

IDENTIFICADOR DE TORTUGAS EN DESOVE EN SITIO

Área técnica: Sistemas Digitales y Computación

José Ignacio Vega Luna, Mario Alberto Lagos Acosta, Gerardo Salgado Guzmán, Francisco Javier Sánchez Rangel, José Francisco Cosme Aceves, Víctor Noé Tapia Vargas.

Área de Sistemas Digitales, Dpto. de Electrónica, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco.

Av. San Pablo 180, Col. Reynosa, C.P. 02200, Cd. de México.

vlji@azc.uam.mx

RESUMEN.

En este trabajo se presenta un sistema de identificación de caparazones de tortugas en desove. El objetivo fue agilizar la colecta de huevos registrando en una base de datos las coordenadas geográficas de la ubicación de desoves para prevenir saqueos. El sistema identifica los caparazones y huevos de tortugas con una cámara modelo Pixy2 por sus patrones geométrica, se registran midiendo la variación de temperatura en el desove usando una cámara térmica infrarroja. Un vehículo robótico transporta las cámaras en zonas costeras de playas del Golfo de México, recorriendo áreas de desove. Para cada tortuga identificada se registra la hora, fecha y coordenadas de ubicación. El sistema captura y almacena la geolocalización, procesa las imágenes y realiza el control del vehículo robótico usando un microcontrolador embebido Raspberry Pi 2. Se lograron exactitudes del 96.5% en la determinación de las coordenadas y 87% en la identificación de tortugas.

Palabras Clave: cámara térmica infrarroja, desove, Pixy2, Raspberry Pi 2, tortugas.

ABSTRACT.

This paper presents a spawning turtle shell identification system. The objective was to speed up the collection of eggs by registering the geographical coordinates of the spawning location in a database to prevent looting. The system identifies the shells and eggs of turtles with a Pixy2 model camera for their geometric patterns, they are recorded by measuring the temperature variation in spawning using an infrared thermal camera. A robotic vehicle transports the cameras in coastal areas of beaches of the Gulf of Mexico, crossing spawning areas. For each identified turtle, the time, date and location coordinates are recorded. The system captures and stores the geolocation, processes the images and performs the control of the robotic vehicle using a Raspberry Pi 2 embedded microcontroller. Accuracies of 96.5% were achieved in determining the coordinates and 87% in the identification of turtles.

Keywords: infrared thermal camera, Pixy2, Raspberry Pi 2, spawning, turtles.

1. INTRODUCCIÓN

Con el rápido desarrollo de la electrónica y computación, los dispositivos embebidos se han estado aplicando en varios campos de la vida, medio ambiente, industria y estudio de la naturaleza, como por ejemplo en: edificios, ciudades,

agricultura y granjas inteligentes, entre otras. El medio ambiente natural y la ecología del planeta se han convertido en una preocupación global debido a una variedad de factores. Algunas causas son la contaminación y malas acciones del ser humano. Para identificar y proteger la vida salvaje es importante entender y conservar las características de la población de las diferentes especies [1]. Las tortugas son un caso cuya existencia está amenazada por las causas anteriores. Tradicionalmente, las tortugas marinas se identifican usando etiquetas sujetas al cuerpo o transmisores de señales de radio frecuencia, los cuales pueden separarse o desprenderse. Una solución a este problema es utilizar técnicas de reconocimiento de imágenes aprovechando que cada especie de tortuga tiene un patrón facial o corporal que la identifica. En la actualidad, existen alrededor de 75 géneros y más de 220 especies de tortugas terrestres y dulceacuícolas, de las cuales sólo seis géneros y ocho especies son marinos como se indica en la Tabla I.

Tabla I. Distribución de especies y subespecies reconocidas en la actualidad. En el Golfo y Caribe*, en el Pacífico** y en Australia***.

