 14	Computador: 15.79% Celular: 26.32% Ambos: 73.68%

Factibilidad técnica	¿Considera que tan posible es tomar una fotografía clara de la nariz de la mascota en su entorno habitual?	Sin dificultades: 9	Sin dificultades: 47.37%
		Con ayuda: 8	Con ayuda: 42.11%
		No factible: 2	No factible: 10.53%

Nota: Elaboración propia

Con el fin de identificar las prácticas actuales y las necesidades tecnológicas relacionadas con el registro de mascotas, en la Tabla 1, se pueden valorar los siguientes resultados, los que revelan que el 89,5 % de los encuestados actualmente realiza algún tipo de registro de información de mascotas, mientras que un 10,5 % no lleva a cabo esta práctica. En cuanto al método de registro utilizado, un 39,8 % emplea hojas de cálculo (Excel), un 32,6 % utiliza sistemas informáticos, y un 27,6 % todavía recurre a registros físicos como cuadernos, lo que evidencia una coexistencia de métodos digitales y análogos.

Respecto a los datos considerados esenciales para el registro de las mascotas, los encuestados señalaron como prioritarios el nombre, edad y peso (100 %), seguidos de la raza (94,6 %), especie y sexo (89,47 %), mientras que información más detallada como la fecha de nacimiento, historial médico y estado general fueron considerados en menor proporción, aunque aún significativos.

En relación con los datos del propietario o responsable de la mascota, el 100 % de los participantes indicó la importancia de registrar el nombre, dirección y teléfono, seguido por el número de cédula (94,6 %) y medios de contacto alternativos como el correo electrónico y contacto de emergencia (73,68 % cada uno). Al explorar las funcionalidades deseadas en un sistema de registro basado en biometría nasal, los encuestados destacaron como más útiles el registro por huella (63,16 %), la edición de información (57,89 %) y el registro del historial clínico (57,89 %). La capacidad de realizar búsquedas y consultas también fue mencionada (42,11 %), lo que indica una clara orientación hacia sistemas dinámicos y accesibles.

En cuanto al acceso al sistema, la mayoría (73,68 %) expresó preferencia por utilizar tanto el celular como el computador, lo que sugiere la necesidad de diseñar una plataforma multiplataforma. Finalmente, en términos de factibilidad técnica para capturar la imagen de la huella nasal, un 47,37 % considera que esto puede lograrse sin dificultades, mientras que un 42,11 % indica que sería posible con ayuda, y solo un 10,53 % lo considera no factible, lo que refuerza la viabilidad del uso de esta tecnología en entornos habituales.

A partir del análisis de las encuestas, se identificaron los siguientes requerimientos funcionales y no funcionales base para el prototipo:

Tabla 2: *Requerimientos funcionales y no funcionales*

ID	Nombre del Requisito	Descripción	Prioridad	Tipo
R001	Registro de mascotas con datos básicos	El sistema debe permitir ingresar nombre, especie, raza, edad, sexo y datos del responsable.	Alta	Funcional
R002	Captura de huella nasal	El sistema debe permitir cargar imágenes de la nariz del perro.	Alta	Funcional
R003	Consulta de mascotas	El sistema debe permitir realizar búsquedas por nombre, ID y mostrar sus datos.	Alta	Funcional
R004	Registro de historial clínico	El sistema debe permitir ingresar datos del historial clínico como: tratamientos, vacunas.	Media	Funcional
R005	Edición de registros	El sistema debe permitir la edición de los datos registrados para actualizarlos.	Media	Funcional
R006	Interfaz amigable	La interfaz debe ser intuitiva, clara y adecuada para el personal.	Alta	No Funcional
R007	Seguridad básica de datos	El sistema debe proteger los datos registrados.	Alta	No funcional
R008	Portabilidad	El sistema debe poder ser ejecutado en distintos entornos sin necesidad de instalación compleja.	Alta	No funcional

Nota: Elaboración propia

La Tabla 2 de requisitos del sistema establece ocho funcionalidades clave para el prototipo propuesto. Entre los requisitos funcionales de alta prioridad se destacan el registro de mascotas con datos básicos, la captura de la huella nasal y la consulta de registros, todos esenciales para garantizar la operatividad principal del sistema. A estos se suman funciones de prioridad media como el registro del historial clínico y la edición de datos, que permitirán mantener la información actualizada. En cuanto a los requisitos no funcionales, se considera indispensable una interfaz amigable, así como la seguridad básica de los datos y la portabilidad del sistema, aspectos que aseguran una experiencia de usuario eficiente, segura y adaptable a distintos entornos tecnológicos.

