

APLICACIÓN DE UN SENSOR TÉRMICO EN EL ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN ROEDOR

APPLICATION OF A THERMAL SENSOR IN THE STUDY OF THE BEHAVIOR OF A RODENT

Jesús Manuel Roa Escalante

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
jesusmanuel.lroa@gmail.com

Aldrin Barreto Flores

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
aldrin.barreto@correo.buap.mx

María Isabel Martínez García

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
mariai.martinez@correo.buap.mx

Salvador Eugenio Ayala Raggi

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
saraggi@ece.buap.mx

Verónica E. Bautista López

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
vbautista@cs.buap.mx

Resumen

El siguiente trabajo muestra el estudio del comportamiento de un roedor durante una prueba de reconocimiento de objetos, utilizando una cámara térmica. Esta prueba es utilizada para valorar los efectos que tienen los fármacos sobre la memoria y el aprendizaje de dichos animales. La mayoría de pruebas en roedores son observadas y video grabadas para su estudio posterior, esto genera un factor de error humano que interfiere con los resultados de las pruebas. En el mercado existen dispositivos especializados en procesamiento de imagen usados en dichas pruebas, pero llegan a ser poco accesibles por sus altos costos. Consecuentemente, proponemos el análisis del comportamiento de un roedor mediante hardware y software con capacidad suficiente para procesar los datos obtenidos. Utilizando una Raspberry Pi Zero W es posible capturar videos de los

experimentos en el rango infrarrojo. Finalmente, al aplicar un algoritmo de procesamiento digital de imágenes implementado en MATLAB, se obtiene un gráfico de la ubicación del roedor en el tiempo, a su vez, podemos conocer las zonas que el roedor frecuentó más, logrando visualizar de manera rápida los resultados, minimizando el tiempo que tarda un humano en analizar los mismos datos.

Palabra(s) Clave: Cámara térmica, Comportamiento roedor, Procesamiento de imágenes, Raspberry Pi.

Abstract

The present work shows behavior study of rodent during object recognition test using thermal camera. This test is capable to measure drugs effects on memory and learning in these animals. The most of rodent`s tests are video recorded to examination. This induce human error factor that it interferes with results. There are specialized image processing devices in market for such tests, but they become inaccessible due to their high cost. Therefore, we propose to do rodent behavior analysis through hardware and software with sufficient capacity to process data acquired. With Raspberry Pi Zero W, infrared videos of each experiment can be recorded. Last, applying digital image processing algorithm in MATLAB, we obtain rodent location graph in time, making it possible to visualize a quick analysis, reducing the time taken to interpret all data by a human.

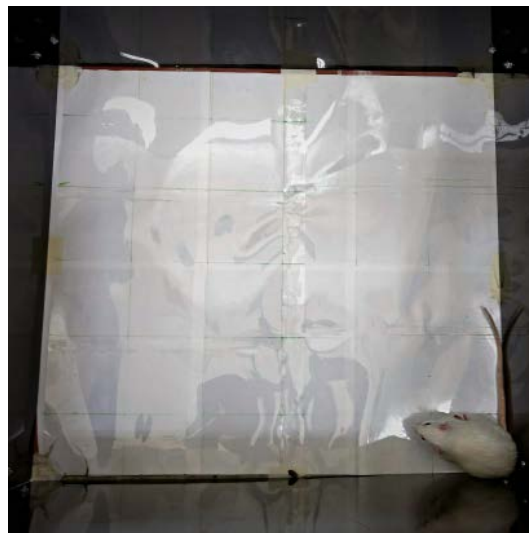
Keywords: *Image processing, Raspberry Pi, Rodent behavior, Thermal camera.*

1. Introducción

Los estudios en roedores permiten grandes avances en la ciencia, las alteraciones en su comportamiento ayudan a detectar perturbaciones en su sistema nervioso. En estos experimentos los roedores exploran su ambiente constantemente y también los objetos que ingresan en él. Durante la exploración, ellos olfatean y degustan los objetos que encuentran a su paso, este comportamiento es usado por los investigadores para recabar datos relevantes de sus experimentos. Todos los datos que arroja cada prueba generalmente se

capturan y analizan de forma manual, requiriendo mucho tiempo al investigador, además de abrir la posibilidad a errores en su interpretación.

Durante una prueba de reconocimiento de objetos, el roedor es ingresado a una caja hecha de acrílico (dimensiones 60x55x30 centímetros) para después video-grabar todas las pruebas (figura 1), después el investigador se dispone a revisar cada video para anotar la trayectoria del roedor por toda la caja, estas actividades le toman al investigador cerca de media hora por cada prueba, sin mencionar la gran cantidad de animales con los que se experimenta.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1 Caja de experimentos hecha de acrílico.

