

Sistema de monitoreo de *Rhynchophorus Ferrugineus* en palmeras de la ciudad de Montevideo

Ing. Bruno Masoller

Carrera de Especialización en Inteligencia Artificial

Director: Ing. Juan Ignacio Cavalieri (FIUBA)

Jurados:

Jurado 1 (pertenencia)

Jurado 2 (pertenencia)

Jurado 3 (pertenencia)

Ciudad de Montevideo, junio de 2025

Resumen

Esta memoria describe la implementación de una plataforma para la intendencia de Montevideo que utiliza visión por computadora para detectar la plaga del picudo rojo en las palmeras esta ciudad. El sistema se desarrolló con el objetivo de reducir costos operativos y mejorar la toma de decisiones para el servicio de arbolado de la institución.

Para el desarrollo del trabajo fueron necesarios los conocimientos de visión por computadora, análisis de datos y aprendizaje profundo, así como de despliegue y operaciones de modelos de aprendizaje de máquinas e infraestructura de soporte.

Agradecimientos

Esta sección es para agradecimientos personales y es totalmente **OPCIONAL**.

Índice general

Resumen	I
1. Introducción general	1
1.1. Descripción del problema	1
1.2. Estado del arte	3
1.2.1. Redes convolucionales	3
1.2.2. Detección del picudo rojo en imágenes aéreas	4
1.3. Objetivos y alcance	6
2. Introducción específica	9
2.1. Estilo y convenciones	9
2.1.1. Uso de mayúscula inicial para los título de secciones	9
2.1.2. Este es el título de una subsección	9
2.1.3. Figuras	10
2.1.4. Tablas	11
2.1.5. Ecuaciones	12
3. Diseño e implementación	15
3.1. Análisis del software	15
4. Ensayos y resultados	17
4.1. Pruebas funcionales del hardware	17
5. Conclusiones	19
5.1. Conclusiones generales	19
5.2. Próximos pasos	19
Bibliografía	21

Índice de figuras

1.1. Picudo rojo ¹	1
1.2. Infección y muerte de palmeras por el picudo rojo.	2
1.3. Ejemplo de ortomosaico ²	3
1.4. Red convolucional VGG ³	4
1.5. Proceso de detección realizado por Kagan et al ⁴	5
2.1. Ilustración del cuadrado azul que se eligió para el diseño del logo.	10
2.2. Imagen tomada de la página oficial del procesador ⁵	11
2.3. ¿Por qué de pronto aparece esta figura?	11
2.4. Tres gráficos simples.	11

Índice de tablas

1.1. comparativa-papers	6
2.1. caption corto	12

Dedicado a... [OPCIONAL]

Capítulo 1

Introducción general

En el capítulo siguiente se presenta una introducción general al trabajo realizado. Se describe el problema que el *Rhynchophorus Ferrugineus* (picudo rojo) presenta en las palmeras de la ciudad de Montevideo, el estado del arte en cuanto a trabajos similares y los objetivos planteados por la Intendencia de Montevideo (IM) y por el equipo de trabajo.

1.1. Descripción del problema

El picudo rojo, que puede observarse en la figura 1.1, es un insecto que afecta a las palmeras, especialmente a la *Phoenix Canariensis*, que es la especie más común en Montevideo. Este insecto ha causado un daño significativo en la flora de la ciudad, lo que ha llevado a la Intendencia de Montevideo (IM) a enfocarse en su control y erradicación.



FIGURA 1.1. Picudo rojo¹.

Este escarabajo supone una amenaza grave para las palmeras, ya que una vez infectada, como puede verse en la figura 1.2a, sus larvas se alimentan de su tejido interno, causando el colapso estructural de estas plantas en un período de meses, dado su corto ciclo de vida [1]. Esta amenaza aumenta según la época del año, ya que el insecto tiene diferentes tasas de dispersión y reproducción dependiendo de la temperatura y la humedad. Existen varios tipos de picudos [2], algunos autóctonos y otros introducidos.

¹Imagen tomada de https://es.wikipedia.org/wiki/Rhynchophorus_ferrugineus

La plaga del picudo rojo llegó al Uruguay en 2022 [3], esparciéndose rápidamente por la ciudad de Montevideo (de las 25.000 palmeras que forman una parte esencial de la ciudad, muchas ya han sucumbido a la plaga, donde se estima que para el año 2030 el ecosistema se verá ampliamente afectado [4], sino se toman medidas de control adecuadas). Sin embargo, últimamente también se ha esparcido por el interior del país, como puede observarse en la figura 1.2b, perteneciente a la ruta 5 de Uruguay, donde se han encontrado palmeras muertas por la plaga.