Género	Especie	Sub-especie	Nombre común
Caretta*	caretta	caretta	caguama
Caretta**	caretta	gigas	perica
Chelonia*	mydas	—	blanca
Chelonia**	agassizii	—	prieta
Eretmochelys**	imbricata	imbricata	carey
Eretmochelys**	imbricata	bissa	carey
Lepidochelys*	kempii	—	lora
Lepidochelys*	olivacea	—	golfinia
Dermochelys*	coriacea	coriacea	laúd
Dermochelys**	coriacea	sclegelii	tinglada
Natator***	despressus	—	kikila

Para un grupo de animales tan poco conocido, podría parecer una cantidad exagerada más de doscientas especies, sin embargo, esto es solamente un pálido reflejo de la variedad que existió en épocas pretéritas. Las tortugas iniciaron su evolución

en el periodo Triásico, a principios del Mesozoico, hace por lo menos 200,000,000 de años, antes que los grandes reptiles acuáticos, terrestres y voladores, como los ictiosaurios, dinosaurios y pterodáctilos, alcanzaran su esplendor máximo. La mayoría de ellos se fueron extinguiendo entre el Cretácico, hace 13,000,000 de años, y principios del Cenozoico, hace 65,000,000 de años, cuando el mundo empezaba a ser del dominio de las aves y los mamíferos placentados, aparentemente con mejores posibilidades de adaptarse a los cambios climáticos repentinos.

La regulación térmica en los reptiles es importante para el momento del desove. La gran mayoría de ellos presenta problemas para retener el calor metabólico. Esto se debe a que tienen una superficie de aislamiento pobre, es decir, una piel muy delgada, particularmente los más pequeños. En muchos casos se necesita una regulación térmica a través de ritmos exógenos, como es la permanencia por periodos más o menos prolongados en lugares soleados, o helioterapia. En el caso de las tortugas marinas, aunque llegan a tener gran tamaño, es relativa la termorregulación, debido a la influencia del medio que las rodea, ya que el agua es mejor conductor térmico que el aire y esto las obliga a permanecer la mayor parte del tiempo en zonas preferentemente templadas o tropicales, siempre por encima de los 20 °C.

Las variaciones de temperatura que toleran las tortugas marinas dependen en gran medida del tamaño del animal y del estado de salud. En el Laboratorio de Chesapeake, de la Universidad de Maryland, el doctor Schwartz (1978), al estudiar el efecto de la temperatura en las tortugas encontró que por debajo de 15 °C los adultos disminuyen rápidamente sus actividades y tienden a flotar dejándose llevar por las corrientes. A temperaturas menores a los 10 °C dejan de alimentarse, y cuando los valores son inferiores a los 5 °C o 6 °C entran en estado comatoso y en pocas horas mueren. Estos valores parecen afectar en menor grado a los jóvenes y a las crías, las cuales, por causas desconocidas, parecen soportar hasta 3.5 °C o 4.5 °C antes de morir. Lo que más afecta a las tortugas es un cambio repentino hacia bajas temperaturas, una rápida caída desde 15 °C o 20 °C de temperatura ambiente hasta 5 °C o 6 °C, y resulta fatal cuando permanecen a bajas temperaturas por periodos prolongados. Aparentemente, a la tortuga laúd no le afectan estas temperaturas bajas, ya que su piel gruesa y su mecanismo termorregulador le permiten mantener su cuerpo hasta más de 15 °C por encima de las temperaturas mínimas antes mencionadas, lo que les faculta para soportar con mayor eficiencia las variaciones climáticas. Por el contrario, temperaturas mayores a los 35 °C provocan problemas a todas las especies de tortugas marinas, causándoles lasitud y ninguna de ellas llega a tolerar periodos prolongados por encima de los 40 °C sin verse afectada fisiológicamente e incluso pueden llegar a la muerte.

Existe también una variación en el equilibrio de la cantidad de agua que contienen los huevos. Desde el momento en que son depositados en la arena húmeda inician una absorción de agua

durante las primeras horas de la incubación. Los huevos de las tortugas son de cáscara delgada, porosa y poco calcificada, y fácilmente se secan en un medio adverso. Es por esto que la mayoría de los desoves ocurren durante la época de lluvia enterrados en la arena, a 30 o más centímetros de profundidad y humedad relativa de 15 % aproximadamente. Al absorber el agua, los huevos se tornan turgentes y su peso aumenta alrededor de 5 % veces en unas cuantas horas. La cáscara del huevo tiene características de permeabilidad osmótica, tanto a líquidos como a gases, y a través de ella se efectúan los intercambios necesarios durante los casi dos meses que dura el desarrollo embrionario.