Fase 3: Diseño de solución

Durante esta fase se establecieron los componentes primordiales del prototipo, se determinaron las tecnologías apropiadas para su construcción y se diseñó la arquitectura general del sistema.

Arquitectura del general

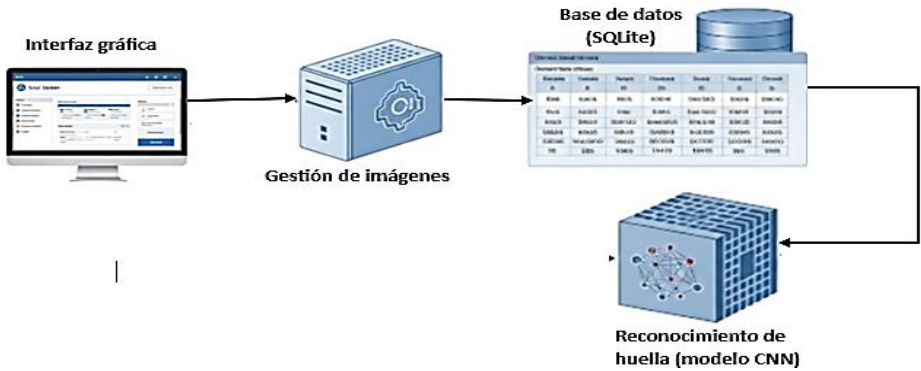
Tabla 3: Descripción de la arquitectura

Fases	Interfaz gráfica (Tkinter):	Base de datos (SQLite)	Gestión de imágenes:	Reconocimiento de huella (modelo CNN):
Descripción	Permite consultar, registrar, editar y eliminar información de mascotas y sus dueños incluyendo la funcionalidad de carga de imágenes de la huella nasal, así como el registro, visualización y gestión del historial médico de cada mascota.	Permite gestionar la permanencia de los datos de dueños y mascotas tolerando relaciones de uno a muchos.	Se encarga del almacenamiento de imágenes de las huellas nasales en un repositorio local organizado por nombre-clase de la mascota.	Encargado de realizar el reconocimiento de la huella nasal en Python con TensorFlow y OpenCV.

Nota: Elaboración propia

La Fig.2 que a continuación muestra la arquitectura general del prototipo desarrollado, el cual integra interfaz gráfica, un módulo de gestión de imágenes, una base de datos en SQLite y un modelo de red neuronal convolucional (CNN) para el reconocimiento de huella nasal. La interfaz permite a los usuarios registrar, editar, eliminar y consultar información, mientras que el módulo de imágenes procesa y envía los datos al modelo para su análisis. La información se almacena y organiza en la base de datos, permitiendo una gestión eficiente del sistema.

Figura 2: Arquitectura del prototipo general

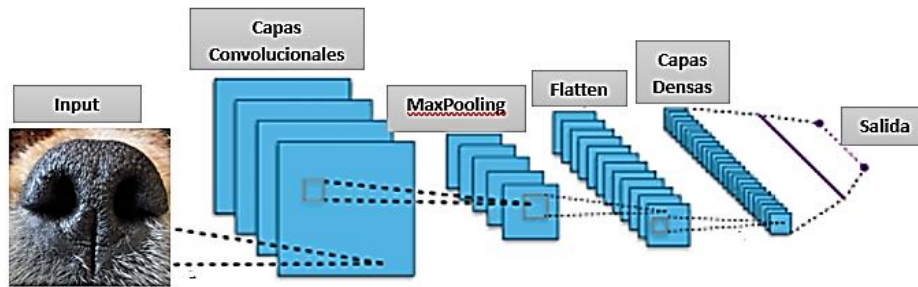


Nota: Elaboración propia

Arquitectura del modelo CNN (Visión por computadora):

El modelo de arquitectura de red neuronal convolucional (CNN) que se observa en la Figura 3, permite realizar el procesamiento de imágenes de huellas nasales para reconocer mascotas el cual la red extrae características mediante capas convolucionales para luego aplanarlas y pasarlas por capas densas. Finalmente, una capa de salida con la capa densa clasifica la mascota y el modelo se entrena con datos aumentados para mejorar su precisión.