(A) Palmera infectada por el picudo rojo.

(B) Palmeras muertas en la ruta 5 de Uruguay.

FIGURA 1.2. Infección y muerte de palmeras por el picudo rojo.

Entre los métodos de control fitosanitarios que se utilizan para combatir la plaga, se encuentran: endoterapia², baño, cirugía³ y remoción. Sin embargo, estos métodos son costosos y requieren de un monitoreo constante para detectar la presencia del picudo rojo. Para la IM no es solamente una cuestión ecológica sino también económica. En este sentido, el servicio de Arbolado realiza un seguimiento de las palmeras afectadas por la plaga. Para ello, se registra su ubicación y estado de salud, mediante campañas de detecciones a pie. Este proceso manual requiere de mucho tiempo y recursos humanos, por lo que resulta imprescindible un sistema automatizado que permita detectar la presencia de la plaga en lugares específicos de Montevideo.

Uno de los recursos aún no explotados por la IM para el monitoreo de la plaga es el uso de imágenes aéreas obtenidas mediante drones, disponibles por el servicio de Geomática de esta institución. Estos ortomosaicos, que se puede observar un ejemplo en la figura 1.3, permiten obtener información detallada sobre el estado de las palmeras y su entorno.

²Se puede obtener más información sobre la endoterapia y su aplicación por parte de la IM en <https://montevideo.gub.uy/noticias/urbanismo-y-obras/acciones-de-la-intendencia-de-montevideo-contra-el-picudo-rojo>

³Se puede obtener más información sobre cirugías en el siguiente enlace: https://www.phytoma.com/images/pdf/235_Picudo_cirugia.pdf

FIGURA 1.3. Ejemplo de ortomosaico⁴.

El análisis de estas imágenes es un proceso complejo que requiere de técnicas avanzadas de procesamiento de imágenes y aprendizaje automático, así como también herramientas que brinden soporte a estas actividades.

1.2. Estado del arte

1.2.1. Redes convolucionales

Visión por computadora se define como el proceso mediante el cual se extrae, analiza y comprende información significativa a partir de imágenes o secuencias de imágenes [5]. Este proceso abarca una amplia gama de tareas, tales como la detección de objetos, la segmentación de imágenes, el reconocimiento de patrones y la clasificación de imágenes. Dentro del ámbito de la inteligencia artificial, visión por computadora se reconoce como un subcampo destinado a dotar a las máquinas de la capacidad de interpretar y comprender la información visual del entorno de manera análoga a la percepción humana [6]. Asimismo, esta tecnología ha adquirido un papel preponderante en diversas industrias, al contribuir de forma significativa a la optimización de la eficiencia operativa y a la mejora de los procesos de toma de decisiones.

El notable desarrollo de la visión por computadora ha sido posible gracias a los avances en el campo del aprendizaje automático, en particular mediante la adopción de metodologías de aprendizaje profundo. Estas técnicas han permitido realizar importantes descubrimientos en el reconocimiento y procesamiento de imágenes, generando aplicaciones concretas en el mundo real [7].

Desde la introducción de las técnicas de aprendizaje profundo a comienzos de la década de 2010, y especialmente con el surgimiento de las redes neuronales convolucionales (CNN), tanto la investigación como la aplicación práctica de la visión por computadora han experimentado transformaciones significativas. El hito representado por *AlexNet* en la competición *ImageNet* de 2012 [8], así como

⁴Imagen tomada del sistema de información geográfica de la IM (SIG): <https://sig.montevideo.gub.uy/>

el desarrollo de arquitecturas modernas como *You Only Look Once* (YOLO) [9], ejemplifican este progreso.

Las redes neuronales convolucionales constituyen una clase de modelos de aprendizaje profundo específicamente diseñados para el procesamiento y análisis de datos visuales. Estas redes se caracterizan por una arquitectura compuesta por capas convolucionales, capas de *pooling* y capas densas (*fully connected*), lo que les confiere la capacidad de detectar y aprender características jerárquicas presentes en las imágenes de entrada. Una representación típica de la arquitectura de estas redes se ilustra en la figura 1.4.

