



## GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología

Curso académico 2023-2024

**Trabajo Fin de Grado**

Escribe el título del trabajo aquí  
con la segunda línea aquí

**Tutor:** Julio Vega Pérez

**Autor:** David Campoamor Medrano



Este trabajo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional CC BY-NC-SA International License (Creative Commons AttributionNonCommercial-ShareAlike 4.0). Usted es libre de *(a) compartir*: copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato; y *(b) adaptar*: remezclar, transformar y crear a partir del material. El licenciador no puede revocar estas libertades mientras cumpla con los términos de la licencia:

- *Atribución.* Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.
- *No comercial.* Usted no puede hacer uso del material con propósitos comerciales.
- *Compartir igual.* Si remezcla, transforma o crea a partir del material, debe distribuir su contribución bajo la la misma licencia del original.

*Documento de David Campoamor Medrano.*

# Agradecimientos

---

Nunca es tarea fácil agradecer a tantas personas el apoyo, la ayuda y los consejos que han contribuido en mi beneficio, tanto personal como académico, durante todos estos años.

En primer lugar, me gustaría dar las gracias tanto a la Universidad Rey Juan Carlos como a todos los profesores de los que he tenido el privilegio de ser alumno, por haber sido capaces de transmitir la dedicación, pasión, disciplina y el esfuerzo tan imprescindible como necesarios para la praxis de una profesión como lo es la de ingeniero, y más concretamente en mi caso, la de ingeniero industrial.

Quisiera expresar mi gratitud a mi tutor, Julio Vega, por guiarme, acompañarme y ayudarme durante estos meses de trabajo, para mí fue todo un honor saber que finalmente había aceptado dirigir este trabajo final de grado, y de este modo cerrar un bonito círculo que empezó con él como profesor mío de informática en el colegio, donde nos enseñó, entre otras muchas cosas, que más allá de los editores de texto convencionales, existen otros sistemas para la preparación de documentos, por esto, este trabajo también es en parte suyo, ya que tanto estas líneas como el resto del documento están basados en sus enseñanzas.

Asimismo, me gustaría agradecer a Robotplus, por complimentar mi formación académica y darme mi primera oportunidad laboral en el ámbito industrial, y más concretamente a mis compañeros del departamento de servicio técnico y a los del departamento de I+D+i, ya que gracias a ellos hoy por hoy he podido entender y experimentar más en profundidad muchos de los principios teóricos y de los problemas que únicamente conocía sobre el papel, pudiendo desarrollarme de una manera más completa como profesional.

Agradecer también a mis amigos y compañeros de clase, los *Hijos de la Ingeniería* y David, por no haber dejado que me rindiera incluso en los peores momentos y con todo en contra, y por haber sido un gran apoyo tanto dentro como fuera de la universidad.

A mis amigos del equipo de baloncesto en Alcorcón, en especial a Rober y a Adri, por haber confiado siempre en que este momento llegaría, antes o después, y haber formado parte de este proceso del que desde antes de empezar la universidad ya formaban parte, al igual que mis amigos de Móstoles del colegio, el *Cártel de La Manga*. Y sobre todo, gracias a Sandra, por ser para mí el claro ejemplo de que la dedicación y el trabajo duro merecen la pena, pero más allá de todo esto, por estar a mi lado día a día y ser mi compañera de vida, sin ella no habría podido soñar con finalmente llegar hasta aquí.