Figura 3: Modelado de la arquitectura CNN

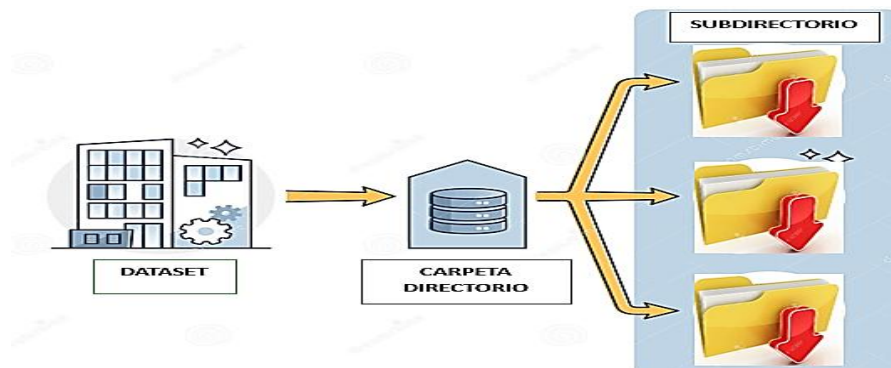


Nota: Elaboración propia

Estructura del almacenamiento de imágenes

La estructura muestra el aprendizaje automático para datasets de imágenes, el cual se organiza en cada subdirectorio dentro de la carpeta “dataset/”. Para el entrenamiento del modelo de clasificación, las imágenes al ser ubicadas en directorios, se etiquetan automáticamente con el nombre del subdirectorio para facilitar la relación entre imágenes y sus respectivas clases. Observe la figura 4.

Figura 4: Modelado de almacenamiento de imágenes

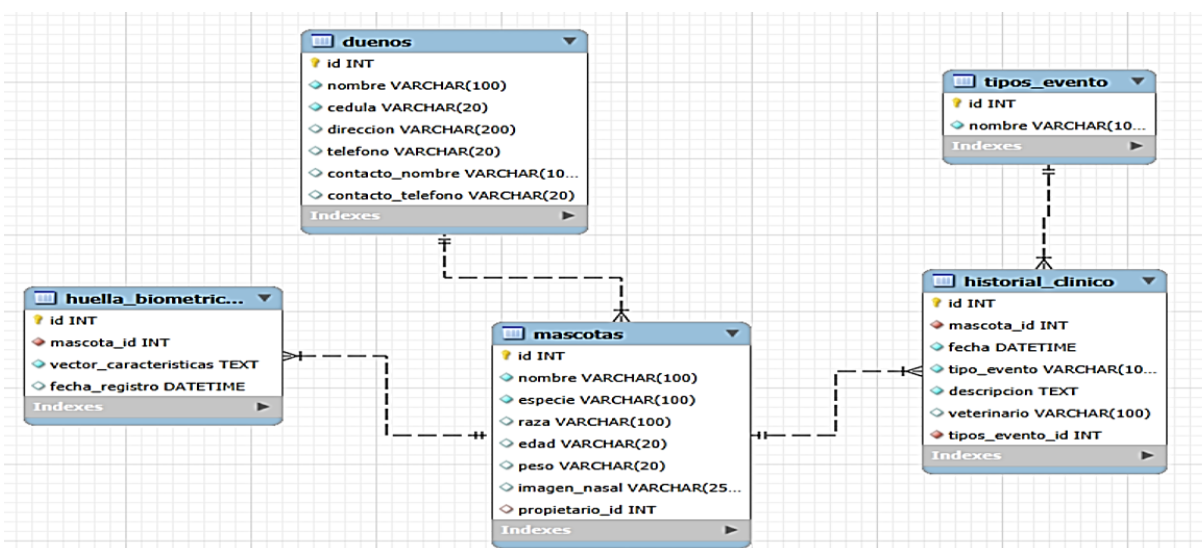


Nota: Elaboración propia

Modelo de la base de datos

La Fig. 5 presenta el modelo lógico de la base de datos diseñado para el prototipo. Este modelo se encuentra conformado por 5 entidades que son: dueños, mascotas, huellas nasales, historial clínico y tipos de eventos veterinarios, estableciendo relaciones claves entre las mismas.

Figura 5: Modelado de la base de datos



Nota: Elaboración propia

Fase 4: Desarrollo e integración

En esta fase se desarrollaron los módulos del sistema, teniendo en cuenta los requerimientos funcionales como los no funcionales. El objetivo es materializar el prototipo funcional que permita el registro de perros mediante el reconocimiento biométrico de la huella nasal, asociado a los datos con su respectivo propietario.