Existe una prueba llamada de campo abierto, es un modelo usual para analizar el comportamiento de roedores que consiste en contar y registrar el número de comportamientos de cada rata en cierto tiempo, Chanchanachitkul, Nanthiyanuragsa, Sangpayap, Thongsaard & Charoenpong [2015] indican que comportamientos como caminar, erguirse y bajar la cabeza son datos que los investigadores comparan antes y después de usar el medicamento con ratas. Ellos presentan el uso de una cámara web a una altura de 150 centímetros, plantean un método que reconoce cuando el animal se encuentra caminando usando como criterio la longitud del cuerpo de la rata. Si la longitud del cuerpo de la rata es mayor al que establecen, se clasifica como una conducta arbitraria.

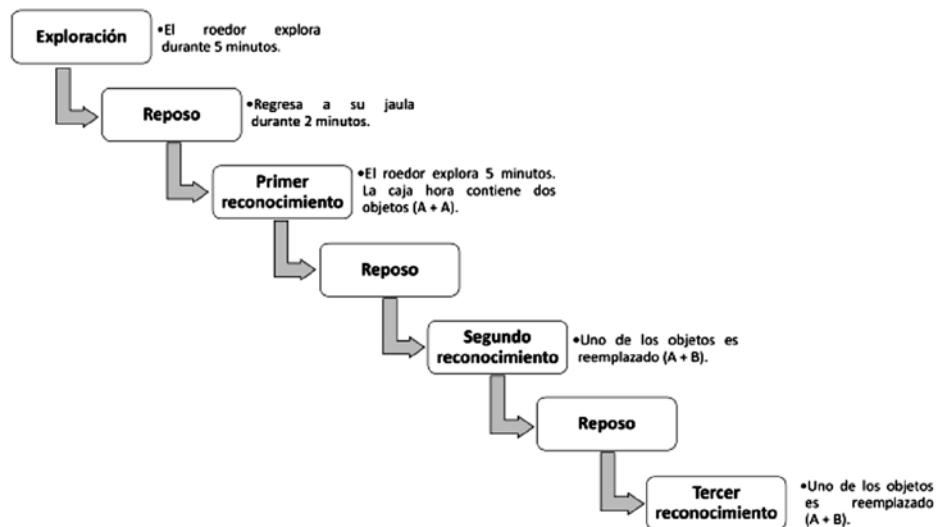
Se sabe hasta el momento que muchas investigaciones sobre el estudio del comportamiento de los roedores se han basado en obtener toda su información dentro del rango visible. En su investigación sobre un sistema de visión capaz de ejecutar un rastreo inteligente, De La Torre, Hernández, Gutiérrez y Chacón [2013] realizaron todas sus pruebas tomando en cuenta la iluminación y proponen el uso de una video cámara junto a una computadora para el diseño de un algoritmo y una interfaz gráfica donde se mostraba la posición, trayectoria, distancia recorrida y ubicación por bloques del roedor dentro de un laberinto. Los videos capturados no mostraron ruido de iluminación, los datos generados tuvieron una confiabilidad del 93.85 % debido a la existencia de falsos positivos en la detección del roedor. En el trabajo presentado por Jhuang, Garrote, Yu, Khilnani, Poggio, Steele & Serre [2010] se estudia el comportamiento de los roedores cuando se encuentran dentro de su jaula de cautiverio, dentro de su análisis se genera un modelo computacional capaz de reconocer patrones entre diferentes cepas de roedores y descubrir características específicas de los mismos.

En el mercado podemos encontrar software que permite detectar animales y hacer un seguimiento de ellos por medio de una video cámara, Noldus, Spink & Tegelenboschtal [2001] demuestran que el uso del software de la empresa Noldus Information Technology, llamado EthoVision XT es flexible a la hora de aplicarlo en diferentes tipos de experimentos en animales. Dicho software puede adquirirse a un costo de US\$5,850. En su investigación para construir un sistema capaz de reconocer la distancia recorrida y tiempo, Charoenpong, Promworn, Thangwiwatchinda, Senavongse & Thongsaard [2012] proponen medir los parámetros de comportamiento en ratas utilizando una computadora y una cámara web. Hacen una mención acerca de todos los parámetros que se pueden obtener utilizando el software EthoVision XT. Teniendo como principal objetivo reducir costos, concluyen que es suficiente obtener solo la distancia y duración en el área seleccionada. Los datos de entrada que Charoenpong et al. [2012] utilizan son secuencias de imágenes, ejecutando el método de agrupación K-means se extrae la rata de cada imagen, el ruido es eliminado implementando técnicas de erosión y dilatación.