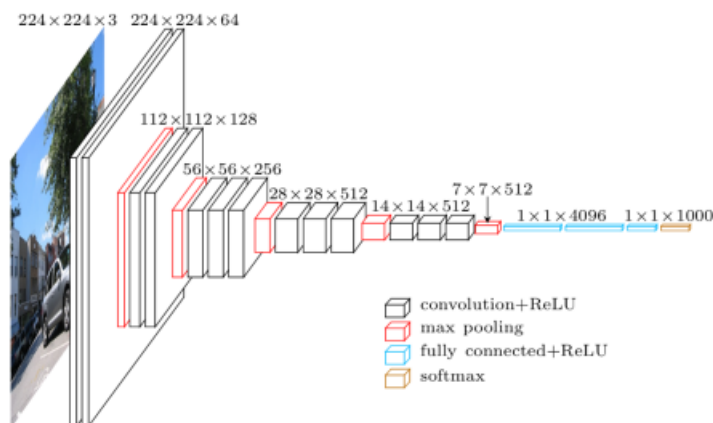


FIGURA 1.4. Red convolucional VGG⁵.

Las tendencias recientes en el ámbito de las redes neuronales convolucionales (CNN) evidencian avances significativos en el diseño de sus arquitecturas y en el procesamiento de datos, orientados a la solución de problemáticas emergentes. En particular, se ha puesto especial énfasis en el tratamiento de imágenes de alta resolución capturadas mediante vehículos aéreos no tripulados, tales como drones, lo que representa un área de aplicación de creciente interés académico y práctico [10] [11].

1.2.2. Detección del picudo rojo en imágenes aéreas

La relevancia de la detección de la plaga del picudo rojo a nivel global ha propiciado el surgimiento de diversas líneas de investigación. En este sentido, se han desarrollado enfoques basados en visión por computadora a partir de imágenes aéreas, haciendo especial uso de arquitecturas de redes neuronales convolucionales (CNN) descritas en la sección 1.2.1.

Entre los estudios analizados, la implementación de la detección mediante imágenes aéreas de forma exclusiva representa una metodología relativamente novedosa. En este contexto, en el estudio "*Automatic large scale detection of red palm weevil infestation using street view images* [12]", se emplea un enfoque combinado. Inicialmente, se localizan las palmas a través de una CNN (Faster R-CNN [13]) aplicada a imágenes aéreas. Posteriormente, utilizando la misma arquitectura, se extrae la corona de la palmera a partir de imágenes capturadas en *street view*, permitiendo clasificar a la planta en función de la presencia o ausencia de infección. Un resumen de este trabajo se presenta en la figura 1.5.

⁵Imagen obtenida de: <https://paperswithcode.com/method/vgg>

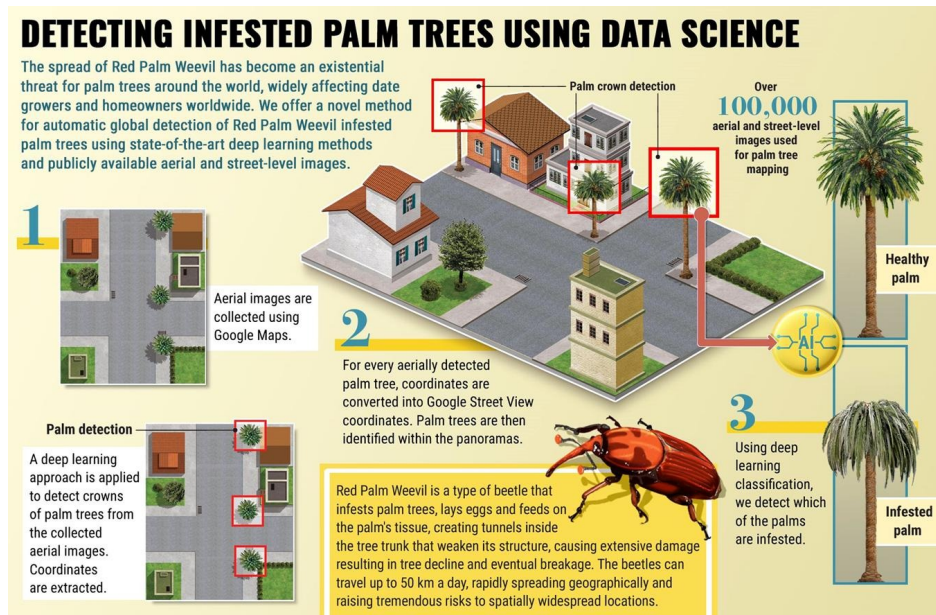


FIGURA 1.5. Proceso de detección realizado por Kagan et al⁶.

