



CARRERA DE ESPECIALIZACIÓN EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL

MEMORIA DEL TRABAJO FINAL

Identificación de estados fenológicos de la flor de durazneros mediante visión por computadora

Autor:

Autor:

Nombre del autor

Ing. Héctor Luis Sánchez Márquez

Director:

Nombre del Director (pertenencia)

Ing. Juan Ignacio Cavalieri

Codirector:

Esp. Lic. Nicolás Eduardo Horro

Jurados:

Nombre del jurado 1 (pertenencia)

Nombre del jurado 2 (pertenencia)

Nombre del jurado 3 (pertenencia)

Nombre del jurado 1 (pertenencia)

Nombre del jurado 2 (pertenencia)

Nombre del jurado 3 (pertenencia)

Este trabajo fue realizado en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires,
entre marzo de 2020 y diciembre de 2020.

Resumen

Esta memoria presenta un algoritmo desarrollado para el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria que es capaz de identificar los estados fenológicos de la flor de duraznero y extraer información de su vareta a partir de imágenes. El objetivo de este desarrollo es agilizar y automatizar la toma de datos de las varetas de duraznero a través de fotos. Con ello, se busca aumentar el caudal de datos existente y conocer el estado fenológico a campo. Para su desarrollo e implementación fueron aplicados los conocimientos de visión por computadora, análisis de datos, aprendizaje profundo y buenas prácticas de despliegue adquiridas en la carrera.

Agradecimientos

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

Índice general

Resumen	I
1. Introducción general	1
1.1. Descripción de la problemática	1
1.2. Motivación	2
1.3. Requerimientos	3
1.4. Objetivo y alcances	3
1.5. Estado del arte	4
1.5.1. Medición de la vareta	4
1.5.2. Detección de los estados fenológicos de la flor de duraznero	4
1.5.3. Conteo de flores	5
2. Introducción específica	7
2.1. Estilo y convenciones	7
2.1.1. Uso de mayúscula inicial para los título de secciones	7
2.1.2. Este es el título de una subsección	7
2.1.3. Figuras	8
2.1.4. Tablas	9
2.1.5. Ecuaciones	10
3. Diseño e implementación	13
3.1. Análisis del software	13
4. Ensayos y resultados	15
4.1. Pruebas funcionales del hardware	15
5. Conclusiones	17
5.1. Conclusiones generales	17
5.2. Próximos pasos	17
Bibliografía	19

Índice de figuras

1.1. Proceso para obtener los datos genómicos [1].	2
1.2. Frutales afectados por las heladas primaverales [2].	2
2.1. Ilustración del cuadrado azul que se eligió para el diseño del logo.	8
2.2. Imagen tomada de la página oficial del procesador ¹	9
2.3. ¿Por qué de pronto aparece esta figura?	9
2.4. Tres gráficos simples	9

Índice de tablas

2.1. caption corto	10
------------------------------	----

Dedicado a... [OPCIONAL]

Capítulo 1

Introducción general

En este capítulo se presenta la problemática y la motivación que llevaron a la realización del presente trabajo.

\LaTeX no es WYSIWYG (What You See is What You Get), a diferencia de los procesadores de texto como Microsoft Word o Pages de Apple o incluso LibreOffice en el mundo open-source. En lugar de ello, un documento escrito para \LaTeX es

1.1. Descripción de la problemática

La fenomica hace referencia a la obtención de un gran caudal de datos de las características de las plantas, lo que se denomina el fenotipo de la planta. Esta disciplina está en auge en la actualidad debido a sus aplicaciones potenciales. Por un lado, habilita el mejoramiento a gran escala debido a que es necesario vincular una gran cantidad de datos genéticos con datos fenotípicos para identificar la función de los genes. Por otro lado, si se incluyen otros conjuntos de datos como

son los climáticos, permite realizar predicciones precisas sobre el comportamiento de las variedades, el cual es necesario para implementar lo que se conoce como agricultura de precisión. Sin embargo, la fruticultura no ha dado el salto hacia la fenomica.

