



## **GRADO EN INGENIERÍA DE ROBÓTICA SOFTWARE**

Escuela de Ingeniería de Fuenlabrada

Curso académico 2024-2025

**Trabajo Fin de Grado**

Automatización de línea de producción robotizada  
para simulación didáctica

**Tutor:** Julio Salvador Lora Millán

**Autor:** Álvaro Alonso Alosete



Este trabajo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional CC BY-SA International License (Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0). Usted es libre de *(a) compartir*: copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato para cualquier propósito, incluso comercialmente; y *(b) adaptar*: remezclar, transformar y construir a partir del material para cualquier propósito, incluso comercialmente. La licenciente no puede revocar estas libertades en tanto usted siga 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 licenciente.
- *Compartir igual.* Si remezcla, transforma o crea a partir del material, debe distribuir su contribución bajo la misma licencia del original.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

# Agradecimientos

---

Unas bonitas palabras...

Quizás un segundo párrafo esté bien. No te olvides de nadie.

Un tercero tampoco viene mal para contar alguna anécdota...

¿Alguien más? Aunque sean *actores* secundarios.

Un quinto párrafo como colofón.

*A alguien especial;  
si no, tampoco pasa nada*

Madrid, xx de xxxxxx de 20xx

*Tu nombre*

# 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

---

**IA** *Inteligencia artificial*

**EOAT** *Endo of arm Tooling*

**PLC** *Controlador lógico programable*

**PAC** *Controlador automatizado programable*

**E/S** *Entradas y salidas*

**ROS** *Robot Operating System*

# Índice general

---

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. La automatización industrial . . . . .	1
1.1.1. Conceptos básicos de la automatización industrial . . . . .	1
1.1.2. Tipos de automatización industrial . . . . .	4
1.1.3. Ventajas de la Automatización Industrial . . . . .	4
1.1.4. Desventajas de la Automatización Industrial . . . . .	5
1.2. La robótica . . . . .	6
1.2.1. Robótica Industrial . . . . .	7
1.3. Evolución e historia de la robótica industrial . . . . .	8
1.4. Tipos de robots industriales . . . . .	10
1.5. Motivación del trabajo . . . . .	13
<b>2. Objetivos</b>	<b>16</b>
2.1. Descripción del problema . . . . .	16
2.2. Requisitos . . . . .	16
2.3. Competencias . . . . .	16
2.4. Metodología . . . . .	17
2.5. Plan de trabajo . . . . .	17
<b>3. Plataforma de desarrollo</b>	<b>18</b>
<b>4. Diseño</b>	<b>19</b>
4.1. Snippets . . . . .	19
4.2. Verbatim . . . . .	19
4.3. Ecuaciones . . . . .	20
4.4. Tablas o cuadros . . . . .	20
<b>5. Conclusiones</b>	<b>22</b>
5.1. Conclusiones . . . . .	22
5.2. Corrector ortográfico . . . . .	23



# Índice de figuras

---

1.1. Niveles de la pirámide de automatización. . . . .	3
1.2. Ejemplo de aplicación de automatización industrial. . . . .	6
1.3. RB-WATCHER de Robotink. . . . .	7
1.4. Partes de un brazo robótico industrial. . . . .	8
1.5. Primeros robots industriales. . . . .	9
1.6. Robots industriales populares en la década de los 70. . . . .	9
1.7. Robot cartesiano. . . . .	11
1.8. Robot antropomórfico. . . . .	11
1.9. Robot cilíndrico. . . . .	12
1.10. Robot SCARA. . . . .	12
1.11. Robot delta. . . . .	13
1.12. Robot esférico. . . . .	13



# Listado de códigos

---

4.1. Función para buscar elementos 3D en la imagen . . . . .	19
4.2. Cómo usar un Slider . . . . .	20

# Listado de ecuaciones

---

4.1. Ejemplo de ecuación con fracciones . . . . .	20
4.2. Ejemplo de ecuación con array y letras y símbolos especiales . . . . .	20