Integración de la Interfaz Gráfica (Tkinter)

Se desarrolló una interfaz de usuario como se muestra en la figura 6, mediante la biblioteca Tkinter en Python permitiendo registrar información del propietario y de una o varias mascotas, es posible subir una imagen de la huella nasal de la mascota, editar o eliminar registros y visualizar historial clínico de cada mascota.

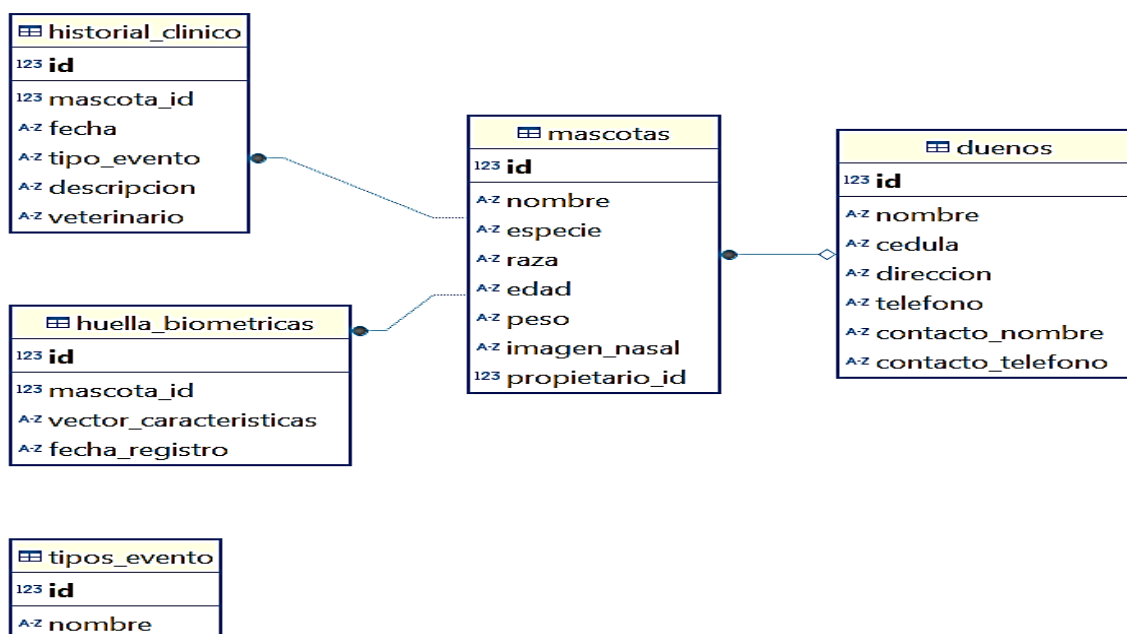
Figura 6: Interfaz de usuario



Nota: Elaboración propia

Implementación de la Base de Datos (SQLite)

Se ha creado la estructura de la base de datos relacional en SQLite, permitiendo almacenar y relacionar datos de los propietarios, mascotas, características biométricas e historial clínico. En la Fig. 7 se muestra el modelo físico, el cual refleja la estructura final implementada en el sistema.

Figura 7: Modelo físico de la base de datos*Nota: Elaboración propia*

Gestión de Imágenes

Las imágenes de las huellas nasales son almacenadas localmente con una estructura de carpetas organizadas por nombre para facilidad del entrenamiento del modelo y reconocimiento. Se aplican técnicas de preprocesamiento como son: el redimensionamiento a 200x200 píxeles, conversión a escala de grises, normalización para facilitar la compatibilidad con el modelo CNN.

Entrenamiento e integración con modelo CNN

Se entrenó un modelo de Red Neuronal Convolutiva (CNN) como se visualiza en la Fig. 8 utilizando imágenes de huellas nasales de 30 mascotas. El modelo fue optimizado con técnicas de aumento de datos y se adaptó para uso en producción como extractor de características, se realizaron integraciones mediante TensorFlow, de manera que al cargar la imagen nasal se genera un vector de características que se almacena con el registro de la mascota.