En la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) de San Pedro se ha logrado secuenciar el ADN de más de 250 variedades de duraznero Aballay et al [1] disponiendo de una base de datos genómica de 75 gigabases (Gb) de ADN. Esta base permite identificar genes que controlan características del duraznero mediante algoritmos de inteligencia artificial (IA). Además, se dispone de datos climáticos diarios que se toman de forma automática que incluyen: las temperaturas medias, precipitaciones, horas de frío, radiación, etc. Esta información se combina con los datos genómicos y posteriormente, con modelos de IA se predice el comportamiento de las variedades en escenarios climáticos futuros. En la figura 1.1, se observa el proceso para obtener los datos genómicos.

En la actualidad, las heladas primaverales son el mayor problema de los frutales a nivel mundial. Este fenómeno ocurre cuando las flores abiertas se someten a temperaturas cercanas a los $-2.5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Las heladas primaverales, tienen una temperatura parecida a cualquier otra helada que se puede presentar en la temporada de invierno. Sin embargo, estas heladas suelen presentarse después del invierno, creando un gran impacto contra las flores y los frutos de los frutales. Los productores de frutas en general, se ven altamente afectados pagando un alto precio por estas inesperadas heladas tardías. En la figura 1.2, se puede observar como este fenómeno meteorológico afecta a los frutales.

Se puede encontrar la versión en español en la lista en esta página: <http://www.ctan.org/tex-archive/info/ishort/>

1.1.2. Guía matemática similar para \LaTeX

Si estás escribiendo un documento con mucho contenido matemático, entonces es posible que desees leer el documento de la AMS (American Mathematical Society) llamado, «A Short Math Guide for \LaTeX ». Se puede encontrar en línea en el siguiente link: <http://www.ams.org/tex/amslatex.html> en la sección «Additional Documentation» hacia la parte inferior de la página.

1.2. Utilizando esta plantilla

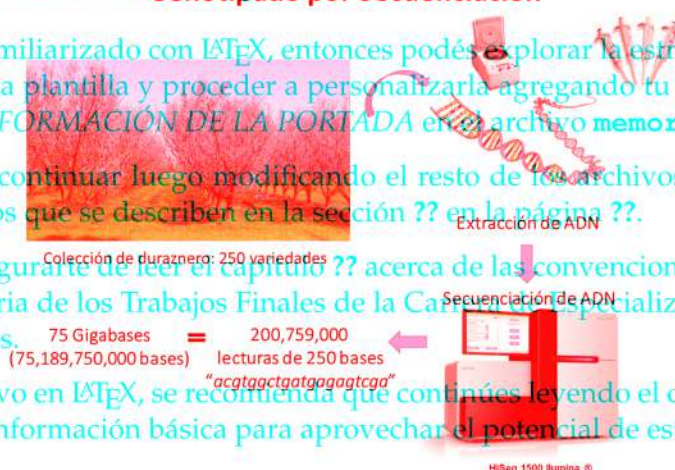
Genotipado por Secuenciación

Si estás familiarizado con \LaTeX , entonces podés explorar la estructura de directorios de esta plantilla y proceder a personalizarla agregando tu información en el bloque *INFORMACIÓN DE LA PORTADA* en el archivo *memoria.tex*.

Se puede continuar luego modificando el resto de los archivos siguiendo los lineamientos que se describen en la sección ?? en la página ??.

Debés asegurarte de leer el capítulo ?? acerca de las convenciones utilizadas para las Memoria de los Trabajos Finales de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos.

Si sos nuevo en \LaTeX , se recomienda que continúes leyendo el documento ya que contiene información básica para aprovechar el potencial de esta herramienta.



1.3. Qué incluye esta plantilla

FIGURA 1.1. Proceso para obtener los datos genómicos [1].