El ciclo reproductor presenta, además de la componente anual, una componente mensual, quincenal o decenal y el momento del desove puede ser influido principalmente por las fases lunares, mareas, temperatura e inclusive fuerza y dirección del viento. Además, por características morfológicas y fisiológicas, el desove no ocurre en una sola puesta, sino que las tortugas en cada temporada desovan de 2 a 5 o más ocasiones, siendo la frecuencia y cantidad de desoves características de la especie. En el caso de las tortugas lora y golfin, que son principalmente anuales y forman arribazones, el ciclo es lunar, de 28 días, generalmente durante los cuartos menguantes. Para el resto de las especies, que no son anuales y no forman grandes arribazones, el ciclo principalmente es de 10 a 14 días, aunque en algunos casos, como por ejemplo en la tortuga laúd, se observa un pico durante las lunas nuevas; además, en esta especie por lo general la cantidad de puestas es mayor a tres y en ocasiones un mismo individuo desova más de siete veces en una sola temporada.

La anidación comúnmente la efectúan durante el verano, en playas arenosas, dentro de zonas tropicales y subtropicales que se encuentran aproximadamente entre los 40° N y 30° S, siempre con temperaturas por encima de los 24 °C en el agua superficial del mar. Es característico el sitio en la playa que cada género selecciona para anidar y parece estar relacionado con la talla y el peso promedio del animal como se muestra en la Figura 1.

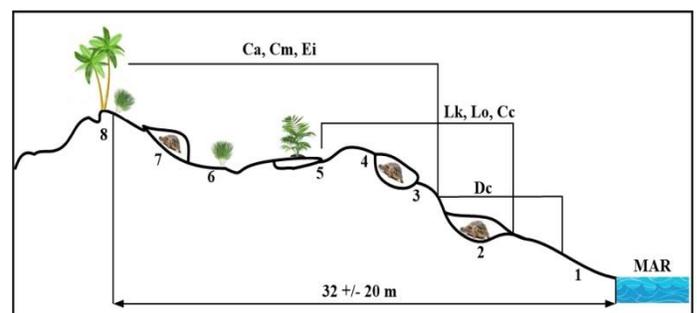


Fig. 1. Sitios de anidación de las tortugas en la playa, según la conducta de las diferentes especies. Ca, Cm: *Chelonia*, Cc: *Caretta*; Ei: *Eretmochelys*; Lk, Lo: *Lepidochelys*, Dc: *Dermochelys*

Así, el género *Dermodochelys* que alcanza la mayor talla y llega a las playas de pendiente más pronunciada y de alta energía, por lo regular anida al primer intento, en espacios libres de vegetación y a sólo unos metros más allá de la línea de mareas más altas. Las tortugas del género *Lepidochelys* arriban a las playas de barrera arenosa y generalmente suben hasta la primera berma o terraza, donde es común que aniden al primer intento, en espacios libres de vegetación. A menos de que encuentren algún obstáculo como raíces, piedras o madera enterrada, buscarán un nuevo sitio cercano al primero, donde intentarán nuevamente excavar el nido. En el caso de la tortuga blanca (*Chelonia*), el recorrido que realiza es mucho más largo, ya que por lo general sube hasta la segunda terraza, pero casi nunca desova al primer intento y en múltiples ocasiones recorre distancias de más de cien metros antes de hacer el nido definitivo, siempre buscando espacios libres de vegetación. Por el contrario, la tortuga de Carey (*Eretmochelys*), aunque también sube a la segunda terraza, no efectúa recorridos tan extensos y es muy frecuente encontrarla anidando entre los arbustos. La Caretta busca una situación intermedia, ya que anidan al final de la primera terraza, en lugares libres de vegetación y comúnmente al primer intento.