Figura 8: Modelo de entrenamiento

```

61     class_mode='categorical',
62     subset='validation',
63     shuffle=False
64 )
65
66 # ==== MODELO FUNCIONAL ====
67 input_layer = Input(shape=(IMG_SIZE[0], IMG_SIZE[1], 3))
68
69 x = Conv2D(32, (3, 3), activation='relu')(input_layer)
70 x = BatchNormalization()(x)
71 x = Conv2D(32, (3, 3), activation='relu')(x)
72 x = MaxPooling2D(2, 2)(x)
73 x = Dropout(0.25)(x)
74
75 x = Conv2D(64, (3, 3), activation='relu')(x)
76 x = BatchNormalization()(x)
77 x = Conv2D(64, (3, 3), activation='relu')(x)
78 x = MaxPooling2D(2, 2)(x)
79 x = Dropout(0.25)(x)
80
81 x = Conv2D(128, (3, 3), activation='relu')(x)
82 x = BatchNormalization()(x)
83 x = Conv2D(128, (3, 3), activation='relu')(x)
84 x = MaxPooling2D(2, 2)(x)
85 x = Dropout(0.25)(x)
86
87 x = Conv2D(256, (3, 3), activation='relu')(x)
88 x = BatchNormalization()(x)
89 x = MaxPooling2D(2, 2)(x)
90 x = Dropout(0.25)(x)
91
92 x = Flatten()(x)
93 x = Dense(512, activation='relu', kernel_regularizer=l2(0.001))(x)
94 x = BatchNormalization()(x)
95 x = Dropout(0.5)(x)
96 x = Dense(256, activation='relu', kernel_regularizer=l2(0.001))(x)
97 x = Dropout(0.5)(x)
98 output_layer = Dense(num_clases, activation='softmax')(x)
99
100 model = Model(inputs=input_layer, outputs=output_layer)
101
102 # ==== COMPILACIÓN ====
103 model.compile(
104     optimizer=Adam(learning_rate=0.0005),
105     loss='categorical_crossentropy',
106     metrics=['accuracy', TopK_categorical_accuracy(k=3, name='top_3_accuracy')]
107 )
108
109 model.summary()

```

Nota: Elaboración propia

Fase 5: Pruebas

Se realizan varias pruebas funcionales como se muestra la Fig. 9 para la evaluación de la exactitud del reconocimiento y usabilidad en la interfaz de la huella nasal en animales permitiendo la identificación de oportunidades de mejora para una posible futura implementación, la pruebas se realizarán con una veterinaria específica para validar la eficiencia en la captura de imágenes nasales y el uso de la interfaz lo que asegura que el prototipo cumpla con los requerimientos definidos y sea efectivo en un entorno práctico.