La detección de palmeras sí es ampliamente estudiada en la literatura, siendo un tema recurrente en la investigación de visión por computadora. En este sentido, se han desarrollado diversos estudios. En "*Implementation of slicing aided hyper inference (SAHI) in YOLOv8 to counting oil palm trees using high-resolution aerial imagery data*" [14] se presenta un enfoque que utiliza la arquitectura YOLOv8 para detectar palmeras en imágenes aéreas de alta resolución. Además, utiliza *Slicing Aided Hyper Inference (SAHI)* para mejorar la precisión de la detección. Este enfoque se basa en la idea de dividir las imágenes en regiones más pequeñas y realizar inferencias en cada una de ellas, lo que permite una detección más precisa de los objetos de interés, especial en el caso de objetos pequeños como las palmeras. Para el estudio, se utilizaron imágenes RGB capturadas con un dron Trinity F90+ a 200 metros de altura y una implementación de segmentación (SAHI) de unos 3000x3000 píxeles. Si bien el estudio se centra en la detección de palmeras de aceite, su metodología puede ser adaptada para la detección del picudo rojo. Se destaca la tabla 1.1 que resume los métodos utilizados en la detección de palmeras en diferentes estudios anteriores.

⁶Imagen obtenida de: <http://arxiv.org/abs/1506.01497>

TABLA 1.1. Comparación entre diferentes estudios de detección de palmeras⁷.

Autor y año	Modelo	Métricas
Mukhles Sir Monea et al, 2022[15]	YOLOv3	5.76 % (MAPE)
Hery Wibowo et al, 2022[16]	YOLOv3, YOLOv4, YOLOv5m	97.28 % (v3), 97.74 % (v4), 94.94 % (v5m). (F1-Score)
Adel Ammar et al, 2022[17]	Faster R-CNN	94.99 % (Precision), 84 % (Recall), 83 % (AP IoU)
Wardana et al, 2023[18]	YOLOv8	98.50 % (Overall Accuracy)
Deta Sandya Prasitha et al, 2022[19]	YOLOv5s, YOLOv5m, YOLOv5l, YOLOv5x	0.82 (v5s), 0.84 (v5m), 0.85 (v5l), 0.86 (v5x). (Average F1-Score)
Nuwar et al, 2022[20]	YOLOv5	0.895 (F1-Score)
Junos et al, 2022[21]	YOLOv3n	97.20 % (mAP), 0.91 (F1-Score)

También se han realizado estudios controlados como en "*Red Palm Weevil Detection in Date Palm Using Temporal UAV Imagery* [22]", en donde se concluye que la detección del picudo rojo puede ser posible mediante imágenes aéreas en el rango infrarrojo.

1.3. Objetivos y alcance

La finalidad principal del presente trabajo consistió en validar una prueba de concepto para la detección del picudo rojo en palmeras de Montevideo, utilizando imágenes aéreas capturadas mediante drones. Con este objetivo, se desarrolló un sistema fundamentado en técnicas de visión por computadora y aprendizaje profundo, el cual permite identificar la presencia de la plaga. Para ello, se empleó el SIG⁸, complementado con herramientas adicionales que facilitaron la generación del conjunto de datos de entrenamiento.

Adicionalmente, se planteó ante la intendencia de Montevideo la necesidad de optimizar los procesos de detección de la plaga, con miras a una mejora en la asignación de recursos humanos y económicos. El alcance inicial se centró exclusivamente en la detección del picudo rojo, y en los capítulos siguientes se detalla

⁷Tabla obtenida de *Implementation of slicing aided hyper inference (SAHI) in YOLOv8 to counting out palm trees using high-resolution aerial imagery data* [14]

⁸El SIG de la IM se encuentra disponible en <https://sig.montevideo.gub.uy/>

tanto la descripción de las herramientas utilizadas como el proceso metodológico implementado.

Capítulo 2

Introducción específica

Todos los capítulos deben comenzar con un breve párrafo introductorio que indique cuál es el contenido que se encontrará al leerlo. La redacción sobre el contenido de la memoria debe hacerse en presente y todo lo referido al proyecto en pasado, siempre de modo impersonal.

2.1. Estilo y convenciones

2.1.1. Uso de mayúscula inicial para los título de secciones

Si en el texto se hace alusión a diferentes partes del trabajo referirse a ellas como capítulo, sección o subsección según corresponda. Por ejemplo: “En el capítulo 1 se explica tal cosa”, o “En la sección 2.1 se presenta lo que sea”, o “En la subsección 2.1.2 se discute otra cosa”.

Cuando se quiere poner una lista tabulada, se hace así:

- Este es el primer elemento de la lista.
- Este es el segundo elemento de la lista.

Notar el uso de las mayúsculas y el punto al final de cada elemento.

Si se desea poner una lista numerada el formato es este:

1. Este es el primer elemento de la lista.
2. Este es el segundo elemento de la lista.

Notar el uso de las mayúsculas y el punto al final de cada elemento.