# Índice de cuadros

---

4.1. Parámetros intrínsecos de la cámara . . . . .	21
--	----

---

# Capítulo 1

## Introducción

---

*La automatización no es el enemigo del trabajador, sino la clave para su evolución*

La automatización ha sido un pilar fundamental en el desarrollo de la industria moderna, permitiendo mejoras significativas en eficiencia, calidad y seguridad. Desde la evolución Industrial hasta la actualidad, la evolución de las tecnologías ha dado paso a sistemas cada vez más sofisticados, donde la integración de robots ha transformado los entornos de producción, ofreciendo resultados de mayor calidad y reduciendo costes y tiempos de producción. En particular, la robótica industrial ha desempeñado un papel clave en sectores como la automoción, la electrónica y la manufactura, ofreciendo soluciones flexibles y altamente eficientes para la producción en serie.

En este capítulo se presentará el contexto en el que se desarrolla este trabajo, proporcionando una visión general de la automatización en la industria y su evolución hasta la actualidad. Posteriormente, se acotará el enfoque hacia la robótica industrial, destacando su impacto en la optimización de procesos productivos. Finalmente, se delimitará el ámbito específico de este estudio, centrado en la automatización de una línea de producción robotizada, analizando sus beneficios, retos y las tecnologías empleadas.

### 1.1. La automatización industrial

#### 1.1.1. Conceptos básicos de la automatización industrial

La automatización industrial consiste en la implementación de sistemas de control, como computadoras, controladores lógicos programables (PLCs), robots y tecnologías de la información, para gestionar maquinaria y procesos productivos en el sector industrial [Centro de la formación técnica para la industria, 2024]. Su

propósito principal es reducir la intervención humana, reemplazando tareas manuales, especialmente aquellas que implican riesgos, por procesos automatizados .

Este concepto surge como una evolución de la mecanización industrial, incorporando dispositivos con gran capacidad de control para optimizar la eficiencia en la fabricación. Con los avances tecnológicos y la llegada de la Industria 4.0, las empresas están modernizando sus sistemas de producción mediante el uso de control informatizado, lo que les permite mejorar la precisión, calidad y rendimiento de sus operaciones [Centro de la formación técnica para la industria, 2024].

El término “automatización” tiene su origen en las palabras griegas “auto” (por sí mismo) y “matos” (movimiento), y se aplica a mecanismos capaces de funcionar de manera autónoma. Los sistemas automatizados ofrecen un rendimiento superior a los manuales en términos de precisión, potencia y velocidad. En el ámbito del control industrial, es posible monitorizar y regular simultáneamente diversas variables de proceso, como temperatura, flujo, presión, distancia y niveles de líquido, mediante el uso de PLCs (computadora industrial la cual graba la información de las entradas en memoria, las procesa y escribe en las salidas las acciones oportunas), PACs (Controladores Automatizados Programables que integran PLC y PC), o PCs. [Centro de la formación técnica para la industria, 2024].

La estructura de un sistema de automatización industrial se puede representar mediante un triángulo jerárquico de cinco niveles:

1. **Nivel de gestión:** La alta gerencia usa sistemas ERP para controlar y monitorear todos los procesos de la empresa, desde la producción hasta ventas, compras y proyectos, asegurando eficiencia y alineación entre equipos.[SDI, 2022].
2. **Nivel de operación:** Este nivel está controlado por el sistema MES (Un sistema MES conecta el mundo digital con la producción, permitiendo supervisar y sincronizar cada fase del proceso <sup>1</sup>), para monitorear la producción. Este sistema integra datos de operaciones, mantenimiento, seguridad, logística y calidad, permitiendo a la gerencia tomar decisiones informadas sobre todo el proceso, desde las materias primas hasta el producto final. [SDI, 2022].
3. **Nivel supervisor:** Compuesto por un ordenador industrial que utiliza software especializado para el control de procesos. Su principal objetivo es la

---

<sup>1</sup>(N.d.). Cursosaula21.com. Retrieved April 7, 2025, from <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-sistema-mes/>

parametrización y visualización del proceso y suele utilizars el protocolo de de comunicación Ethernet industrial [Sunt Automatización, 2024].