El objetivo de este trabajo fue implantar un sistema de control de recolección de huevos de tortuga para lograr la mayor cantidad de crías posibles a través de su correcta liberación. El sistema desarrollado permite dar seguimiento a los lugares donde desovan las tortugas identificando el sitio y almacenando las coordenadas geostacionarias en una base de datos. Adicionalmente, el sistema puede identificar la forma del caparazón a través de un módulo de procesamiento de imágenes e ignorar otros objetos, como rocas y arbustos, por medio de la medida térmica del cuerpo. Usando las coordenadas GPS, las personas encargadas de recolectar los huevos ocultos por las tortugas, pueden acudir específicamente a las ubicaciones registradas en la base de datos del sistema.

Las investigaciones realizadas los últimos años referentes al monitoreo, protección y conservación de tortugas han utilizado diferentes técnicas para: crianza de tortugas basado en tarjetas Raspberry Pi y contenedores virtuales para controlar los parámetros ambientales [2]; creación de robots submarinos para detección y seguimiento de tortugas usando ondas de sonar multi-haz y redes neuronales convolucionales [3]; registro de coordenadas de los lugares en las costas donde quedan atrapadas y varadas las tortugas por causas ajenas al ser humano, como por ejemplo redes de pesca [4]; construcción de dispositivos de radio para localización de tortugas en mar abierto [5]; identificación facial de tortugas usando la distancia Eucladiana y algoritmos de muestreo optimizado [6]; localización marina y terrestre por medio de redes de sensores inalámbricos en lugar de usar beacons, o balizas, satelitales las cuales han demostrado que no se adaptan y sujetan eficientemente al cuerpo del animal [7]; desarrollo de herramientas de diseño de materiales de construcción de líneas

y redes de pesca para evitar que se enreden las tortugas [8]; observación y monitoreo de tortugas marinas desde plataformas en ferrys [9] y caracterización del hábitat de la tortuga marina usando imágenes satelitales para identificar el área de cobertura del animal y velocidad del viento [10], entre otras.

Recientemente, para entender el comportamiento de tortugas se han llevado a cabo diferentes trabajos como los siguientes: estudio del impacto de las olas en la corteza visual para determinar la localidad de desove usando la teoría de detección Bayesiana [11]-[12]; simulación del campo visual a través de las olas para determinar la ruta del movimiento [13]; estudio del hábitat de tortugas en base a modelos construidos usando imágenes satelitales [14] y modelos de sustentabilidad ambiental para la conservación de tortugas usando celdas de telemetría e identificar áreas de máxima adaptación y concentrar en ellas esfuerzos de monitoreo [15]. En varias comunidades de las costas del estado de Veracruz y límites con Tampico, la forma de identificar a las tortugas que están desovando se lleva a cabo tradicionalmente de forma visual por las personas que se dedican a la recolección y cuidado de estos animales. En varias comunidades de las costas del estado de Veracruz y límites con Tampico, la forma de identificar a las tortugas que están desovando se lleva a cabo tradicionalmente de forma visual por las personas que se dedican a la recolección realizando rondines por kilómetros en la costa. La aportación de este trabajo es proporcionar un mecanismo rápido, eficiente y oportuno de ayuda en la localización y recolección de huevos de tortuga. Con esto, se protege la vida de este réptil y se reduce el saqueo por parte de los humanos y la depredación por animales para su alimentación.

2. DESARROLLO

El desarrollo del sistema consistió en dividirlo en cuatro módulos funcionales: el vehículo robótico, la cámara con sensor de imagen Pixy2, el sensor térmico y el módulo central. En la Figura 2 se muestra el diagrama de bloques del sistema.