No querría concluir los agradecimientos sin hacer partícipe a toda mi familia, y en especial a mis padres y mi hermano, la paciencia que han tenido todo este tiempo conmigo, sobre todo en época de entregas y de exámenes, pero sobre todo y más importante, la confianza depositada en mí, que mediante palabras y gestos de apoyo incondicional han demostrado. Ha sido gracias a este amor y apoyo que solo la familia sabe darte cuando más lo necesitas, por lo que sido más fácil poder alcanzar esta meta. Gracias a mis tíos y a mis primos mayores, por hacer que me interesase en el mundo de las ciencias, y más concretamente en la ingeniería y la construcción, faceta en la que ya desde pequeño había fijado mi atención jugando con aquellos bloques fabricados en plástico ABS y de colorines, ya que sin duda, fue gracias a ellos por lo que terminé de decidir embarcarme, ya desde el colegio, en las materias que guardaban mayor similitud con estos aspectos antes que en otras, puesto que veía en ellos una referencia a seguir. Pero sobre todo, gracias a mis abuelos, que como suele decirse, deberían ser eternos. Si antes hablaba de referencias, sin duda ellos han sido el máximo exponente en esto, puesto que sin sus enseñanzas y consejos, y no solo en aspectos académicos, no podría haber llegado hasta aquí. Todos ellos siempre formarán parte de mí y estarán presentes en cada una de las tomas de decisiones importantes que tenga que llevar a cabo, en las desilusiones y en los malos ratos, pero también en la consecución de mis éxitos y logros, como es el caso, aunque algunos de ellos ya no se encuentren entre nosotros o no puedan recordarlo. Espero haber podido aprender y retener algo de la sabiduría que me habéis mostrado y transmitido.

*A todas aquellas personas que, con trabajo y esfuerzo,  
terminan consiguiendo todo aquello que se proponen.*

Madrid, xx de xxxxxx de 20xx  
*David Campoamor Medrano*

# Resumen

---

Escribe aquí el resumen del trabajo. Un primer párrafo para dar contexto sobre la temática que rodea al trabajo.

Un segundo párrafo concretando el contexto del problema abordado.

En el tercer párrafo, comenta cómo has resuelto la problemática descrita en el anterior párrafo.

Por último, en este cuarto párrafo, describe cómo han ido los experimentos.

# Acrónimos

---

**AERO** *Autonomous Exploration Rover*

**AI** *Artificial Intelligence*

**ANN** *Artificial Neural Network*

**API** *Application Programming Interface*

**EKF** *Extended Kalman Filter*

**FOA** *Focus of Attention*

**GA** *Genetic Algorithm*

**GPIO** *General Purpose Input/Output*

**GPS** *Global Positioning System*

**HCI** *Human-Computer Interaction*

**HRI** *Human-Robot Interaction*

# Índice general

---

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Robótica . . . . .	2
1.2. Segunda sección . . . . .	2
1.2.1. Números . . . . .	3
1.2.2. Listas . . . . .	3
<b>2. Objetivos</b>	<b>5</b>
2.1. Descripción del problema . . . . .	5
2.2. Requisitos . . . . .	5
2.3. Metodología . . . . .	5
2.4. Plan de trabajo . . . . .	5
<b>3. Plataforma de desarrollo</b>	<b>6</b>
<b>4. Diseño</b>	<b>7</b>
4.1. Snippets . . . . .	7
4.2. Verbatim . . . . .	7
4.3. Ecuaciones . . . . .	8
4.4. Tablas o cuadros . . . . .	8
<b>5. Conclusiones</b>	<b>10</b>
5.1. Conclusiones . . . . .	10
5.2. Corrector ortográfico . . . . .	11
<b>Bibliografía</b>	<b>12</b>

# Índice de figuras

---

1.1. Robot aspirador Roomba de iRobot. . . . .	3
--	---



# Listado de códigos

---

4.1. Función para buscar elementos 3D en la imagen . . . . .	7
4.2. Cómo usar un Slider . . . . .	8

# Listado de ecuaciones

---

4.1. Ejemplo de ecuación con fracciones . . . . .	8
4.2. Ejemplo de ecuación con array y letras y símbolos especiales . . . . .	8

# Índice de cuadros

---

4.1. Parámetros intrínsecos de la cámara . . . . .	9
--	---

---

# Capítulo 1

## Introducción

---

*Da el primer paso con fe, no tienes que ver todas las escaleras, sólo da el primer paso.*

Martin Luther King

Desde sus inicios, la robótica ha proporcionado un sinfín de posibilidades y alternativas ante problemas que anteriormente carecían de las soluciones adecuadas, pero, ¿qué es realmente la robótica?