2.1.2. Este es el título de una subsección

Se recomienda no utilizar **texto en negritas** en ningún párrafo, ni tampoco texto subrayado. En cambio sí se debe utilizar *texto en itálicas* para palabras en un idioma extranjero, al menos la primera vez que aparecen en el texto. En el caso de palabras que estamos inventando se deben utilizar “comillas”, así como también para citas textuales. Por ejemplo, un *digital filter* es una especie de “selector” que permite separar ciertos componentes armónicos en particular.

La escritura debe ser impersonal. Por ejemplo, no utilizar “el diseño del firmware lo hice de acuerdo con tal principio”, sino “el firmware fue diseñado utilizando tal principio”.

El trabajo es algo que al momento de escribir la memoria se supone que ya está concluido, entonces todo lo que se refiera a hacer el trabajo se narra en tiempo pasado, porque es algo que ya ocurrió. Por ejemplo, "se diseñó el firmware empleando la técnica de test driven development".

En cambio, la memoria es algo que está vivo cada vez que el lector la lee. Por eso transcurre siempre en tiempo presente, como por ejemplo:

"En el presente capítulo se da una visión global sobre las distintas pruebas realizadas y los resultados obtenidos. Se explica el modo en que fueron llevados a cabo los test unitarios y las pruebas del sistema".

Se recomienda no utilizar una sección de glosario sino colocar la descripción de las abreviaturas como parte del mismo cuerpo del texto. Por ejemplo, RTOS (*Real Time Operating System*, Sistema Operativo de Tiempo Real) o en caso de considerarlo apropiado mediante notas a pie de página.

Si se desea indicar alguna página web utilizar el siguiente formato de referencias bibliográficas, dónde las referencias se detallan en la sección de bibliografía de la memoria, utilizado el formato establecido por IEEE en [23]. Por ejemplo, "el presente trabajo se basa en la plataforma EDU-CIAA-NXP [24], la cual...".

2.1.3. Figuras

Al insertar figuras en la memoria se deben considerar determinadas pautas. Para empezar, usar siempre tipografía claramente legible. Luego, tener claro que **es incorrecto** escribir por ejemplo esto: "El diseño elegido es un cuadrado, como se ve en la siguiente figura:"



La forma correcta de utilizar una figura es con referencias cruzadas, por ejemplo: "Se eligió utilizar un cuadrado azul para el logo, como puede observarse en la figura 2.1".



FIGURA 2.1. Ilustración del cuadrado azul que se eligió para el diseño del logo.

El texto de las figuras debe estar siempre en español, excepto que se decida reproducir una figura original tomada de alguna referencia. En ese caso la referencia de la cual se tomó la figura debe ser indicada en el epígrafe de la figura e incluida como una nota al pie, como se ilustra en la figura 2.2.

FIGURA 2.2. Imagen tomada de la página oficial del procesador¹.

La figura y el epígrafe deben conformar una unidad cuyo significado principal pueda ser comprendido por el lector sin necesidad de leer el cuerpo central de la memoria. Para eso es necesario que el epígrafe sea todo lo detallado que corresponda y si en la figura se utilizan abreviaturas entonces aclarar su significado en el epígrafe o en la misma figura.



FIGURA 2.3. ¿Por qué de pronto aparece esta figura?

Nunca colocar una figura en el documento antes de hacer la primera referencia a ella, como se ilustra con la figura 2.3, porque sino el lector no comprenderá por qué de pronto aparece la figura en el documento, lo que distraerá su atención.

Otra posibilidad es utilizar el entorno *subfigure* para incluir más de una figura, como se puede ver en la figura 2.4. Notar que se pueden referenciar también las figuras internas individualmente de esta manera: 2.4a, 2.4b y 2.4c.



(A) Un caption.



(B) Otro.



(C) Y otro más.

FIGURA 2.4. Tres gráficos simples.

El código para generar las imágenes se encuentra disponible para su reutilización en el archivo **Chapter2.tex**.

2.1.4. Tablas

Para las tablas utilizar el mismo formato que para las figuras, sólo que el epígrafe se debe colocar arriba de la tabla, como se ilustra en la tabla 2.1. Observar que sólo algunas filas van con líneas visibles y notar el uso de las negritas para los encabezados. La referencia se logra utilizando el comando `\ref{<label>}` donde label debe estar definida dentro del entorno de la tabla.