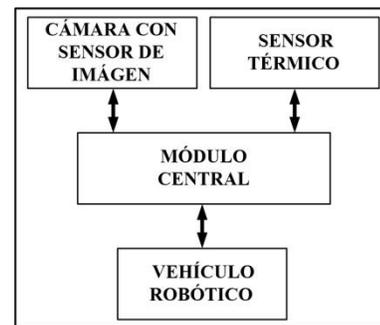


Fig. 2. Bloques funcionales del sistema

2.1. El vehículo robótico.

En este módulo se usó un vehículo robótico integrado por los elementos siguientes: un GPS, motores para locomoción en arena y lógica de control. Este equipo no se construyó aquí, si

no en otro trabajo y se comunica con la lógica principal del sistema como se explica a continuación. El vehículo se diseñó para seguir una ruta de dos kilómetros aproximadamente y retornar al origen. La ruta es por la ladera de la costa. Uno de los parámetros de guía es la altitud, que para esta aplicación es entre 2 y 5 metros sobre el nivel del mar, donde se ubican los desoves de tortugas. La señalización para el módulo central y el vehículo consiste en: detener la unidad unos minutos, continuar la marcha y solicitar las coordenadas GPS para almacenarlas en una memoria SD de 64 GB instalada en el módulo central. La comunicación entre el módulo central y el vehículo robótico se realizó mediante transmisión serie. En la Figura 3 se muestra el vehículo robótico usado.

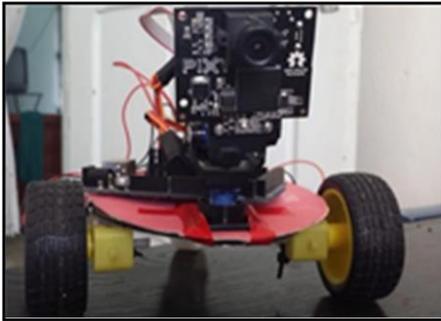


Fig. 3. Vehículo robótico

2.2. La cámara con sensor de imagen Pixy2.

Se usó la cámara con sensor de imagen Pixy2 CMUcam5 de Charmed Labs. Este dispositivo es un módulo compacto, de respuesta rápida y con buenas capacidades de procesamiento. La Pixy2 se puede entrenar para detectar objetos usando un botón y cuenta con algoritmos que permiten detectar y rastrear líneas con robots seguidores. Estos algoritmos pueden detectar intersecciones y señales de tráfico. Las señales de tráfico le pueden indicar al robot la acción a realizar, como por ejemplo girar a la izquierda, girar a la derecha o reducir la velocidad. Este tipo de sensores de visión, o de imágenes, son útiles dada su flexibilidad para configurarse.

Con el algoritmo correcto, estos sensores pueden detectar prácticamente cualquier objeto. Sin embargo presentan dos inconvenientes: 1) Generan una cantidad importante de datos, docenas de megabytes por segundo y 2) El procesamiento de esta cantidad de información puede ralentizar el sistema de procesamiento. La Pixy2 captura 60 cuadros por segundo, por lo que obtiene la actualización completa de las posiciones de los objetos detectados cada 16.7 ms. Esto significa que obtiene la actualización completa de las posiciones de los objetos detectados cada 16.7 ms. La Pixy2 usa un algoritmo denominado CCC (Color Connected Components) de filtrado basado en color para detectar objetos. Los métodos de filtrado basados en color son populares porque son rápidos, eficientes y relativamente sólidos. La Pixy2 calcula el color, o matiz, y la

saturación de cada píxel RGB del sensor de imagen y lo utiliza como parámetro de filtrado primario.

La Pixy2 se puede conectar fácilmente a casi cualquier controlador, ya que cuenta con interfaces serie UART, SPI, I²C, USB y salida digital/análogica. En este trabajo, la Pixy2 se conectó al puerto UART del microcontrolador embebido Raspberry Pi 2 del módulo de procesamiento y fue entrenada para identificar cuerpos elípticos, verdes y grises, ya que son los colores de los caparazones de la mayoría de especies de tortugas que se encuentran en la región para la cual se realizó esta aplicación. La función de la cámara sensor de imagen es la siguiente: cuando el vehículo robótico se encuentra navegando, la cámara gira para buscar formas de objetos elípticos, solicita que el vehículo se detenga para realizar el análisis más adecuado del objeto encontrado y dos minutos después solicita continuar con el trayecto.