1.3.1. Carpetas

Esta plantilla se distribuye como un único archivo .zip que se puede descomprimir en varios archivos y carpetas. Asimismo, se puede consultar el repositorio git para obtener la última versión de los archivos, <https://github.com/patriciobos/Plantilla-CESE.git>. Los nombres de las carpetas son, o pretender ser, auto-explicativos.

Appendices – Esta es la carpeta donde se deben poner los apéndices. Cada apéndice debe ir en su propio archivo .tex. Se incluye un ejemplo y una plantilla en la carpeta.

Chapters – Esta es la carpeta donde se deben poner los capítulos de la memoria. Cada capítulo debe ir en su propio archivo .tex por separado. Se ofrece por defecto, la siguiente estructura de capítulos y se recomienda su utilización dentro de lo posible:

1.2. Motivación

Capítulo 1: Introducción general

Por este motivo, es del interés del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) determinar el estado fenológico a campo y mejorar para la tolerancia a heladas.

Capítulo 3: Diseño e implementación

Para determinar el estado fenológico a campo, es necesario conocer el número de flores que se encuentran en estado vulnerable ante un pronóstico de heladas primaverales, así también como la densidad de flores.

Esta estructura de capítulos es la que se recomienda para las memorias de la especialización.

En cuanto al mejoramiento, se ha realizado una caracterización a gran escala de la tolerancia a heladas de la colección de duraznero con el objetivo de identificar los genes responsables. Parte de ese experimento consistió en registrar el estado fenológico mediante fotos.

El presente trabajo permitirá automatizar la toma de datos de varetas de duraznero, a partir de fotos para aumentar el caudal de datos y mejorar los modelos de IA. Es recomendable su utilización siempre que sea posible.



FIGURA 1.2. Frutales afectados por las heladas primaverales [2].

¹https://en.wikipedia.org/wiki/Raster_graphics

²https://en.wikipedia.org/wiki/Vector_graphics

1.3.2. Requerimientos

También están incluidos varios archivos, la mayoría de ellos son de texto plano y se puede ver su contenido en un editor de texto. Después de la compilación inicial, se verá que más archivos auxiliares son creados por LaTeX o BibTeX, pero son de uso interno y no es necesario hacer nada en particular con ellos. Toda la información necesaria para compilar el documento se encuentra en los archivos `.tex`, `.bib`, `.cls` y en las imágenes de la carpeta `Figures`.

1. Requerimientos funcionales
 - a) El sistema tomará como entrada imágenes de durazneros en formato JPG.
 - b) El algoritmo debe detectar la presencia de las varetas de los durazneros e identificar el tipo de flor que posee.

`referencias.bib` - este es un archivo importante que contiene toda la información de referencias bibliográficas que se utilizarán para las citas en la memoria, en conjunto con BibTeX. Usted puede escribir las entradas bibliográficas en forma manual, aunque existen también programas de gestión de referencias que facilitan la creación y gestión de las referencias y permiten exportarlas en formato BibTeX. También hay disponibles sitios web como `books.google.com` que permiten obtener toda la información necesaria para una cita en formato BibTeX. Ver sección ??

- c) El algoritmo debe identificar el estado fenológico de cada flor de duraznero en la vareta. Este estado se clasificará como *flor abierta*, *flor cerrada*, *flor sinpetalos*, *incierto*.
 - d) El algoritmo debe determinar la cantidad de flores por centímetro de vareta.
 - e) El sistema debe entregar como resultado un archivo en formato CSV con los datos detectados por el algoritmo y una imagen donde se puedan visualizar las detecciones.

`MastersDoctoralThesis.cls` - este es un archivo importante. Es el archivos con la clase que le informa a LaTeX cómo debe dar formato a la memoria. El usuario de la plantilla no debería necesitar modificar nada de este archivo.

2. Requerimientos de diseño e implementación
 - a) El diseño debe ser modular.
 - b) El algoritmo se elaborará en una notebook de Google Colab, utilizando el lenguaje de programación Python y bibliotecas de IA correspondientes.