¹Imagen tomada de <https://goo.gl/images/i7C70w>

```

\begin{table}[h]
\centering
\caption[caption corto]{caption largo más descriptivo}
\begin{tabular}{l c c}
\toprule
\textbf{Especie} & \textbf{Tamaño} & \textbf{Valor}\\
\midrule
Amhiprion Ocellaris & 10 cm & \$ 6.000 \\
Hepatus Blue Tang & 15 cm & \$ 7.000 \\
Zebrasoma Xanthurus & 12 cm & \$ 6.800 \\
\bottomrule
\hline
\end{tabular}
\label{tab:peces}
\end{table}

```

TABLA 2.1. caption largo más descriptivo.

Especie	Tamaño	Valor
Amhiprion Ocellaris	10 cm	\$ 6.000
Hepatus Blue Tang	15 cm	\$ 7.000
Zebrasoma Xanthurus	12 cm	\$ 6.800

En cada capítulo se debe reiniciar el número de conteo de las figuras y las tablas, por ejemplo, figura 2.1 o tabla 2.1, pero no se debe reiniciar el conteo en cada sección. Por suerte la plantilla se encarga de esto por nosotros.

2.1.5. Ecuaciones

Al insertar ecuaciones en la memoria dentro de un entorno *equation*, éstas se numeran en forma automática y se pueden referir al igual que como se hace con las figuras y tablas, por ejemplo ver la ecuación 2.1.

$$ds^2 = c^2 dt^2 \left(\frac{d\sigma^2}{1 - k\sigma^2} + \sigma^2 [d\theta^2 + \sin^2 \theta d\phi^2] \right) \quad (2.1)$$

Es importante tener presente que si bien las ecuaciones pueden ser referidas por su número, también es correcto utilizar los dos puntos, como por ejemplo “la expresión matemática que describe este comportamiento es la siguiente:”

$$\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \Psi + V(\mathbf{r}) \Psi = -i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} \quad (2.2)$$

Para generar la ecuación 2.1 se utilizó el siguiente código:

```

\begin{equation}
\label{eq:metric}
ds^2 = c^2 dt^2 \left( \frac{d\sigma^2}{1-k\sigma^2} + \right.
\left. \sigma^2 \left[ d\theta^2 + \right. \right.

```

```
\sin^2\theta d\phi^2 \right] \right)
```

```
\end{equation}
```

Y para la ecuación [2.2](#):

```
\begin{equation}
```

```
\label{eq:schrodinger}
```

```
\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2\Psi + V(\mathbf{r})\Psi =
```

```
-i\hbar \frac{\partial\Psi}{\partial t}
```

```
\end{equation}
```


Capítulo 3

Diseño e implementación

Todos los capítulos deben comenzar con un breve párrafo introductorio que indique cuál es el contenido que se encontrará al leerlo. La redacción sobre el contenido de la memoria debe hacerse en presente y todo lo referido al proyecto en pasado, siempre de modo impersonal.

3.1. Análisis del software

La idea de esta sección es resaltar los problemas encontrados, los criterios utilizados y la justificación de las decisiones que se hayan tomado.

Se puede agregar código o pseudocódigo dentro de un entorno `lstlisting` con el siguiente código:

```
\begin{lstlisting}[caption= "un epígrafe descriptivo"]
  las líneas de código irían aquí...
\end{lstlisting}
```

A modo de ejemplo:

```
1 #define MAX_SENSOR_NUMBER 3
2 #define MAX_ALARM_NUMBER 6
3 #define MAX_ACTUATOR_NUMBER 6
4
5 uint32_t sensorValue[MAX_SENSOR_NUMBER];
6 FunctionalState alarmControl[MAX_ALARM_NUMBER]; //ENABLE or DISABLE
7 state_t alarmState[MAX_ALARM_NUMBER]; //ON or OFF
8 state_t actuatorState[MAX_ACTUATOR_NUMBER]; //ON or OFF
9
10 void vControl() {
11
12     initGlobalVariables();
13
14     period = 500 ms;
15
16     while(1) {
17
18         ticks = xTaskGetTickCount();
19
20         updateSensors();
21
22         updateAlarms();
23
24         controlActuators();
25
26         vTaskDelayUntil(&ticks, period);
27     }
```

28 }

CÓDIGO 3.1. Pseudocódigo del lazo principal de control.

Capítulo 4

Ensayos y resultados

Todos los capítulos deben comenzar con un breve párrafo introductorio que indique cuál es el contenido que se encontrará al leerlo. La redacción sobre el contenido de la memoria debe hacerse en presente y todo lo referido al proyecto en pasado, siempre de modo impersonal.

4.1. Pruebas funcionales del hardware

La idea de esta sección es explicar cómo se hicieron los ensayos, qué resultados se obtuvieron y analizarlos.