2.3. El sensor térmico.

Para el funcionamiento de este módulo se utilizó un sensor infrarrojo de temperatura MLX90640. Este dispositivo responde a las crecientes demandas de aplicaciones para el análisis térmico. El MLX90640 es una alternativa económica a las cámaras térmicas de gama alta. La resolución de este sensor es de 32x24 píxeles, siendo adecuado para aplicaciones de seguridad y monitoreo que incluyen sistemas de prevención de incendios, edificios inteligentes, iluminación inteligente, cámaras de vigilancia, equipos de HVAC y detección de ocupación de asientos de vehículos. Trabaja en el rango de -40 °C a 85 °C y puede medir temperaturas de objetos entre -40 °C y 300 °C. Manteniendo altos niveles de precisión en toda su escala de medición, este sensor de infrarrojos ofrece una precisión en la medida de la temperatura de objetos típica de ± 1 °C. A diferencia de las alternativas de microbolómetro, este sensor no necesita re-calibración frecuente, lo que garantiza el monitoreo continuo de temperatura, reduciendo el costo del sistema. Como se muestra en la Figura 4, el MLX90640 cuenta con 4 terminales e incorpora la óptica necesaria y una interfaz digital I²C para simplificar la conexión a un controlador.

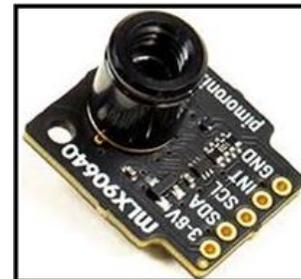


Fig. 4. Sensor infrarrojo de temperatura MLX90640

Este módulo se utiliza después de haber ubicado un objeto con características de un caparazón de tortuga y la tarea que realiza es captar la información termográfica del objeto y monitorear la

temperatura para determinar que es una tortuga en desove. Las tortugas al desovar elevan su temperatura alrededor de 4 °C, pudiendo alcanzar temperaturas de hasta 35 °C. De manera similar, los huevos tienen una temperatura característica, lo que permite, en conjunto con la forma de la tortuga y la temperatura, identificar con gran precisión las tortugas en desove. Mientras más eficiente sea la programación del sensor de formas de caparazón y más cercanas sean las aproximaciones del robot a las tortugas, se obtienen mayores porcentajes en la identificación de las tortugas desovando. Sería distinto si se identificara una roca que tenga la forma similar a un huevo, la cual no presentaría la misma temperatura.

2.4. El módulo central.

Para implantar este módulo se utilizó un microcontrolador embebido Raspberry Pi 2 ya que por sus características de procesamiento y conectividad fue el adecuado para este sistema. Para la operación del Raspberry Pi 2 se instaló el sistema operativo necesario y el lenguaje de programación Python. La programación en Python permitió implantar el algoritmo para procesar la información obtenida a través del sensor de imagen y el sensor térmico. Cuando se identifica una tortuga en desove, se solicita al módulo del vehículo robótico registrar las coordenadas de geolocalización en la base de datos de la memoria SD. Esto se hace con el fin de que al retornar el vehículo puedan consultarse las coordenadas y una persona se dirija a coleccionar los huevos. En la Figura 5 se muestra el diagrama de flujo usado para realizar la programación del módulo central.