Se podría definir *robótica* como el proceso mediante el cual una máquina intercambia energía e información con su entorno, con el propósito de alcanzar una serie de objetivos específicos. Este campo tecnológico en expansión es el resultado de décadas de colaboración continua entre biólogos, informáticos e ingenieros [Koditschek, 2021].

Dada esta multidisciplina, la robótica abarca una amplia gama de aplicaciones, desde la industria hasta la medicina, pasando por la exploración espacial, la domótica o la conducción autónoma, entre otras. Es un campo en constante evolución, impulsado por la búsqueda de soluciones innovadoras para mejorar la calidad de vida y permitir superar desafíos de manera más eficiente y segura.

La industria agrícola no es una excepción, ya que ha contemplado históricamente tareas que requieren una dedicación laboral considerable. No obstante, gracias a la robótica y a los sistemas de visión artificial, surge la oportunidad de transformar una serie de procesos, como puede ser la recolección de cultivos, a través de la detección automatizada para su posterior recolección.

En las siguientes secciones describiremos brevemente algunas de las aplicaciones más importantes de la robótica en la sociedad actual, así como los distintos conceptos en los cuales se basa la investigación y el desarrollo llevado a cabo.

## 1.1. Robótica

Según la Federación Internacional de Robots (IFR) se define *robot* según el vocabulario establecido por la International Organization for Standardization (ISO), y esto es como “un mecanismo accionado programado con cierto grado de autonomía para realizar tareas de locomoción, manipulación o posicionamiento” [ISO/TC299, 2021].

Estos robots se pueden clasificar en tres grandes grupos: *robots industriales*, *robots de servicio* y *robots médicos*.

Se define *robot industrial* como un “manipulador polivalente, reprogramable y controlado automáticamente, programable en tres o más ejes, que puede ser fijo o móvil para su uso en aplicaciones de automatización industrial”. A un nivel más amplio, cualquier máquina que pueda utilizarse para llevar a cabo acciones o tareas complejas de forma automática puede considerarse un robot.

En los textos puedes poner palabras en *cursiva*, para aquellas expresiones en sentido *figurado*, palabras como *robota*, que está fuera del diccionario castellano, o bien para resaltar palabras de una colección: *(a)* es la primera letra del abecedario, *(b)* es la segunda, etc.

Al poner las dos líneas del anterior párrafo, este aparecerá separado del anterior. Si no las pongo, los párrafos aparecerán pegados. Sigue el criterio que consideres más oportuno.

## 1.2. Segunda sección

No olvides incluir imágenes y referenciarlas, como la Figura 1.1.

Ni tampoco olvides de poner las URLs como notas al pie. Por ejemplo, si hablo de la Robocup<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup><http://www.robocup.org>

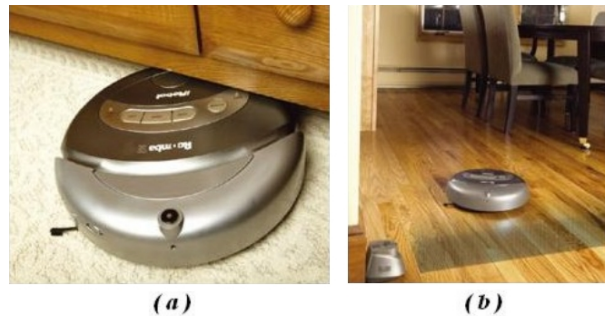


Figura 1.1: Robot aspirador Roomba de iRobot.

### 1.2.1. Números

En lugar de tener secciones interminables, como la Sección 1.1, divídelas en subsecciones.

Para hablar de números, mételos en el entorno *math* de L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, por ejemplo,  $1,5Kg$ . También puedes usar el símbolo del Euro como aquí: 1.500€.

### 1.2.2. Listas

Cuando describas una colección, usa `itemize` para ítems o `enumerate` para enumerados. Por ejemplo:

- *Entorno de simulación.* Hemos usado dos entornos de simulación: uno en 3D y otro en 2D.
- *Entornos reales.* Dentro del campus, hemos realizado experimentos en Biblioteca y en el edificio de Gestión.