`memoria.tex` - este es un archivo importante. Este es el archivo que tiene que compilar LaTeX para producir la memoria como un archivo PDF. Contiene un marco de trabajo y estructuras que le indican a LaTeX cómo diagramar la memoria. Está altamente comentado para que se pueda entender que es lo que realiza cada línea de código y por que está incluido en ese lugar. En este archivo se debe completar la información personalizada de las primeras sección según se indica en la sección ??.

3. Requerimiento de evaluación y prueba
 - a) El modelo se evaluará con imágenes provenientes del mismo dataset de imágenes entregado por el cliente.
 - b) La métrica que se utilizara para la evaluación del modelo de detección será *mean average precision* (mAP) y para el clasificador se tomarán en cuenta las métricas *accuracy*, *precision* y *recall*.

Archivos que no forman parte de la distribución de la plantilla pero que son generados por LaTeX como archivos auxiliares necesarios para la producción de la memoria.pdf son:

4. Requerimientos de documentación
 - a) El funcionamiento del sistema debe estar correctamente explicado y documentado.
 - b) El código estará correctamente comentado como parte de buenas prácticas del desarrollo de software.
 - c) Inclusión de documentación en un repositorio, mediante un archivo `README.md` (opcional).

Mientras que el archivo `.bib` contiene todas las referencias que hay, este archivo `.bb1` contiene solo las referencias que han sido citadas y se utiliza para la construcción de la bibliografía.

1.4. Objetivo y alcances

`memoria.bbl` - este es un archivo auxiliar generado por BibTeX, si se borra BibTeX simplemente lo regenera cuando se compila el archivo principal `memoria.tex`. El objetivo de este trabajo es desarrollar un algoritmo que permita automatizar la toma de datos de las flores de duraznero a través de fotos de varetas. `memoria.lof` - este es un archivo auxiliar generado por LaTeX, si se borra LaTeX simplemente lo regenera cuando se compila el archivo principal `memoria.tex`. El presente trabajo incluye:

- El preprocesamiento de las fotos para entrenar el modelo.

La selección del modelo a entrenar generado por \LaTeX , si se borra \LaTeX simplemente lo regenera cuando se compila el archivo principal `memoria.tex`.
 ■ La elaboración del notebook de pruebas en Python.
 ■ La implementación local del modelo.

El trabajo no incluye:
 ■ un archivo auxiliar generado por \LaTeX , si se borra \LaTeX simplemente lo regenera cuando se compila el archivo principal `memoria.tex`.
 ■ La recolección de datos/fotos.

Le indica a \LaTeX cómo construir la sección *Lista de Tablas*.

■ La integración con otros modelos que utilice el cliente.

`memoria.out` – este es un archivo auxiliar generado por \LaTeX , si se borra \LaTeX simplemente lo regenera cuando se compila el archivo principal `memoria.tex`.

1.5. Estado del arte

De esta larga lista de archivos, sólo aquellos con la extensión `.bib`, `.cls` y `.tex` son importantes. Los otros archivos auxiliares pueden ser ignorados o borrados. El presente trabajo contiene distintos algoritmos que integrados logran tomar los datos deseados. Es por este motivo, que para determinar el estado del arte es necesario desglosar cada algoritmo y evaluarlos individualmente como se hace a continuación.

1.4. Entorno de trabajo

1.5.1. Medición de la vareta

Antes de comenzar a editar la plantilla debemos tener un editor \LaTeX instalado en nuestra computadora. En forma análoga a lo que sucede en lenguaje C, que en la actualidad, se han desarrollado algoritmos que pueden determinar el tamaño de distintos objetos a través de imágenes usando visión por computadora, muchos parten de encontrar un objeto de referencia al cual se le conocen sus dimensiones (alto y ancho). Este objeto de referencia, normalmente se selecciona por ser fácil de detectar, por conocer sus dimensiones y por ser un objeto único. El procedimiento habitual para su detección, es pasar la imagen a escala de grises, aplicar filtros gaussianos para eliminar el ruido, utilizar detección de bordes y por último utilizar detección de contornos, tal y como se realiza en el trabajo [3]. Cabe destacar que usualmente el fondo es de un color blanco facilitando la detección.