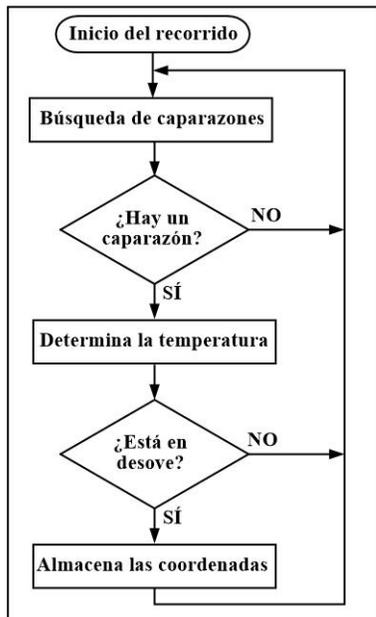


Fig. 5. Diagrama de flujo de la programación del módulo central

3. RESULTADOS

Se realizó un conjunto de pruebas con 60 desoves de tortugas en una localidad cercana a Nautla, Veracruz durante el mes de agosto del 2019 entre las 17:00 y 19:00 horas. Esta localidad es un área dedicada a la protección de los nidos de tortugas y recolección de huevos. El primer objetivo de las pruebas fue determinar la exactitud de las coordenadas de los desoves reportadas por el sistema. En el desarrollo de las pruebas se siguió al robot y cuando el sistema identificó el desove se midió con un flexómetro la distancia entre las coordenadas del lugar del desove y las indicadas por el robot. Se consideró como error cuando la distancia fue tres o más metros. Los resultados mostraron que la distancia entre el punto real del desove y el reportado por el robot fue, en promedio, 1.218 metros y la exactitud lograda fue 93.57%. En la Figura 6 se muestra la ubicación geo-satelital y las coordenadas de algunas ubicaciones de los desoves en las que se realizaron las pruebas.

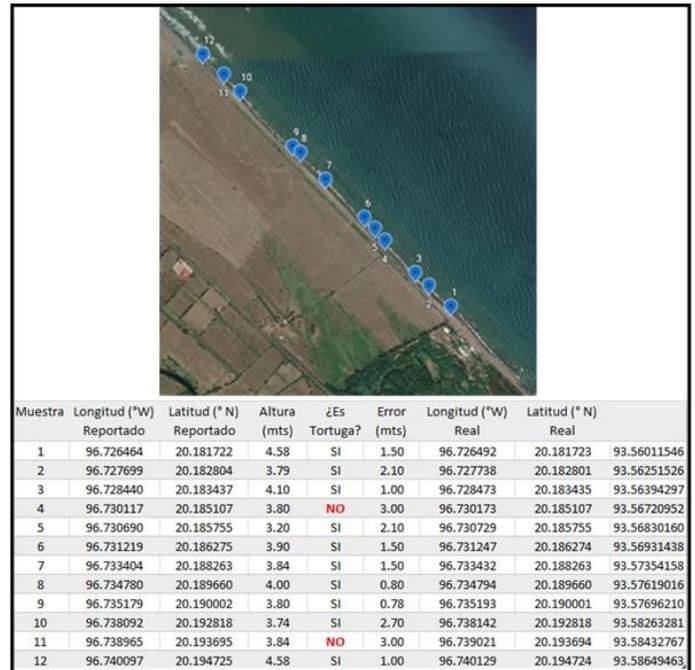


Fig. 6. Ubicación de los desoves y resultados de las pruebas

El segundo objetivo de las pruebas fue determinar la exactitud en la identificación de las tortugas desovando. De las 60 pruebas realizadas el sistema reconoció las tortugas en 57 de ellas. Esto indicó que la exactitud lograda en la identificación fue 95%. Adicionalmente, se llevaron a cabo pruebas en las que se colocaron frente al sistema objetos con forma similar a una tortuga y el sistema, de forma correcta, no las reconoció como tortuga, evitando así los falsos positivos.

4. CONCLUSIONES

Se obtuvo un sistema de utilidad para las personas encargadas de realizar búsquedas de tortugas y desoves. La aplicación resuelve una necesidad real en una actividad que tradicionalmente se lleva a cabo de forma manual y visual, disminuyendo el tiempo y recursos humanos dedicados. Proporciona la ubicación de los desoves con una exactitud aceptable. El sistema se puede ajustar de acuerdo a la especie de tortuga a identificar realizando cambios mínimos en la programación.

Se tiene planeado adicionar a corto plazo al sistema dos funcionalidades: la identificación de más de una tortuga cuando se encuentren en el mismo lugar del desove y la integración de un transceptor de tecnología inalámbrica de largo alcance, por ejemplo LoRa, para transmitir la información del robot a una estación base y controlarlo remotamente desde ella.