Se propone realizar un sistema asequible utilizando un sensor térmico y una Raspberry Pi Zero W para capturar y almacenar videos que permitan implementar técnicas de procesamiento de imagen para recabar información de la trayectoria del roedor y la frecuencia en la que éste se ubica por diferentes áreas, generando resultados que puedan ser útiles para evaluar la memoria a corto plazo que tiene el roedor.

2. Métodos

Con la prueba de reconocimiento de objetos es posible cuantificar la conducta del roedor cuando en la caja aparece un objeto nuevo. El método utilizado consiste en dejar al roedor explorar la caja vacía durante cinco minutos, después se le deja reposar en su jaula de cautiverio durante dos minutos, pasado ese tiempo, el roedor es reingresado a la caja, pero ahora con dos objetos idénticos en color y forma, como puede apreciarse en la figura 2, todo el proceso es descrito en un diagrama a bloques.



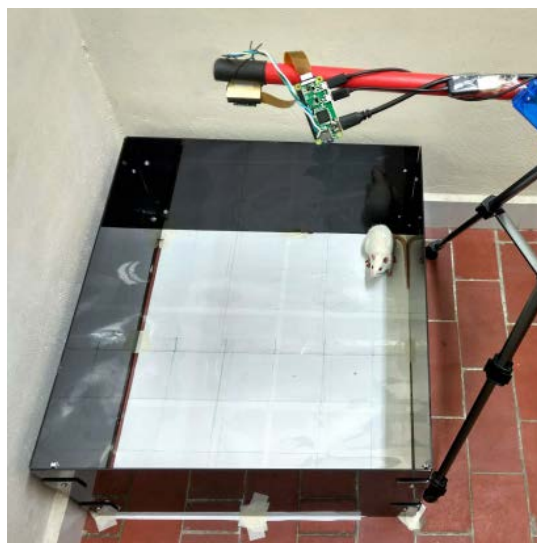
Fuente: Elaboración propia.

Figura 2 Proceso de experimentación.

La siguiente etapa consiste en cambiar un objeto por otro diferente, así el investigador puede determinar la conducta del roedor ante el objeto nuevo. Estas pruebas son realizadas con objetos de fácil limpieza. Toda la información descrita

debe ser capturada en video, para no alterar la prueba. Después, todos los archivos son analizados con el fin de obtener el mayor número de puntos donde el roedor estuvo durante el tiempo que duró dicha prueba.

La minicomputadora proporciona librerías que permiten el uso del sensor térmico. Además, puede almacenar los videos para después ser procesados en MATLAB, que es un software competente para la implementación del algoritmo que ubica los puntos recorridos por el roedor. En él se puede fragmentar un video en fotogramas de forma fácil y así ejecutar un algoritmo que proporcione el centroide del roedor en cada fotografía. La Raspberry Pi Zero W es fundamental para el manejo de dispositivos periféricos que tengan comunicación mediante un bus I2C. Gracias a este bus, se reduce el uso de cables en el arreglo. También es posible visualizar en tiempo real la imagen térmica del roedor a través de la interfaz gráfica que tiene la minicomputadora. Para el análisis se hicieron pruebas con la cámara térmica y el roedor para poder calibrar el rango de colores asociado a la temperatura del roedor, esto es posible gracias a las librerías, ya que se logra ajustar el rango de temperatura que se desea visualizar, después de varias pruebas de campo, para esto se implementó con un trípode una base para la cámara térmica, mostrado en la figura 3. Se obtuvo un reconocimiento del roedor preciso a una escala que oscila entre los 23 y los 24° C, con el sensor posicionado a una altura de 65 cm.



Fuente: Elaboración propia.

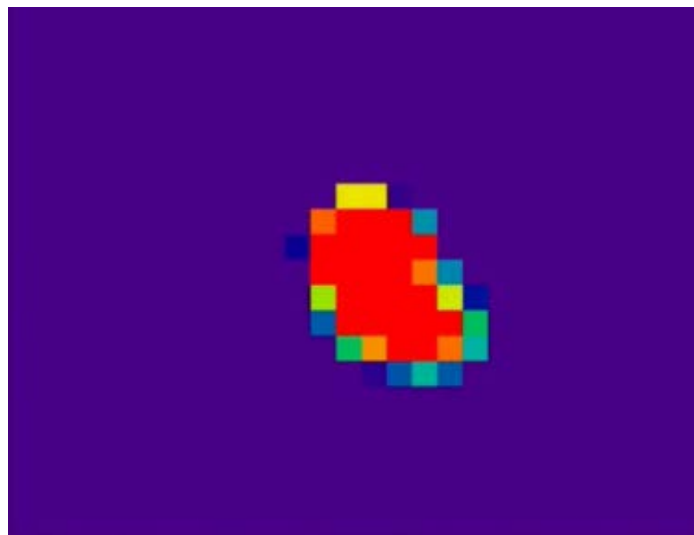
Figura 3 Captura de la imagen térmica del roedor.