Figura 9: Pruebas del aprendizaje

```

Administrador: Símbolo del sistema
Epoch 7: val_accuracy did not improve from 0.11940
* [1m19/19s [0m <[32m-----<[0m<[37m<[0m <[1m74s<[0m 4s/step - accuracy: 0.6751 - loss: 2.4342 - top_3_accu
acy: 0.9127 - val_accuracy: 0.1194 - val_loss: 19.6576 - val_top_3_accuracy: 0.2836 - learning_rate: 2.5000e-04
Epoch 8/50
* [1m19/19s [0m <[32m-----<[0m<[37m<[0m <[1m0s<[0m 4s/step - accuracy: 0.5990 - loss: 2.6171 - top_3_accu
cy: 0.8965
Epoch 8: val_accuracy did not improve from 0.11940
* [1m19/19s [0m <[32m-----<[0m<[37m<[0m <[1m80s<[0m 4s/step - accuracy: 0.6006 - loss: 2.6130 - top_3_accu
acy: 0.8966 - val_accuracy: 0.1194 - val_loss: 21.3874 - val_top_3_accuracy: 0.2836 - learning_rate: 2.5000e-04
Epoch 9/50
* [1m19/19s [0m <[32m-----<[0m<[37m<[0m <[1m0s<[0m 3s/step - accuracy: 0.6363 - loss: 2.5380 - top_3_accu
cy: 0.8837
Epoch 9: val_accuracy did not improve from 0.11940
* [1m19/19s [0m <[32m-----<[0m<[37m<[0m <[1m73s<[0m 4s/step - accuracy: 0.6369 - loss: 2.5355 - top_3_accu
acy: 0.8846 - val_accuracy: 0.1194 - val_loss: 21.9091 - val_top_3_accuracy: 0.2836 - learning_rate: 2.5000e-04
Epoch 9: early stopping
Restoring model weights from the end of the best epoch: 1.
WARNING:absl:You are saving your model as an HDF5 file via `model.save()` or `keras.save_model(model)`. This file
format is considered legacy. We recommend using instead the native Keras format, e.g. `model.save('my_model.keras')` or
`keras.save_model(model, 'my_model.keras')`.
Modelo funcional guardado correctamente con input/output definidos.

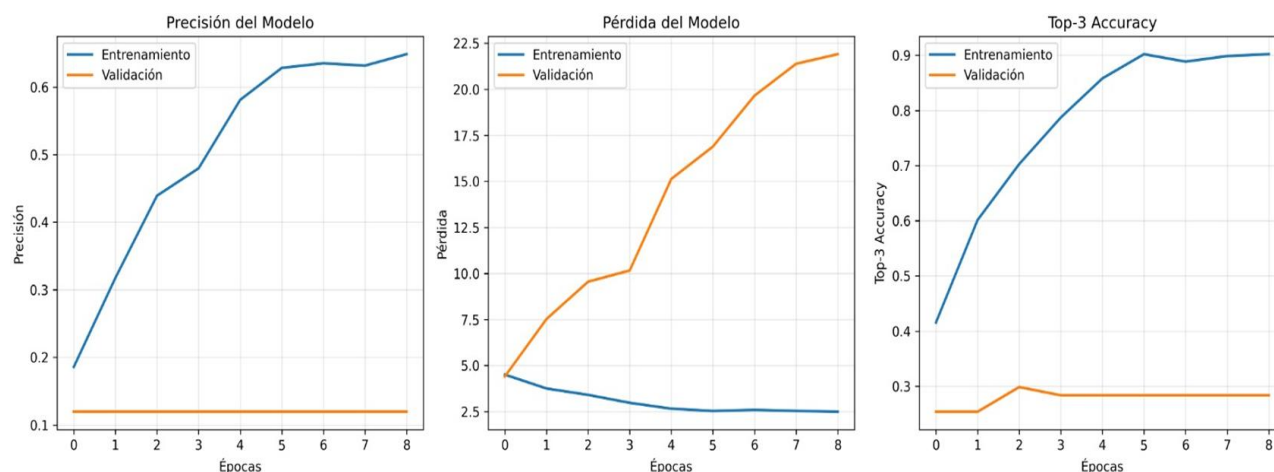
Evaluación final:
Precisión de validación: 0.1194
Top-3 Accuracy: 0.2537
Historial guardado en historial_entrenamiento.pkl
C:\Users\lizbe\Documents\UNIVERSIDAD\OCTAVO\prototipo huella nasal>

```

Nota: Elaboración propia

Los resultados de la Fig. 10 muestran que el modelo logra un buen desempeño en los datos de entrenamiento con una alta capacidad para aprender y comprender los patrones inherentes al conjunto de datos utilizado para su creación observando una brecha en la capacidad de generalización a datos no vistos lo que representa una clara oportunidad de mejora para futuras iteraciones.

Figura 10: Resultado del prototipo



Nota: Elaboración propia

Resultado de prototipo

La gran tendencia de las personas que participaron en la encuesta de satisfacción con un total 17 usuarios que dieron una respuesta favorable en el proceso de retroalimentación del prototipo como se muestra en la tabla 4 demostró una comunidad activa y colaborativa contribuyendo con su retroalimentación para ayudar a construir una herramienta aún mejor.

Tabla 4: Encuesta de satisfacción

Pregunta	Opción de Respuesta	Cantidad de Personas	Porcentaje
1. Facilidad de uso del sistema			
¿Qué tan fácil fue navegar por el prototipo?	Muy fácil	6	35%
	Fácil	8	47%
	Neutro	2	12%
	Difícil	1	6%
	Muy difícil	0	0%
2. ¿Tuviste problemas al registrar o consultar información?			
Respuestas	No	13	76%
	Sí	4	24%
3. ¿Cómo calificarías el diseño visual del sistema?			
Respuestas	Excelente	5	29%
	Buena	7	41%
	Aceptable	4	24%
	Regular	1	6%
	Muy pobre	0	0%
4. Utilidad del reconocimiento por huella nasal			
¿Te pareció útil esta funcionalidad?	Muy útil	9	53%
	Útil	6	35%
	Neutral	2	12%
	Poco útil	0	0%
	Nada útil	0	0%

5. ¿Recomendarías este sistema para uso institucional?