1. Primer elemento de la colección.
2. Segundo elemento de la colección.

**Referencias bibliográficas** Las referencias, con todo su contenido, están recogidas en el fichero `bibliografia.bib`. El contenido de estas referencias está en formato BibTex. Este formato se puede obtener en muchas ocasiones directamente, desde plataformas como Google Scholar u otros repositorios de recursos científicos.

Existen numerosos estilos para reflejar una referencia bibliográfica. El estilo establecido por defecto en este documento es APA, que es uno de los estilos más comunes, pero lo puedes modificar en el archivo `memoria.tex`; concretamente, cambiando el campo `apalike` a otro en la instrucción `\bibliographystyle{apalike}`.

Y, para terminar este capítulo, resume brevemente qué vas a contar en los siguientes.

---

## Capítulo 2

# Objetivos

---

*Quizás algún fragmento de libro inspirador...*

Autor, *Título*

Escribe aquí un párrafo explicando brevemente lo que vas a contar en este capítulo. En este capítulo lo ideal es explicar cuáles han sido los objetivos que te has fijado conseguir con tu trabajo, qué requisitos ha de respetar el resultado final, y cómo lo has llevado a cabo; esto es, cuál ha sido tu plan de trabajo.

### 2.1. Descripción del problema

Cuenta aquí el objetivo u objetivos generales y, a continuación, concrétales mediante objetivos específicos.

### 2.2. Requisitos

Describe los requisitos que ha de cumplir tu trabajo.

### 2.3. Metodología

Qué paradigma de desarrollo software has seguido para alcanzar tus objetivos.

### 2.4. Plan de trabajo

Qué agenda has seguido. Si has ido manteniendo reuniones semanales, cumplimentando objetivos parciales, si has ido afinando poco a poco un producto final completo, etc.



---

## Capítulo 3

# Plataforma de desarrollo

---

*Quizás algún fragmento de libro inspirador...*

Autor, *Título*

Escribe aquí un párrafo explicando brevemente lo que vas a contar en este capítulo. En este capítulo, explica qué has usado a nivel hardware y software para poder desarrollar tu trabajo: librerías, sistemas operativos, plataformas, entornos de desarrollo, etc.

---

## Capítulo 4

# Diseño

---

*Quizás algún fragmento de libro inspirador...*

Autor, *Título*

Escribe aquí un párrafo explicando brevemente lo que vas a contar en este capítulo. En este capítulo (y quizás alguno más) es donde, por fin, describes detalladamente qué has hecho y qué experimentos has llevado a cabo para validar tus desarrollos.

### 4.1. Snippets

Puede resultar interesante, para clarificar la descripción, mostrar fragmentos de código (o *snippets*) ilustrativos. En el Código 4.1 vemos un ejemplo escrito en C++.

---

```
void Memory::hypothesizeParallelograms () {
    for(it1 = this->controller->segmentMemory.begin(); it1++) {
        squareFound = false; it2 = it1; it2++;
        while ((it2 != this->controller->segmentMemory.end()) && (!squareFound))
        {
            if (geometry::haveACommonVertex((*it1),(*it2),&square)) {
                dist1 = geometry::distanceBetweenPoints3D ((*it1).start, (*it1).end);
                dist2 = geometry::distanceBetweenPoints3D ((*it2).start, (*it2).end);
            }
        }
        // [...]
    }
}
```

---

Código 4.1: Función para buscar elementos 3D en la imagen

En el Código 4.2 vemos un ejemplo escrito en Python.