En el presente trabajo se tienen imágenes con fondos de color naranja en su mayoría, el objeto de referencia a veces se encuentra ocluido, las imágenes se encuentran en horizontal o vertical, el objeto de referencia no siempre tiene la misma posición, etc. Por estos motivos, se utilizó un método de detección más complejo con un modelo de detección de objetos que se conoce como YOLOv8 y se considera el estado del arte a la fecha.

Se indican a continuación los comandos que se deben introducir en la consola de

1.5.2. Detección de los estados fenológicos de la flor de duraznero

La detección de flores a sido estudiada con diferentes enfoques y arquitecturas de *deep learning*, como por ejemplo el estudio [4] que exploró la viabilidad de detección de estados fenológico de las rosas con técnicas del contraste del color y comparando con el modelo de detección *Faster-RCNN*. Sin embargo, no utilizo ninguna arquitectura de una etapa para la detección, lo cual podría ser más eficiente. Por otro lado, se tienen trabajos que si utilizaron la arquitectura de una etapa, en específico de YOLO en sus versiones 4 y 5 como se presenta en [5] [6], pero su enfoque fue basado para las flores de kiwi.

1.4.2. Configurando *texmaker*

Una vez que el paquete de paquetes adicionales se debe abrir el archivo `memoria.tex` con el editor para ver una pantalla similar a la que se puede apreciar en la figura ?? Una vez instalado el programa y los paquetes adicionales se debe abrir el archivo `memoria.tex` con el editor para ver una pantalla similar a la que se puede apreciar en la figura ?? Una vez instalado el programa y los paquetes adicionales se debe abrir el archivo `memoria.tex` con el editor para ver una pantalla

cual se propuso para la realización efectiva y eficiente de esta tarea, además de representar el estado del arte en la actualidad. Se muestra el archivo `memoria.tex` con el editor para ver una pantalla similar a la que se puede apreciar en la figura ??.

1.5.3. Conteo de flores

El conteo de objetos en imágenes a través de visión por computadora es otro campo que ha sido muy estudiado y tiene muchos enfoques tanto simples como complejos. Como es el caso de [7] donde se utilizaron redes convolucionales para predecir mapas de densidad y de esta forma pudieron hacer un conteo de objetos en imágenes que contenían muchos objetos. Así mismo se tiene el trabajo de Tian et al [8] con el uso de transformers con el mismo proposito.

Por otro lado, este trabajo propone una combinación entre el uso del modelo de detección de objetos y metodos de visión por computadora tradicionales para el conteo de las flores de duraznero.

FIGURA 1.1. Entorno de trabajo de texMaker.

Notar que existe una vista llamada Estructura a la izquierda de la interfaz que nos permite abrir desde dentro del programa los archivos individuales de los capítulos. A la derecha se encuentra una vista con el archivo propiamente dicho para su edición. Hacia la parte inferior se encuentra una vista del log con información de los resultados de la compilación. En esta última vista pueden aparecer advertencias o *warning*, que normalmente pueden ser ignorados, y los errores que se indican en color rojo y deben resolverse para que se genere el PDF de salida.

Recordar que el archivo que se debe compilar con PDFLaTeX es `memoria.tex`, si se tratara de compilar alguno de los capítulos saldría un error. Para salvar la molestia de tener que cambiar de archivo para compilar cada vez que se realice una modificación en un capítulo, se puede definir el archivo `memoria.tex` como “documento maestro” yendo al menú opciones -> “definir documento actual como documento maestro”, lo que permite compilar con PDFLaTeX `memoria.tex` directamente desde cualquier archivo que se esté modificando . Se muestra esta opción en la figura ??.



FIGURA 1.2. Definir memoria.tex como documento maestro.

En el menú herramientas se encuentran las opciones de compilación. Para producir un archivo PDF a partir de un archivo `.tex` se debe ejecutar PDFLaTeX (el shortcut es F6). Para incorporar nueva bibliografía se debe utilizar la opción BibTeX del mismo menú herramientas (el shortcut es F11).