Antes de comenzar a generar los videos con el sensor térmico, se prueba con ayuda de una videocámara que los datos obtenidos en el rango visible y el infrarrojo sean similares. Después de utilizar el software necesario para sincronizar el rango visible de una cámara (figura 4) y el rango infrarrojo de la cámara térmica (figura 5) se puede determinar que la información obtenida mediante el sensor AMG8833 es confiable para visualizar el desplazamiento del roedor.



Fuente: Elaboración propia.

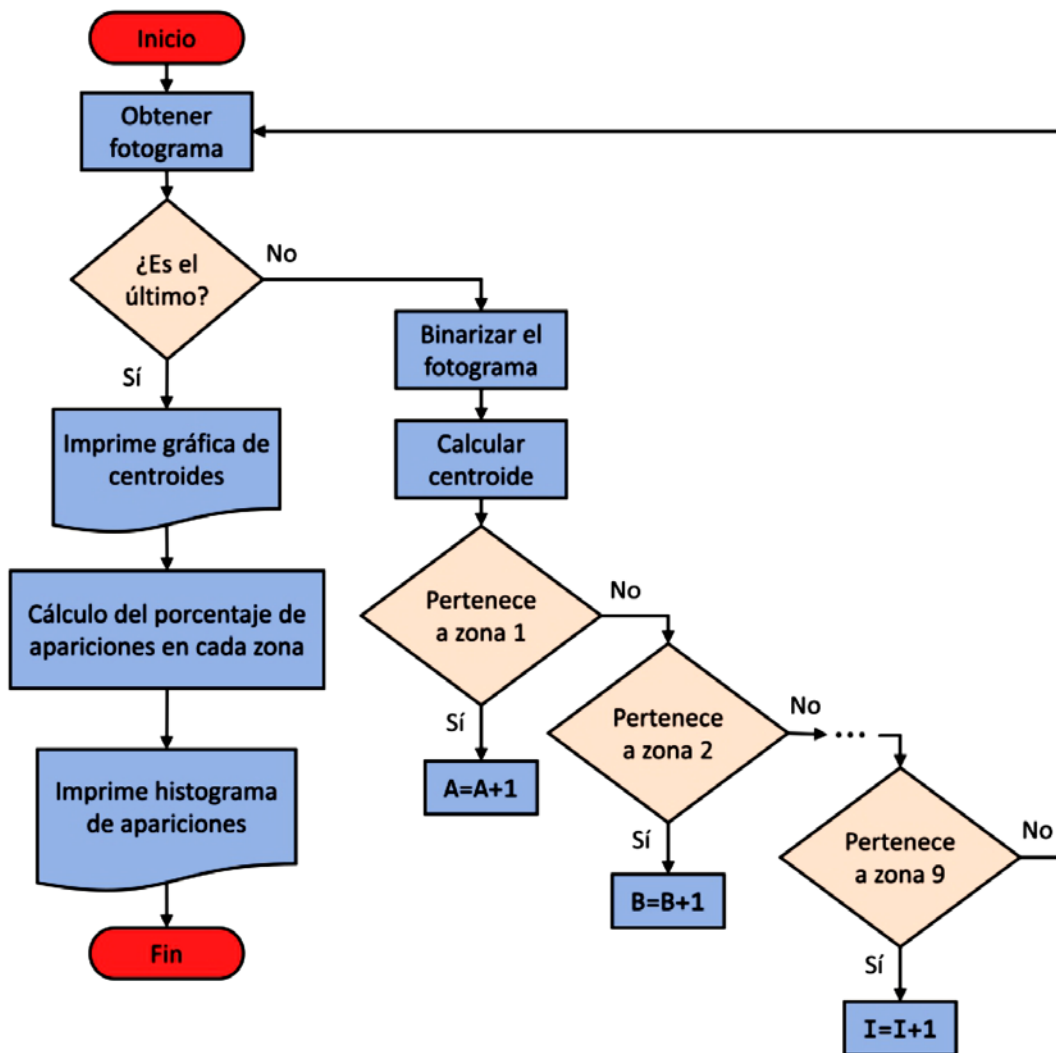
Figura 4 Imagen del roedor en el rango visible.



Fuente: Elaboración propia.