4. **Nivel de control:** Incluye dispositivos como PLCs que ejecutan las órdenes del nivel supervisor y controlan directamente la maquinaria en tiempo real. Estos pueden estar conectados a varios dispositivos de E/S y se comunican mediante protocolos industriales [Sunt Automatización, 2024].
5. **Nivel de campo:** Constituido por sensores y actuadores que interactúan directamente con el proceso físico, proporcionando datos y ejecutando acciones según las instrucciones recibidas a través del bus de campo con conexión punto a punto [Sunt Automatización, 2024].

Esta estructura permite una gestión eficiente y organizada de los procesos industriales, asegurando que cada componente funcione de manera integrada para optimizar la producción.

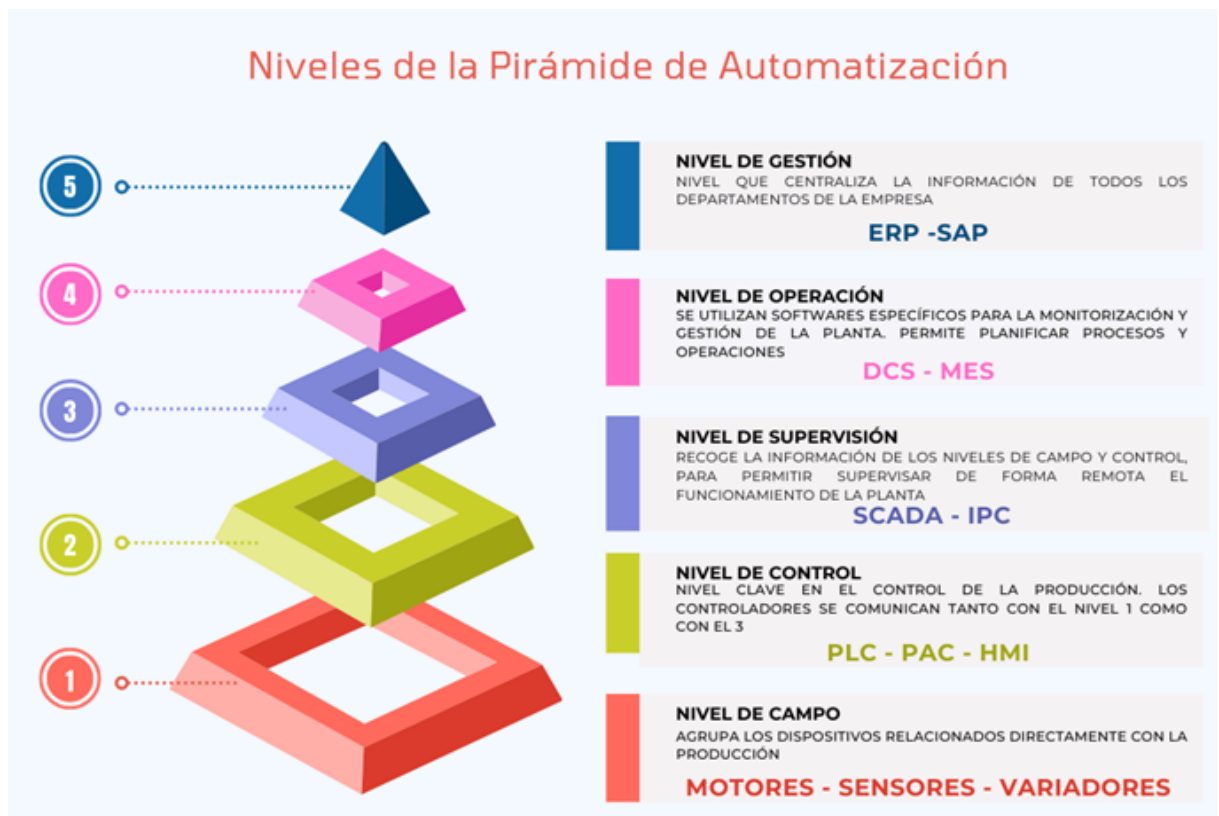


Figura 1.1: Niveles de la pirámide de automatización.