Notar que para actualizar las tablas de contenidos se debe ejecutar PDFLaTeX dos veces. Esto se debe a que es necesario actualizar algunos archivos auxiliares antes de obtener el resultado final. En forma similar, para actualizar las referencias bibliográficas se debe ejecutar primero PDFLaTeX, después BibTeX y finalmente PDFLaTeX dos veces por idénticos motivos.

1.5. Personalizando la plantilla, el archivo `memoria.tex`

Para personalizar la plantilla se debe incorporar la información propia en los distintos archivos `.tex`.

Primero abrir `memoria.tex` con TexMaker (o el editor de su preferencia). Se debe ubicar dentro del archivo el bloque de código titulado *INFORMACIÓN DE LA PORTADA* donde se deben incorporar los primeros datos personales con los que se construirá automáticamente la portada.

1.6. El código del archivo `memoria.tex` explicado

El archivo `memoria.tex` contiene la estructura del documento y es el archivo de mayor jerarquía de la memoria. Podría ser equiparable a la función `main()` de un programa en C, o mejor dicho al archivo fuente `.c` donde se encuentra definida la función `main()`.

La estructura básica de cualquier documento de \LaTeX comienza con la definición de clase del documento, es seguida por un preámbulo donde se pueden agregar funcionalidades con el uso de `paquetes` (equiparables a bibliotecas de C), y finalmente, termina con el cuerpo del documento, donde irá el contenido de la memoria.

```
\documentclass{article}  <- Definicion de clase
\usepackage{listings}    <- Preambulo

\begin{document}         <- Comienzo del contenido propio
    Hello world!
\end{document}
```

El archivo `memoria.tex` se encuentra densamente comentado para explicar qué páginas, secciones y elementos de formato está creando el código \LaTeX en cada línea. El código está dividido en bloques con nombres en mayúsculas para que resulte evidente qué es lo que hace esa porción de código en particular. Inicialmente puede parecer que hay mucho código \LaTeX , pero es principalmente código para dar formato a la memoria por lo que no requiere intervención del usuario de la plantilla. Sí se deben personalizar con su información los bloques indicados como:

- Información de la memoria
- Resumen
- Agradecimientos
- Dedicatoria

El índice de contenidos, las listas de figura de tablas se generan en forma automática y no requieren intervención ni edición manual por parte del usuario de la plantilla.

Capítulo 2

En la parte final del documento se encuentran los capítulos y los apéndices. Por defecto se incluyen los 5 capítulos propuestos que se encuentran en la carpeta /Chapters. Cada capítulo se debe escribir en un archivo .tex separado y se debe poner en la carpeta Chapters con el nombre `Chapter1`, `Chapter2`, etc... El código para incluir capítulos desde archivos externos se muestra a continuación.

```
\include{Chapters/Chapter1}
\include{Chapters/Chapter2}
\include{Chapters/Chapter3}
```

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.

Los apéndices también deben escribirse en archivos .tex separados, que se deben ubicar dentro de la carpeta *Appendices*. Los apéndices vienen comentados por defecto con el caracter % y para incluirlos simplemente se debe eliminar dicho carácter.

2.1. Estilo y convenciones

Finalmente, se encuentra el código para incluir la bibliografía en el documento final. Este código tampoco debe modificarse. La metodología para trabajar las 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

En el archivo `reference.bib` se encuentran las referencias bibliográficas que se 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".

```

AUTHOR="John Doe",
TITLE="Title",
JOURNAL="Journal",
```


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, donde las referencias se detallan en la sección de bibliografía de la memoria, utilizando el formato establecido por IEEE en [9]. Por ejemplo, "el presente trabajo se basa en la plataforma EDU-CIAA-NXP [10], 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." El diseño elegido es un cuadrado, como se ve en la siguiente figura. Se debe notar que los nombres ARTICLE, BOOK, BOOK2 y WEBSITE son nombres genéricos que le sirve al autor del documento para identificar la entrada. En este sentido, se podrían reemplazar por cualquier otro nombre. Tampoco es necesario poner : seguido de un número, en los ejemplos sólo se incluye como un posible estilo para identificar las entradas.