Respuesta	Sí	15	88%
	No	1	6%
	No estoy seguro/a	1	6%

6. Beneficios percibidos (respuesta múltiple)

¿Qué beneficios consideras que aporta este sistema?	Identificación de mascotas extraviadas	15	88%
	Asociación con el dueño	14	82%
	Mejora del control veterinario	13	76%
	Fomenta responsabilidad del dueño	11	65%
	Registro en campañas o clínicas	10	59%
	Previene pérdida de información médica	9	53%

Nota: Elaboración propia

Discusión

En el contexto actual de creciente preocupación por el bienestar animal, es fundamental implementar herramientas tecnológicas que garanticen la identificación precisa y ética de los animales de compañía. Según Armas Cajas (2024), uno de los retos en zonas urbanas como Quito es la falta de mecanismos eficientes para controlar y registrar a los caninos, lo cual complica la protección de sus derechos y su bienestar general. En ese sentido, el uso de biometría, especialmente las huellas nasales, ha emergido como una alternativa fiable y no invasiva. El prototipo de sistema para el registro digital de perros mediante reconocimiento de huella nasal representa un avance significativo en cuanto se refiere a la identificación biométrica superando el déficit de los métodos tradicionales logrando alinearse con las tendencias globales de utilizadas en

la biometría avanzada para una identificación efectiva como menciona (Cihan et al., 2023). Los resultados prometedores iniciales del prototipo mostraron un resultado positivo en las pruebas de validación con bases para un registro seguro y eficiente contribuyendo a la ciencia de la biometría animal y al bienestar de las mascotas el cual para futuras investigaciones se recomienda enfatizar la recopilación de grandes volúmenes de datos de huellas nasales y la integración con aplicaciones web robustas para optimizar la usabilidad en un entorno real (Li, et al., 2022).

Estudios recientes avalan esta tecnología. Bae et al. (2021) y Chan et al. (2023) demostraron que el reconocimiento basado en patrones únicos de la nariz del perro puede lograr una identificación individual con gran precisión, utilizando redes neuronales profundas y modelos computacionales avanzados. Esto refuerza lo planteado por Cihan et al. (2023), quienes señalan que la biometría animal tiene un enorme potencial para el reconocimiento individual cuando se combina con visión por computadora. A nivel más práctico, el trabajo de Burbano y Castro (2021) en Ecuador mostró cómo el desarrollo de software para el reconocimiento facial canino puede aplicarse de manera funcional, aunque la huella nasal resulta aún más precisa, como lo han evidenciado investigaciones internacionales. Por ejemplo, en Corea del Sur, ya se han iniciado pruebas de registro nacional basadas en la huella nasal, según Euronews Next (2022), lo que pone a la vanguardia esta tecnología como solución real y efectiva.

Choi et al. (2021) aportan evidencia adicional al afirmar que el patrón nasal es tan único como una huella dactilar humana, y su viabilidad está respaldada tanto por pruebas de laboratorio como por aplicaciones en campo. Esta perspectiva concuerda con lo expuesto por Li et al. (2022) y Weng et al. (2022), quienes aplicaron modelos similares en el ámbito ganadero, logrando resultados positivos en la identificación de ganado mediante imágenes del hocico o del rostro.

Además, el desarrollo de este tipo de sistemas puede contribuir al control sanitario y a la responsabilidad social frente al maltrato animal. Lescano (2021) señala que en Ecuador los rescatistas aún enfrentan dificultades por la falta de datos confiables. Asimismo, López Lozada (2024) y Piray Rodríguez et al. (2022) subrayan que, aunque existe normativa legal, su cumplimiento es bajo por la limitada identificación y trazabilidad de las mascotas. En esta línea, McGinley (2024) expone que el maltrato animal sigue siendo un problema global, y contar con sistemas de identificación efectivos puede ser un paso clave para enfrentar esta realidad.

Finalmente, es importante recordar que la integración de este tipo de herramientas tecnológicas no solo debe centrarse en su capacidad técnica, sino también en su facilidad de uso. La interfaz

amigable y la portabilidad del sistema son aspectos esenciales para garantizar su adopción por parte de veterinarios, rescatistas y ciudadanos, como plantea Molano de la Roche (2021), quien destaca la importancia del enfoque mixto en la investigación, que equilibre lo técnico con lo humano.

Conclusiones

La biometría de huella nasal es una alternativa factible e innovadora para la identificación de mascotas superando las limitaciones de los métodos tradicionales resaltando que las huellas nasales de perros son patrones únicos que permite desarrollar el prototipo de registro digital seguros y eficientes para combatir el abandono y mejorar el control poblacional.