### 1.1.2. Tipos de automatización industrial

Los sistemas de automatización industrial se clasifican principalmente en cuatro tipos según su nivel de flexibilidad y aplicación en los procesos productivos:

1. **Automatización fija:** Utilizada en procesos específicos y repetitivos donde no se requieren modificaciones en el diseño del producto debido a que aplicar modificaciones resulta casi imposible. Es ideal para la producción a gran escala de productos estables.
2. **Automatización programable:** Aplicada en la fabricación por lotes, permite modificar el proceso mediante reprogramación, aunque esto puede consumir tiempo.
3. **Automatización flexible:** Variante más avanzada de la automatización programable, que facilita cambios rápidos y automáticos en la producción sin interrupciones significativas.
4. **Sistema Integrado de Automatización:** Conjunto de máquinas, procesos y datos sincronizados bajo un único sistema de control. Integra herramientas como CAD, CAM, robots y sistemas de transporte automatizados para optimizar la producción <sup>2</sup>.

### 1.1.3. Ventajas de la Automatización Industrial

- **Mayor productividad laboral:** La automatización acelera los procesos de producción, permitiendo fabricar más productos con una mejor calidad. Las nuevas tecnologías pueden operar de manera continua sin perder precisión, lo que incrementa la eficiencia y el rendimiento por hora de trabajo.
- **Mejora en la calidad del producto:** Uno de los principales beneficios de la automatización es la reducción de la cantidad de unidades defectuosas. Los sistemas automatizados garantizan una mayor uniformidad y precisión en la fabricación, cumpliendo con los estándares de calidad. Además, los procesos son supervisados en todas sus fases para asegurar un producto final óptimo.
- **Reducción de costos de producción:** La automatización permite disminuir el gasto en mano de obra al reemplazar tareas repetitivas con maquinaria, lo que reduce el costo unitario de producción. Los sistemas automatizados operan de

---

<sup>2</sup>neobotikstg. (2021, May 19). ¿Qué tipos de automatización industrial hay y cuáles necesitas? Neobotik.com. <https://www.neobotik.com/tipos-de-automatizacion-industrial/>

manera constante, aumentando la eficiencia y proporcionando un alto retorno de inversión al minimizar costos laborales, ausencias y otros gastos operativos.

- **Menos trabajo manual repetitivo:** En muchas industrias, es necesario supervisar constantemente variables como temperatura, presión o nivel de líquidos. Un sistema automatizado permite gestionar estas tareas mediante controladores de lazo cerrado, reduciendo la necesidad de intervención humana en actividades rutinarias.
- **Mayor seguridad:** Al implementar un sistema automatizado, los trabajadores pasan de realizar tareas directamente en el proceso a supervisarlas, lo que disminuye los riesgos laborales. Las máquinas pueden operar en entornos peligrosos o extremos, sustituyendo a los empleados en situaciones de alto riesgo, como condiciones químicas o temperaturas elevadas, reduciendo así los accidentes laborales.
- **Facilita la monitorización remota:** Muchas operaciones industriales requieren ser controladas a distancia para una supervisión más eficiente. Los sistemas automatizados permiten la comunicación entre el área de producción y el centro de control, permitiendo a los operadores gestionar los procesos de manera remota.