La entradas se citan en el documento con el comando:

```
\citep{nombre_de_la_entrada}
```

Y cuando se usan, se muestran así: [ARTICLE:1], [BOOK:1], [BOOK:2], [WEBSITE:1].

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".

Finalmente y como se mencionó en la subsección ??, para actualizar las referencias bibliográficas tanto en la sección bibliografía como las citas en el cuerpo del documento, se deben ejecutar las herramientas de compilación PDFLaTeX, BibTeX, PDFLaTeX, PDFLaTeX, en ese orden. Este procedimiento debería resolver cualquier mensaje Citation xxxxx on page x undefined".

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.

Capítulo 2



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

Introducción específica

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.

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

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

Si en el texto se hace alusión a diferentes partes del trabajo referirse a ellas como 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.

- 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.
- (A) Un caption. (B) Otro. (C) Y otro más.

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

FIGURA 2.4. Tres gráficos simples

2.1.2. Este es el título de una subsección

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

En el archivo **Chapter2.tex** no 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 *align file* es una especie de selector que permite separar ciertos componentes atómicos en particular.

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 la *hija* de acuerdo con tal principio, sino "el firmware fue diseñado utilizando tal principio".

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

El `\begin{table}` (ni al momento de escribir la memoria se supone que ya está `\centering` entonces todo lo que se refiera a hacer el trabajo se narra en tiempo `\caption{caption}` o `\caption{caption}` (por ejemplo, más descriptivo) `\begin{tabular}{lcc}` en development".

En cambio, la memoria es algo que está vivo cada vez que el lector la lee. Por eso `\textbf{Especie}` & `\textbf{Tamaño}` & `\textbf{Valor}` `\midrule`

Amphiprion Ocellaris a 10 cm \$ 6.000 pruebas rea-
Hepatus Blue Tang a 15 cm explica el modo de \$ 7.000 llevados a
Zebrasoma Xanthurus a 12 cm del sistema". & \$ 6.800 \\\

`\bottomrule`
Se recomienda no utilizar una sección de glosario sino colocar la descripción de
`\hline` las abreviaturas como parte del mismo cuerpo del texto. Por ejemplo, RTOS (*Real*
`\end{tabular}` *Time Operating System*, Sistema Operativo de Tiempo Real) o en caso de conside-
`\label{tab:peces}` rarlo apropiado mediante notas a pie de página.
`\end{table}`

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

TABLA 2.1. caption largo más descriptivo

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

2.1.3. Figuras

Al insertar figuras en la memoria se deben considerar determinadas pautas. Para
En cada capítulo se debe reiniciar el número de conteo de las figuras y las tablas,
empezar, usar siempre tipografía claramente legible. Luego, tener claro que es
por ejemplo, figura 2.1 o tabla 2.1, pero no se debe reiniciar el conteo en cada
incorrecto escribir por ejemplo esto: "El diseño elegido es un cuadrado, como se
sección. Por suerte la plantilla se encarga de esto por nosotros.
ve en la siguiente figura:"

2.1.5. Ecuaciones

Al insertar ecuaciones en la memoria dentro de un entorno *equation*, éstas se nu-
meran 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.

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

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
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}`. Ilustración del cuadrado azul que se eligió para el
`\label{eq:metric}` diseño del logo.
`ds^2 = c^2 dt^2 \left(\frac{d\sigma^2}{h^2} + \sigma^2 [d\theta^2 + \sin^2 \theta d\phi^2] \right) +`
El texto de las figuras debe estar siempre en español, excepto que se decida repro-
ducir una figura original tomada de alguna referencia. En ese caso la referencia
`\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}
```



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

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 ??.

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 ??, 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 ??.

Notar que se pueden referenciar también las figuras internas individualmente de esta manera: ??, ?? y ??.



(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 ??. Observar que sólo

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

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.