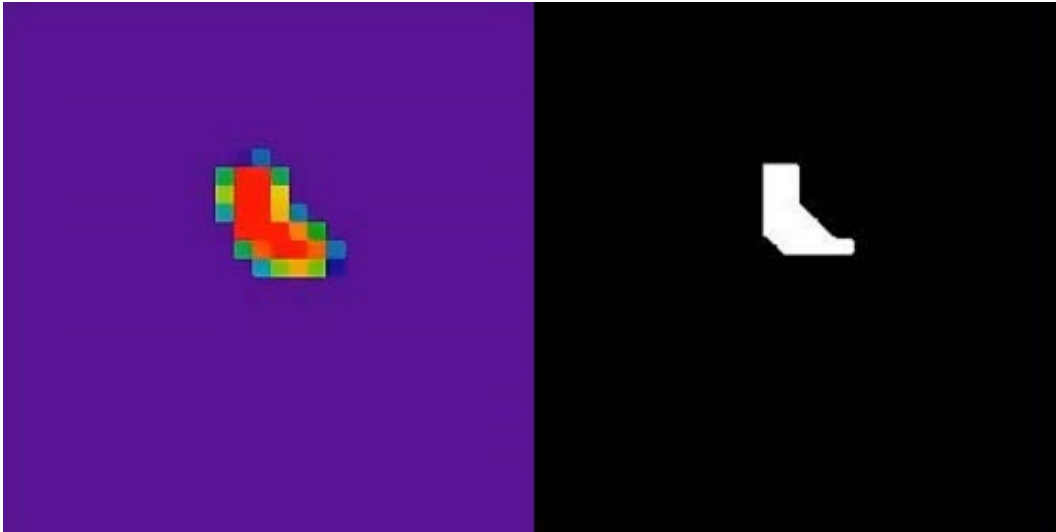
Figura 5 Imagen infrarroja del roedor.

Una vez grabados todos los videos necesarios donde muestren al roedor realizando la prueba de reconocimiento de objetos, se ejecuta un algoritmo utilizando MATLAB, el cual se explica con un diagrama de flujo en la figura 6. Comienza con reconocer en cada fotograma el vector RGB correspondiente a la temperatura máxima que emite el roedor, de esta forma, es posible crear una función que genere una imagen binaria (figura 7) y obtenga el centroide de la matriz de unos (figura 8). Cada centroide es impreso en una sola gráfica para mostrar todas las posiciones del roedor.



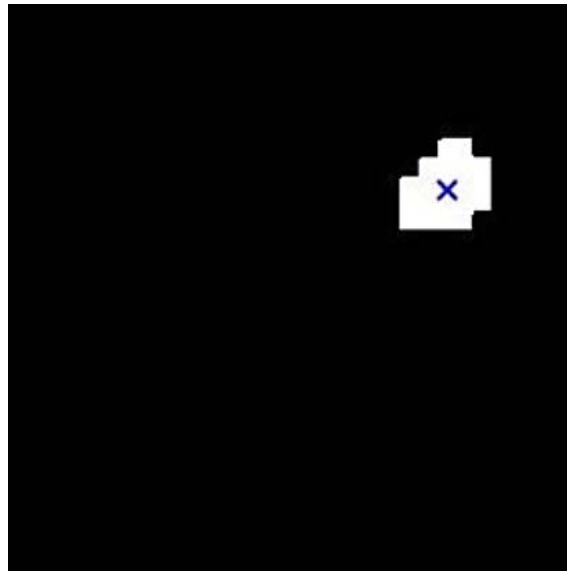
Fuente: Elaboración propia

Figura 6 Diagrama de flujo del algoritmo propuesto.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 7 Binarización de un fotograma.



Fuente: Elaboración propia.

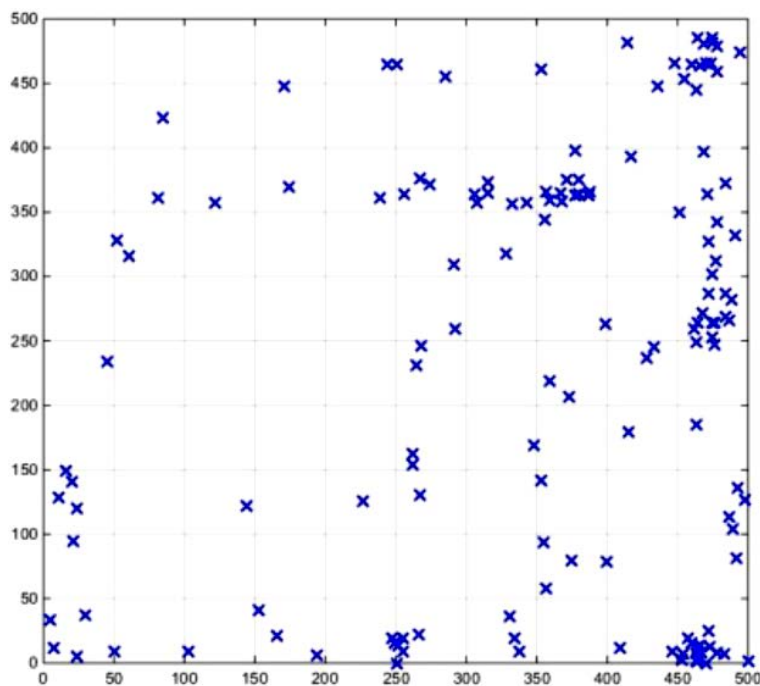
Figura 8 Ubicación del centroide.