Capítulo 5

Conclusiones

Todos los capítulos deben comenzar con un breve párrafo introductorio que indique cuál es el contenido que se encontrará al leerlo. La redacción sobre el contenido de la memoria debe hacerse en presente y todo lo referido al proyecto en pasado, siempre de modo impersonal.

5.1. Conclusiones generales

La idea de esta sección es resaltar cuáles son los principales aportes del trabajo realizado y cómo se podría continuar. Debe ser especialmente breve y concisa. Es buena idea usar un listado para enumerar los logros obtenidos.

En esta sección no se deben incluir ni tablas ni gráficos.

Algunas preguntas que pueden servir para completar este capítulo:

- ¿Cuál es el grado de cumplimiento de los requerimientos?
- ¿Cuán fielmente se pudo seguir la planificación original (cronograma incluido)?
- ¿Se manifestó algunos de los riesgos identificados en la planificación? ¿Fue efectivo el plan de mitigación? ¿Se debió aplicar alguna otra acción no contemplada previamente?
- Si se debieron hacer modificaciones a lo planificado ¿Cuáles fueron las causas y los efectos?
- ¿Qué técnicas resultaron útiles para el desarrollo del proyecto y cuáles no tanto?

5.2. Próximos pasos

Acá se indica cómo se podría continuar el trabajo más adelante.

Bibliografía

- [1] Anticimex. *Picudo Rojo | Daños y tratamientos - Anticimex*. URL: <https://www.anticimex.es/picudo-rojo/> (visitado 21-03-2025).
- [2] A. Poplin et al. *Palm Weevils*. Mayo de 2014.
- [3] MGAP. «Información actualizada sobre el picudo rojo de las palmeras a setiembre 2024». En: (). URL: <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/noticias/informacion-actualizada-sobre-picudo-rojo-palmeras-setiembre-2024> (visitado 21-03-2025).
- [4] Alfonso Arcos. *PICUDO ROJO (Rynchophorus ferrugineus) EN MONTEVIDEO MONITOREO Y CONTROL (Avances)*. Montevideo, ago. de 2024. (Visitado 21-03-2025).
- [5] BMVA. *What is computer vision?* 2017. URL: <https://web.archive.org/web/20170216180225/http://www.bmva.org/visionoverview>.
- [6] A. Torralba, P. Isola y W.T. Freeman. *Foundations of Computer Vision*. Adaptive Computation and Machine Learning series. MIT Press, 2024. ISBN: 978-0-262-37866-6. URL: <https://mitpress.mit.edu/9780262048972/foundations-of-computer-vision/>.
- [7] Xingshuai Dong y Massimiliano L. Cappuccio. *Applications of Computer Vision in Autonomous Vehicles: Methods, Challenges and Future Directions*. arXiv:2311.09093 [cs]. Jun. de 2024. DOI: [10.48550/arXiv.2311.09093](https://doi.org/10.48550/arXiv.2311.09093). URL: <http://arxiv.org/abs/2311.09093> (visitado 21-03-2025).
- [8] Alex Krizhevsky, Ilya Sutskever y Geoffrey E. Hinton. «ImageNet classification with deep convolutional neural networks». en: *Communications of the ACM* 60.6 (mayo de 2017), págs. 84-90. ISSN: 0001-0782, 1557-7317. DOI: [10.1145/3065386](https://doi.org/10.1145/3065386). URL: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3065386> (visitado 21-03-2025).
- [9] Joseph Redmon et al. *You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection*. arXiv:1506.02640 [cs]. Mayo de 2016. DOI: [10.48550/arXiv.1506.02640](https://doi.org/10.48550/arXiv.1506.02640). URL: <http://arxiv.org/abs/1506.02640> (visitado 21-03-2025).
- [10] Mingliang Gao et al. «Recent Advances in Computer Vision: Technologies and Applications». en: *Electronics* 13.14 (ene. de 2024). Number: 14 Publisher: Multidisciplinary Digital Publishing Institute, pág. 2734. ISSN: 2079-9292. DOI: [10.3390/electronics13142734](https://doi.org/10.3390/electronics13142734). URL: <https://www.mdpi.com/2079-9292/13/14/2734> (visitado 21-03-2025).
- [11] Manav Sutar. «Convolutional Neural Networks (CNNs): Advancements and Future Trends». En: *Convolutional Neural Networks (CNNs): Advancements and Future Trends* (ene. de 2025). URL: https://www.academia.edu/128256115/Convolutional_Neural_Networks_CNNs_Advancements_and_Future_Trends (visitado 21-03-2025).
- [12] Dima Kagan, Galit Fuhrmann Alpert y Michael Fire. «Automatic large scale detection of red palm weevil infestation using street view images». en: *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 182 (dic. de 2021), págs. 122-133. ISSN: 09242716. DOI: [10.1016/j.isprsjprs.2021.10.004](https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2021.10.004). URL:

- <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924271621002665> (visitado 21-11-2024).
- [13] Shaoqing Ren et al. *Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks*. arXiv:1506.01497 [cs]. Ene. de 2016. DOI: [10.48550/arXiv.1506.01497](https://doi.org/10.48550/arXiv.1506.01497). URL: <http://arxiv.org/abs/1506.01497> (visitado 21-03-2025).
 - [14] Naufal Najiv Zhorif et al. «Implementation of Slicing Aided Hyper Inference (SAHI) in YOLOv8 to Counting Oil Palm Trees Using High-Resolution Aerial Imagery Data». en. En: *International Journal of Advanced Computer Science and Applications* 15.7 (2024). ISSN: 21565570, 2158107X. DOI: [10.14569/IJACSA.2024.0150786](https://doi.org/10.14569/IJACSA.2024.0150786). URL: <http://thesai.org/Publications/ViewPaper?Volume=15&Issue=7&Code=ijacsa&SerialNo=86> (visitado 22-03-2025).
 - [15] M. S. Muna et al. «Development of Automatic Counting System for Palm Oil Tree Based on Remote Sensing Imagery». En: *Proceedings of the International Conference on Sustainable Environment, Agriculture and Tourism (ICOSEAT 2022)*. Atlantis Press, ene. de 2023. DOI: [10.2991/978-94-6463-086-2_68](https://doi.org/10.2991/978-94-6463-086-2_68).
 - [16] H. Wibowo et al. «Large-Scale Oil Palm Trees Detection from High-Resolution Remote Sensing Images Using Deep Learning». En: *Big Data and Cognitive Computing* 6.3 (sep. de 2022). DOI: [10.3390/bdcc6030089](https://doi.org/10.3390/bdcc6030089).
 - [17] Adel Ammar, Anis Koubaa y Bilel Benjdira. «Deep-Learning-Based Automated Palm Tree Counting and Geolocation in Large Farms from Aerial Geotagged Images». en. En: *Agronomy* 11.8 (jul. de 2021), pág. 1458. ISSN: 2073-4395. DOI: [10.3390/agronomy11081458](https://doi.org/10.3390/agronomy11081458). URL: <https://www.mdpi.com/2073-4395/11/8/1458> (visitado 22-03-2025).
 - [18] D. P. T. Wardana, R. S. Sianturi y R. Fatwa. «Detection of Oil Palm Trees Using Deep Learning Method with High-Resolution Aerial Image Data». En: *ACM International Conference Proceeding Series*. Association for Computing Machinery, 2023, págs. 90-98. DOI: [10.1145/3626641.3626667](https://doi.org/10.1145/3626641.3626667).
 - [19] D. Sandya Prasvita, D. Chahyati y A. M. Arymurthy. *Automatic Detection of Oil Palm Growth Rate Status with YOLOv5*.
 - [20] Y. Nuwara, W. K. Wong y F. H. Juwono. «Modern Computer Vision for Oil Palm Tree Health Surveillance using YOLOv5». En: *2022 International Conference on Green Energy, Computing and Sustainable Technology, GECOST 2022*. Institute of Electrical y Electronics Engineers Inc., 2022, págs. 404-409. DOI: [10.1109/GECOST55694.2022.10010668](https://doi.org/10.1109/GECOST55694.2022.10010668).
 - [21] M. H. Junos et al.
 - [22] Stephanie Delalieux et al. «Red Palm Weevil Detection in Date Palm Using Temporal UAV Imagery». en. En: *Remote Sensing* 15.5 (ene. de 2023). Number: 5 Publisher: Multidisciplinary Digital Publishing Institute, pág. 1380. ISSN: 2072-4292. DOI: [10.3390/rs15051380](https://doi.org/10.3390/rs15051380). URL: <https://www.mdpi.com/2072-4292/15/5/1380> (visitado 21-03-2025).
 - [23] IEEE. *IEEE Citation Reference*. 1.^a ed. IEEE Publications, 2016. URL: <http://www.ieee.org/documents/ieeecitationref.pdf> (visitado 26-09-2016).
 - [24] Proyecto CIAA. *Computadora Industrial Abierta Argentina*. Visitado el 2016-06-25. 2014. URL: <http://proyecto-ciaa.com.ar/devwiki/doku.php?id=start>.