```
\begin{table}[h]
\centering
\caption[caption corto]{caption largo más descriptivo}
\begin{tabular}{l c c}
\toprule
\textbf{Especie} & \textbf{Tamaño} & \textbf{Valor}\\
\midrule
Amphiprion 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
Amphiprion 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 ??.

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

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 ?? 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. \\ \left. \left. \sin^2\theta d\phi^2 \right] \right)
```

Capítulo 3

Y para la ecuación ??:

```
\begin{equation} \\ \frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \Psi + V(\mathbf{r}) \Psi = \\ -i \hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} \\ \end{equation}
```

Diseño e implementación

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

4.1. Pruebas funcionales del hardware

La idea de esta sección es explicar cómo se hicieron los ensayos, qué resultados se obtuvieron y analizar 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         ticks = xTaskGetTickCount();
18
19         updateSensors();
20
21         updateAlarms();
22
23         controlActuators();
24
25         vTaskDelayUntil(&ticks, period);
26     }
27 }
28 }
```

CÓDIGO 3.1. Pseudocódigo del lazo principal de control.

Capítulo 5

Conclusiones y resultados

5.1. Conclusiones generales del hardware

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.

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

Conclusiones

- [1] Maximiliano Martín Aballay; Natalia Cristina Aguirre; Carla Valeria Filippi; Gabriel Hugo Valentini; Gerardo Sánchez. «Fine-tuning the performance of ddRAD-seq in the peach genome». En: *Scientific Reports* (2021).
- [2] DEBORAH PUEBLA. *lujan-y-tunuyan-las-zonas-mas-afectadas-por-las-heladas-tardias*. <https://www.mendoza.gov.ar/sociedad/lujan-y-tunuyan-las-zonas-mas-afectadas-por-las-heladas-tardias/> Oct. de 2023. (Visitado 12-10-2023).
- [3] T. Dhikhi; Allagada Naga Suhas; Gosula Ramakanth Reddy; Kanadam Chandu Vardhan. «Measuring Size of an Object using Computer Vision». En: *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)* (2019).
- [4] Jose Luis Osorio Naranjo. «VIABILIDAD IDENTIFICACIÓN DE ESTADOS FENOLOGICOS EN LA ROSA APLICANDO ALGORITMOS DE RECONOCIMIENTO DE IMAGENES». En: UNIVERSIDAD EAFIT (2019).
- [5] J. Dhupia; K. Zhao; R. Li; Y. Cui G. Li; L. Fu; C. Gao; W. Fang; G. Zhao; F. Shi. «Multi-class detection of kiwifruit flower and its distribution identification in orchard based on YOLOv5l and euclidean distance». En: *Comput. Electron. Agric.* (2022).
- [6] G. Li; R. Suo; G. Zhao; C. Gao; L. Fu; F. Shi; J. Dhupia; R. Li; Y. Cui. «Real-time detection of kiwifruit flower and bud simultaneously in orchard using YOLOv4 for robotic pollination». En: *Comput. Electron. Agric.* (2022).
- [7] D. Onoro-Rubio; R.J. López-Sastre. «Towards perspective-free object counting with deep learning». En: *Computer Vision ECCV 2016*, Springer International Publishing (2016).
- [8] Y. Tian; X. Chu; H. Wang. «Cctrans: simplifying and improving crowd counting with transformer». En: *Computer Vision and Pattern Recognition (cs.CV)* (2021).
- [9] IEEE. *IEEE Citation Reference*. 1.^a ed. IEEE Publications, 2016. URL: <http://www.ieee.org/documents/ieeecitationref.pdf> (visitado 26-09-2016).
- [10] Proyecto CIAA. *Computadora Industrial Abierta Argentina*. Visitado el 2016-06-25. 2014. URL: <http://proyecto-ciaa.com.ar/devwiki/doku.php?id=start>.