3. Resultados

Se obtuvieron 6 videos, los cuales, se almacenaron en la Raspberry Pi Zero W, esta tiene un procesador ARM11 de 1 GHz, una RAM de 512 MB, un puerto mini HDMI, alimentación de 5 V vía micro USB, un puerto para una cámara de video, Bluetooth 4.0, además, la versión cuenta también con Wifi integrado, Tzivaras [2017]. El sensor térmico AMG8833 opera a un voltaje de 1.6 a 3.6 V, cuenta con

dos velocidades de captura, 1 FPS y 10 FPS, el rango de temperaturas que se pueden registrar está entre 0 y 80 °C, la distancia máxima de detección es de 6 metros. Entonces, visualizando en tiempo real la imagen térmica, se determinó que con una velocidad de 10 FPS es suficiente para correr un algoritmo sin perder información significativa. Durante la captura de los videos, se observaron algunas contribuciones de temperatura que emitía el ambiente en el que se realizaron las pruebas, ya que no fueron realizadas en un lugar con temperatura controlada, ocasionando un porcentaje de error en los resultados finales.

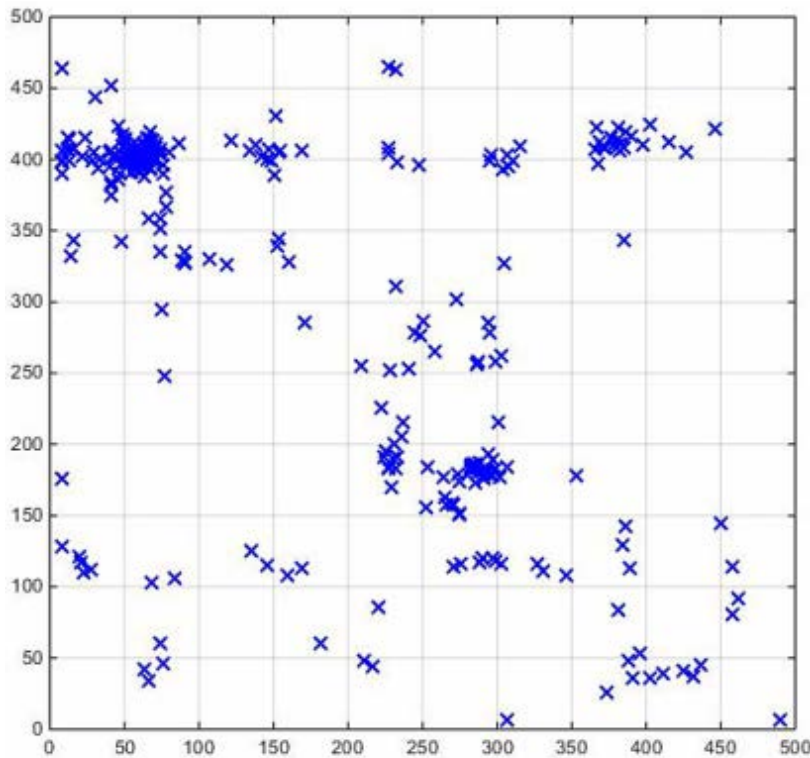
A partir de estos videos y ejecutando el algoritmo implementado en MATLAB versión R2014b se obtuvieron gráficas de la trayectoria del roedor durante toda la prueba, que describen el comportamiento en cada video. La primera gráfica muestra como el roedor explora la caja de pruebas (figura 9). Este desplazamiento suele darse cuando el roedor explora un lugar nuevo, y una vez que se acostumbra prefiere quedarse en un solo lugar. También se encuentra un factor clave que es el entrenamiento previo del roedor, ya que algunos de estos animales tienden a explorar muy poco y esto puede afectar en el desarrollo de la prueba.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 9 Seguimiento del roedor en el primer video.