#### 1.1.4. Desventajas de la Automatización Industrial

- **Aumento de la contaminación:** Muchas máquinas requieren motores que funcionan con combustibles o productos químicos que pueden generar emisiones contaminantes.
- **Menor flexibilidad:** Una máquina automatizada está diseñada para realizar tareas específicas, lo que limita la capacidad de adaptación a nuevas funciones en comparación con un trabajador humano. Actualmente, ciertas tareas, como el ensamblaje de productos con formas irregulares, siguen dependiendo del trabajo manual.
- **Altos costos de implementación:** La inversión inicial para adoptar un sistema automatizado es elevada. Además de los gastos en investigación y desarrollo, es necesario considerar los costos de mantenimiento, formación del personal y servicio técnico, lo que suma un desafío económico para las empresas que buscan automatizar sus procesos <sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup>Ventajas y desventajas de la automatización industrial. (2016, July 29). MCR. <https://mcr.es/ventajas-y-desventajas-de-la-automatizacion-industrial/>





Figura 1.2: Ejemplo de aplicación de automatización industrial.

## 1.2. La robótica

La robótica es la disciplina científica que integra conocimientos de electrónica, mecánica e informática para desarrollar sistemas automatizados capaces de realizar tareas de manera autónoma o semiautónoma. Los componentes que conforman un robot son esenciales para su funcionamiento, desde la estructura mecánica (brazos, ruedas, actuadores, etc.), que debe garantizar un movimiento preciso y estabilidad, hasta los sistemas electrónicos que deben ser totalmente compatibles y funcionales para permitir la correcta operación. Además, los algoritmos que se implementan deben ser robustos, seguros y capaces de adaptarse a diversas situaciones y condiciones del entorno.

En el ámbito de la robótica, los sensores juegan un papel crucial, ya que proporcionan al robot la información necesaria sobre su entorno. Estos sensores, de diversos tipos, miden una amplia gama de magnitudes físicas, como la luz, posición, velocidad, fuerza, temperatura..., funcionando de manera análoga a los órganos sensoriales en los seres humanos.

Una vez que los sensores recogen los datos del entorno, el software del robot procesa esta información, proporcionando la inteligencia necesaria para tomar decisiones. Utilizando algoritmos avanzados o inteligencia artificial, el robot es capaz de generar respuestas adecuadas a las entradas, lo que resulta en la ejecución de una acción específica, como un movimiento o la interacción con su entorno.

Finalmente, los actuadores son los encargados de ejecutar las acciones determinadas por el sistema de control, permitiendo que el robot lleve a cabo tareas como moverse o manipular objetos. Los actuadores son fundamentales para la efectividad del robot, ya que son los elementos que materializan las decisiones procesadas en acciones físicas.

tangibles.



Figura 1.3: RB-WATCHER de Robotink.

### 1.2.1. Robótica Industrial

La robótica industrial es una disciplina de la ingeniería robótica dedicada al diseño, desarrollo y fabricación de robots industriales con el propósito de automatizar tareas repetitivas tradicionalmente realizadas por seres humanos. Estos sistemas robóticos se caracterizan por seguir una secuencia de instrucciones predefinidas, ejecutando ciclos de trabajo continuos en líneas de producción de diversos sectores industriales. Su uso es particularmente frecuente en la industria manufacturera, donde contribuyen significativamente a mejorar la eficiencia, la velocidad y la calidad de los procesos productivos <sup>4</sup>.

A diferencia de los robots de servicio, los robots industriales operan en entornos altamente controlados, lo que simplifica su programación y control. Debido a estas condiciones estables, estos robots suelen tener más de tres grados de libertad, permitiéndoles realizar movimientos complejos con gran precisión. Aunque su aplicación principal ha sido históricamente en entornos industriales, su uso se ha expandido hacia sectores como la minería, la agricultura, el comercio y la salud, demostrando su versatilidad y adaptabilidad.

Desde la aparición de los primeros prototipos de robots industriales, ha surgido un debate sobre su impacto en el empleo humano, con preocupaciones respecto a una posible sustitución de la mano de obra. Sin embargo, numerosos estudios sostienen que, lejos de desplazar a los trabajadores, estos sistemas robóticos buscan mejorar las condiciones laborales, eliminando tareas monótonas o peligrosas <sup>5</sup>.