El desarrollo de un prototipo funcional para el registro de mascotas mediante huella nasal se basa en una metodología de investigación mixta que incluye la definición de requerimientos, diseño de arquitectura, adaptación de algoritmos de Machine Learning (CNN con TensorFlow y OpenCV) junto a pruebas con usuarios lo que se demuestra la posibilidad de implementar esta tecnología para una gestión animal más responsable superando las limitaciones de los métodos tradicionales. La combinación de tecnologías de visión por computadora junto a un aprendizaje profundo es fundamental para la eficacia del prototipo basado en una arquitectura CNN que procesa y extrae características de las imágenes de huellas nasales de los animales demostrando cómo la inteligencia artificial puede aplicarse para resolver problemas de identificación contribuyendo al bienestar y control de la población de perros.

Referencias

1. Armas Cajas, J. W. (2024, marzo). Evaluación del grado de bienestar animal en caninos (Canis Lupus Familiaris) en la parroquia Calderón, cantón Quito, provincia de Pichincha. <https://reopadmin.utc.edu.ec/items/986fb765-0a25-414e-92e1-0138ebbf58a1>
2. Bae, H. B., Pak, D., & Lee, S. (2021). Dog nose-print identification using deep neural networks. IEEE Access, 9, 49141-49153. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3068517>
3. Burbano López, C. E., & Castro Ordóñez, M. L. (2021). Desarrollo de un software como herramienta para el reconocimiento de patrones faciales caninos. Universidad del Azuay. <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/11322/1/16859.pdf>

4. Chan, Y., Lin, C., Ben, Y., Wang, C., Yang, S., Tsai, M., & Yu, S. (2023). Dog nose-print recognition based on the shape and spatial features of scales. *Expert Systems With Applications*, 240, 122308. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.122308>
5. Choi, H. I., Kim, M., Yoon, H., Lee, S., Choi, S. S., Han, C. Y., Moon, H. P., Byun, C., & Kwon, S. (2021). Study on the viability of canine nose pattern as a unique biometric marker. *Animals*, 11(12), 3372. <https://doi.org/10.3390/ani11123372>
6. Cihan, P., Saygili, A., Ozmen, N. E., & Akyuzlu, M. (2023). Identification and recognition of animals from biometric markers using computer vision approaches: A review. *Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi*. <https://doi.org/10.9775/kvfd.2023.30265>
7. Euronews Next. (2022, noviembre 1). Each dog has a unique nose: South Korea tests out nose print ID for national pet registration. Euronews. <https://www.euronews.com/next/2022/11/01/each-dog-has-a-unique-nose-south-korea-tests-out-nose-print-id-for-national-pet-registrati>
8. Lescano Salazar, R. A. (2021). Percepción del riesgo sanitario que tienen los rescatistas de animales de compañía en el cantón Quito. Repositorio Institucional. <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/edec620a-6986-4f68-84d7-7463c5e29f9b/content>
9. Li, G., Erickson, G. E., & Xiong, Y. (2022). Individual beef cattle identification using muzzle images and deep learning techniques. *Animals*, 12(11), 1453. <https://doi.org/10.3390/ani12111453>
10. López Lozada, L. G. (2024, noviembre 31). Comparación jurídica internacional sobre sanciones en el maltrato animal: Ecuador y Países Bajos. *Código Científico, Revista de Investigación*. <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v5/n2/609>
11. McGinley, M. S. (2024, enero 10). Datos y estadísticas sobre el maltrato animal en 2024. <https://www.usatoday.com/money/blueprint/pet-insurance/animal-abuse-statistics/>
12. Molano de la Roche, M. C. (2021, octubre 21). Estado del arte del método mixto en la investigación: método cualitativo y método cuantitativo. *Revista Semillas del Saber*. <https://revistas.unicatolica.edu.co/revista/index.php/semillas/article/view/317/179>
13. Piray Rodríguez, P. O., Urrutia Guevara, J. A., & Molina Gutiérrez, T. J. (2022, noviembre). La efectividad en la enseñanza del marco legal entorno al bienestar animal.

Revista Conrado, 18(89), 516-526. <http://scielo.sld.cu/pdf/rc/v18n89/1990-8644-rc-18-89-516.pdf>

14. Weng, Z., Meng, F., Liu, S., Zhang, Y., Zheng, Z., & Gong, C. (2022). Cattle face recognition based on a two-branch convolutional neural network. *Computers and Electronics in Agriculture*, 196, 106871. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.106871>

© 2025 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).