Para la segunda gráfica se puede observar como el roedor tiene más movimiento dentro de la caja, esto es debido a los objetos ingresados en la caja, puede verse en la figura 10 como los objetos son visitados con frecuencia.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 10 Seguimiento del roedor en el sexto video

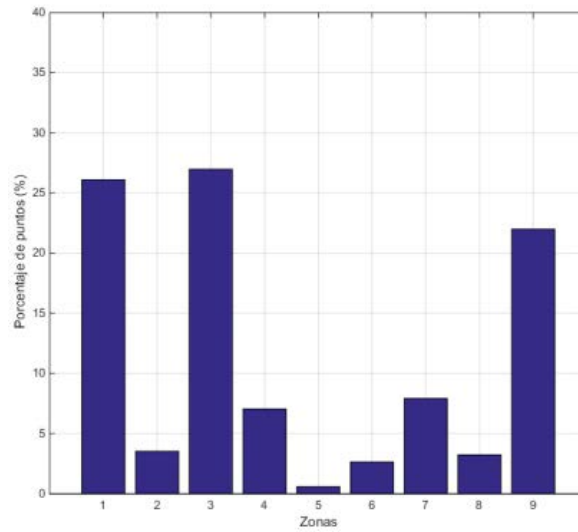
El interés de los roedores hacia los objetos nuevos es muy común, además de que, según la forma y color es muy probable que sientan más atracción o miedo hacia ellos. Para mostrar el porcentaje de apariciones en cada zona de la caja de experimentos debe realizarse una distribución de ella, tal acción es mostrada en la figura 11, donde se aprecia un total de 9 zonas.

El primer histograma expuesto en la figura 12 la zona más visitada es la 3 y la menos frecuente correspondería a la zona 5, el video de este análisis se tomó durante la exploración y se observa que el roedor pasa más tiempo en los extremos de la caja. En la segunda gráfica de porcentajes manifestada en la figura 13 puede apreciarse que, por mucho, la zona más frecuentada es la 7, seguido de la zona 5, con casi el 20% de todo el recorrido.

7	8	9
4	5	6
1	2	3

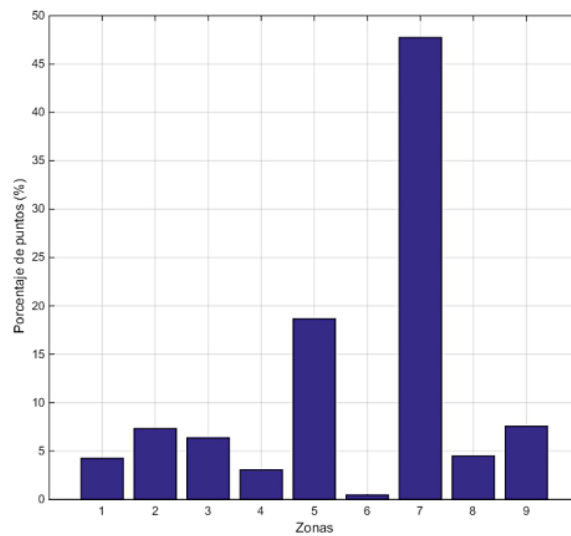
Fuente: Elaboración propia.

Figura 11 Distribución de las zonas para el conteo de incidencias.



Fuente: Elaboración propia

Figura 12 Porcentaje de puntos por zona del primer video.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 13 Porcentaje de puntos por zona del sexto video.

La tabla 1 de resultados muestra el análisis de los videos restantes que fueron utilizados para efectuar el algoritmo de seguimiento. Como podemos visualizar, la ubicación del roedor entre las zonas es contrastante, los histogramas no presentan porcentajes que contradigan a simple vista las gráficas de frecuencia de puntos. Además, la forma en que se proporciona la información es concreta para conseguir próximas interpretaciones acerca del comportamiento en roedores.

Tabla 1 Resultados de los videos analizados.

Número de video	Momento de la prueba	Duración (min)	Roedor	Características
1	Exploración	5	A	Se observó al roedor un 27% en la zona 3 y la zona 1 tuvo 26% incidencias.
2	Primer reconocimiento	5	A	Se encontró una incidencia de 35% en la zona 9, seguida de un 42% en la zona 8.
3	Segundo reconocimiento	5	A	El roedor estuvo un 21.1% en la zona 3, seguido de un 37.5% en la zona 2.
4	Exploración	5	B	El análisis capturó un máximo de 29.2% en la zona 3 y una frecuencia mínima de 4% en la zona 9.
5	Primer reconocimiento	5	B	El roedor estuvo con mayor frecuencia en la zona 3 con 27%, después un 24.7% en la zona 9
6	Segundo reconocimiento	5	B	Se pudo observar que el roedor tuvo mayor incidencia en la zona 7 con un 47.7% y menor con 0.6% en la zona 6.