### 4.2. Verbatim

Para mencionar identificadores usados en el código —como nombres de funciones o variables— en el texto, usa el entorno literal o verbatim

---

```
def mostrarValores():
    print (w1.get(), w2.get())

master = Tk()
w1 = Scale(master, from_=0, to=42)
w1.pack()
w2 = Scale(master, from_=0, to=200, orient=HORIZONTAL)
w2.pack()
Button(master, text='Show', command=mostrarValores).pack()

mainloop()
```

---

Código 4.2: Cómo usar un Slider

`hypothesizeParallelograms()`. También se puede usar este entorno para varias líneas, como se ve a continuación:

```
void Memory::hypothesizeParallelograms () {
    // add your code here
}
```

### 4.3. Ecuaciones

Si necesitas insertar alguna ecuación, puedes hacerlo. Al igual que las figuras, no te olvides de referenciarlas. A continuación se exponen algunas ecuaciones de ejemplo: Ecuación 4.1 y Ecuación 4.2.

$$H = 1 - \frac{\sum_{i=0}^N \frac{(\frac{d_{js} + d_{je}}{2})}{N}}{M} \quad (4.1)$$

Ecuación 4.1: Ejemplo de ecuación con fracciones

$$v(entrada) = \begin{cases} 0 & \text{if } \epsilon_t < 0,1 \\ K_p \cdot (T_t - T) & \text{if } 0,1 \leq \epsilon_t < M_t \\ K_p \cdot M_t & \text{if } M_t < \epsilon_t \end{cases} \quad (4.2)$$

Ecuación 4.2: Ejemplo de ecuación con array y letras y símbolos especiales

### 4.4. Tablas o cuadros

Si necesitas insertar una tabla, hazlo dignamente usando las propias tablas de L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, no usando pantallazos e insertándolas como figuras... En el Cuadro 4.1 vemos

un ejemplo.

Parámetros	Valores
Tipo de sensor	Sony IMX219PQ[7] CMOS 8-Mpx
Tamaño del sensor	3.674 x 2.760 mm (1/4" format)
Número de pixels	3280 x 2464 (active pixels)
Tamaño de pixel	1.12 x 1.12 $\mu\text{m}$
Lente	f=3.04 mm, f/2.0
Ángulo de visión	62.2 x 48.8 degrees
Lente SLR equivalente	29 mm

Cuadro 4.1: Parámetros intrínsecos de la cámara

---

## Capítulo 5

# Conclusiones

---

*Quizás algún fragmento de libro inspirador...*

Autor, *Título*

Escribe aquí un párrafo explicando brevemente lo que vas a contar en este capítulo, que básicamente será una recapitulación de los problemas que has abordado, las soluciones que has prouesto, así como los experimentos llevados a cabo para validarlos. Y con esto, cierras la memoria.

### 5.1. Conclusiones

Enumera los objetivos y cómo los has cumplido.

Enumera también los requisitos implícitos en la consecución de esos objetivos, y cómo se han satisfecho.

No olvides dedicar un par de párrafos para hacer un balance global de qué has conseguido, y por qué es un avance respecto a lo que tenías inicialmente. Haz mención expresa de alguna limitación o peculiaridad de tu sistema y por qué es así. Y también, qué has aprendido desarrollando este trabajo.

Por último, añade otro par de párrafos de líneas futuras; esto es, cómo se puede continuar tu trabajo para abarcar una solución más amplia, o qué otras ramas de la investigación podrían seguirse partiendo de este trabajo, o cómo se podría mejorar para conseguir una aplicación real de este desarrollo (si es que no se ha llegado a conseguir).

## 5.2. Corrector ortográfico

Una vez tengas todo, no olvides pasar el corrector ortográfico de L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>Xa todos tus ficheros *.tex*. En **Windows**, el propio editor **TeXworks** incluye el corrector. En **Linux**, usa **aspell** ejecutando el siguiente comando en tu terminal:

```
aspell --lang=es --mode=tex check capitulo1.tex
```

# Bibliografía

---

- [ISO/TC299, 2021] ISO/TC299, R. (2021). ISO 8373:2021 Robotics — Vocabulary. International Organization for Standardization.
- [Koditschek, 2021] Koditschek, D. E. (2021). What is robotics? Why Do We Need It and How Can We Get It? *Annual Review of Control, Robotics, and Autonomous Systems*, 4(1):1–33.