5. REFERENCIAS

- [1] Y. A. Loukissas, FOREWORD, Boston, MIT Press, 2019, ix-x.
- [2] Y. Song, J. Xie, Q. Huang, M. Wang, "Design and Implementation of Turtle Breeding System Based on Embedded Container Cloud", 2nd IEEE Advanced Information Management, Communicates, Electronic and Automation Control Conference (IMCEC), Xi'an, China, 2018, 2531-2534.
- [3] H. Horimoto, T. Maki, K. Kofuji, T. Ishihara, "Autonomous Sea Turtle Detection Using Multi-beam Imaging Sonar: Toward Autonomous Tracking", IEEE/OES Autonomous Underwater Vehicle Workshop (AUV), Porto, Portugal, Portugal, 2018, 1-4.
- [4] G. Cirelli, A. Pisto, F. Ardolino, A. Colucci, E. Ottone, "Distribution and causes of sea turtles stranding on the Ionian coast of Calabria, Apulia and Basilicata", IEEE International Workshop on Metrology for the Sea; Learning to Measure Sea Health Parameters (MetroSea), Bari, Italy, 2018, 178-182.
- [5] L. Guegan, N. M. Murad, J. M. Lebreton, "Integrating over sea radio channel for sea turtles localization in the Indian Ocean", IEEE Radio and Antenna Days of the Indian Ocean (RADIO), Cape Town, South Africa, 2017, 1-2.
- [6] A. Anuntachai, N. Pantuwong, "An Image-based Sea Turtle Identification using Postorbital Facial Feature Points Matching Technique", 19th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS), Jeju, South Korea, 2019, 1058-1063.
- [7] N. Murad, L. Guegan, S. Bonhommeau, "Why satellite localization beacons are not adapted for marine turtles' study: A sea wireless sensors network solution", Global Information Infrastructure and Networking Symposium (GIIS), St. Pierre, France, 2017, 79-86.
- [8] M. MacNicol, R. Akers, C. Goudey, "Simulation of marine entanglement a software tool used to predict entanglement of leatherback turtles", OCEANS 2017, Anchorage, AK, USA, 2017, 1-8.
- [9] A. Zampollo, M. Azzolin, A. Arcangeli, "Employing ferry as platform of observation for monitoring Loggerhead sea turtle (Caretta caretta) distribution in the Adriatic-Ionian Region", IEEE International Workshop on Metrology for the Sea; Learning to Measure Sea Health Parameters (MetroSea), Bari, Italy, 2018, 140-144.
- [10] R. F. Hardy, C. Hu, B. Witherington, B. Lapointe, A. Meylan, "Characterizing a Sea Turtle Developmental Habitat Using Landsat Observations of Surface-Pelagic Drift Communities in the Eastern Gulf of Mexico", IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, Vol. 11(10), Oct. 2018, 3646-3659.
- [11] X. Du, B. K. Ghosh, P. Ulinski, "Encoding and decoding target locations with waves in the turtle visual cortex", IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Vol. 52(4), March 2005, 566-577.
- [12] X. Du, B. K. Ghosh, P. Ulinski, "Encoding of Motion Targets by Waves in Turtle Visual Cortex", IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Vol. 53(8), Aug. 2006, 1688-1695.
- [13] N. Perera, R. C. Anderson, B. K. Ghosh, "Detection of moving targets in the visual pathways of turtles using computational models", 7th International Conference on Information and Automation for Sustainability, Colombo, 2014, 1-6.
- [14] K. Latifiana, P. Danoedoro, M. As-Singkily, "Spatial Habitat Suitability Modeling of the Roti Snake-Necked Turtle (Chelodina Mccordi) Based on Landsat-8 Imagery and GIS", 4th International Conference on Science and Technology (ICST), Yogyakarta, Indonesia, 2011, 1-6.
- [15] M. Marra, R. Carlucci, C. Pierri, G. Corriero, "A model of environmental suitability for the conservation of the loggerhead turtle Caretta caretta in the Southern Adriatic and Northern Ionian Sea (Central Mediterranean Sea)", IEEE International Workshop on Metrology for the Sea; Learning to Measure Sea Health Parameters (MetroSea), Bari, Italy, 2018, 193-196.