Fuente: Elaboración propia.

4. Discusión

El uso del sensor infrarrojo genera una imagen capaz de ignorar detalles que pueden aparecer en el espectro visible, como los reflejos de luz que emiten algunos materiales, permitiendo un mejor seguimiento del roedor. Mostrado el punto anterior, se debe reconocer que, aun teniendo ventajas, la forma en que se observa al roedor es menos precisa a la hora de reconocer sus extremidades, ya que al observar su calor emitido solo es posible, hasta el momento, determinar la región donde se encuentra.

Trabajar con el sensor AMG8833 permite dejar de lado la necesidad de un ambiente controlado en iluminación, colores que puedan interferir en la ubicación de los

centroides y posibles reflejos de la caja de pruebas, el único punto esencial es capturar de manera adecuada el rango de temperatura que emiten los roedores en cautiverio, para poder obtener su imagen en el rango infrarrojo. Por último, cabe señalar que la Raspberry Pi Zero W permite utilizar de manera portátil el sensor térmico para tomar los datos de cada experimento.

Haciendo un barrido a los fotogramas, se obtenían algunos errores para identificar el color que se estaba filtrando, dando así fotografías vacías y una cierta pérdida de datos. Aunque fuera una cifra muy pequeña, ocasiona que el porcentaje de fiabilidad de los resultados no sea completo. Toda la información que pueden proporcionar las gráficas a los investigadores da una buena aproximación para utilizar este método como base durante los experimentos.

Se concluyó que es posible obtener la trayectoria del roedor en el experimento, también se logró contabilizar las incidencias que tuvo el roedor en cada zona de la caja. El sistema propuesto por un sensor térmico, memoria micro SD, fuente de alimentación micro USB y una Raspberry Pi Zero W tienen en conjunto un precio que ronda entre los US\$70, el cual es un precio competitivo para obtener la trayectoria y porcentaje de incidencias por zonas de un roedor. Cabe mencionar que la Raspberry Pi Zero W puede ser fácilmente reemplazada por su antecesora la Raspberry Pi Zero, debido a que cuenta con las mismas características, a excepción del Bluetooth y Wifi, razón por la cual cuesta solo US\$5. Para trabajos futuros se espera que el sistema pueda ser integrado como un solo dispositivo, capaz de poder ajustarse a diferentes medidas de cajas de experimentos. Con un mayor número de pruebas se espera generar un reconocimiento de patrones térmicos para determinar cuando el roedor está erguido. También se pretende poder ejecutar el algoritmo y agregar un envío de los resultados a la nube empleando únicamente la Raspberry Pi Zero W.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] De La Torre, C., Hernández, C., Gutiérrez, J., Chacón, M. (octubre, 2013). Congreso Internacional de Ingeniería en Electrónica. Sistema de visión para rastreo inteligente de un roedor en un laberinto, pp. 438-441.

- [2] Chanchanachitkul, W., Nanthiyanuragsa, P., Sangpayap, R., Thongsaard W., Charoenpong, T. (2015). International Conference on Knowledge and Smart Technology. Local foreground extraction technique for rat walking behavior classification, 7, 54-59. doi: 10.1109/KST.2015.7051461
- [3] Charoenpong, T., Promworn, Y., Thangwiwatchinda, P., Senavongse, W., Thongsaard, W. (2012). Biomedical Engineering International Conference. An Experimental Setup for Measuring Distance and Duration of Rat Behavior, 5, 1-5. doi: 10.1109/BMEiCon.2012.6465418
- [4] Cuevas, E., Zaldívar, D., Pérez, M. (2010). Procesamiento digital de imágenes usando Matlab & Simulink. Madrid, España: RA-MA.
- [5] Jhuang, H., Garrote, E., Yu, X., Khilnani, V., Poggio, T., Steele, A. D., Serre, T. (septiembre, 2010). Nature Communications. Automated home-cage behavioural phenotyping of mice, 1(68): <https://www.nature.com/articles/ncomms1064>.
- [6] Noldus, L. P. J. J., Spink, A. J., Tegelenbosch, R. A. J. (2001). Behavior Research Methods, Instruments, & Computers. EthoVision: A versatile video tracking system for automation of behavioral experiments, 33(3), 398-414.
- [7] Tazivaras, V. (2017). Raspberry Pi Zero W Wireless Projects. Birmingham, United Kingdom: Packt.