---

<sup>4</sup>(N.d.). Unir.net. Retrieved February 24, 2025, from <https://www.unir.net/revista/ingenieria/robotica-industrial/>

<sup>5</sup>Robótica industrial: Qué es, usos y aplicaciones. (2023, June 14). Computing. <https://www.>

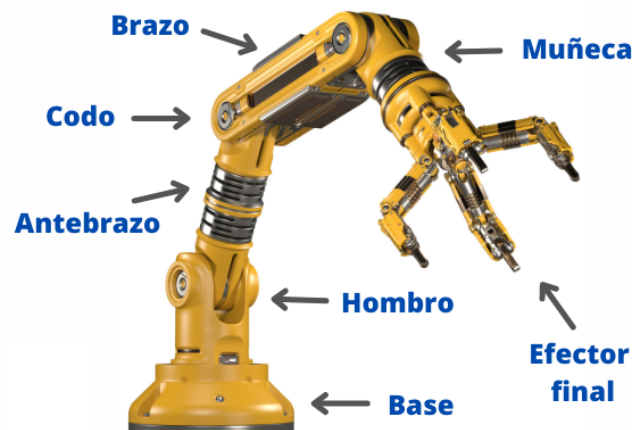


Figura 1.4: Partes de un brazo robótico industrial.

### 1.3. Evolución e historia de la robótica industrial

La robótica industrial aparece por primera vez a mediados del siglo XX en Europa a manos del británico Bill Taylor, estudiante que sobre 1937 creó el robot Gargantua, un robot en forma de grúa cuya principal función era la colocación de objetos, dando lugar al primer modelo de pick & place <sup>6</sup>.

Por otro lado, George Devol fue el encargado de crear la primera empresa de robótica de la historia llamada *Unimation* y en el año 1954 se crea el que se considera el primer robot industrial. Este robot consistía en un brazo hidráulico cuya finalidad era elevar cargas pesadas para facilitar su transporte, y en los años siguientes se fueron sacando versiones más avanzadas de este modelo. Además, esta empresa participó en el desarrollo del primer robot de transferencia programable en 1961 <sup>7</sup>.

En los años 60 y 70 ya empezaron a aparecer modelos de brazos robóticos más elaborados y de mayor tamaño con elementos como sensores o cámaras incorporados en ellos. En 1973 la empresa alemana KUKA crea Famulus, el primer robot industrial con motores eléctricos y en 1974 Victor Scheinman desarrolla el robot PUMA (Programmable Universal Machine for Assembly), el cual se convirtió en un estándar en la industria.

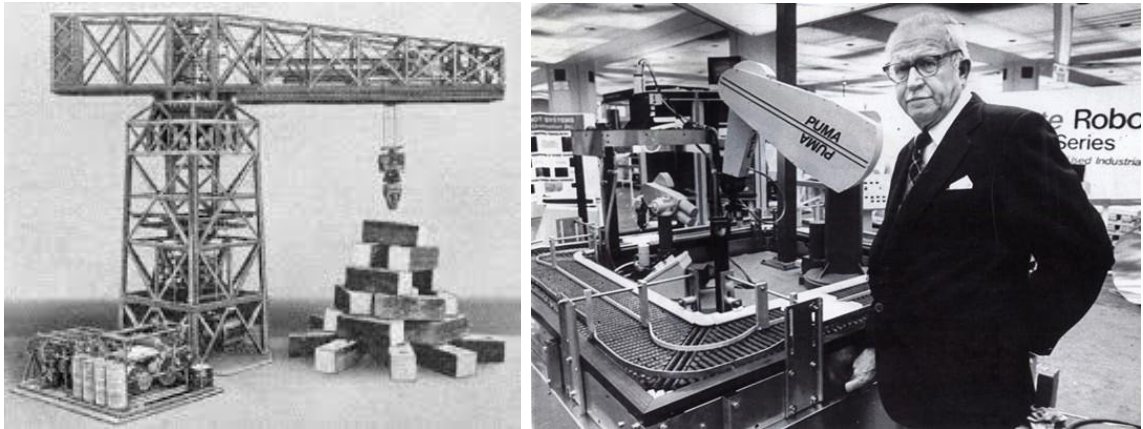
En los años 80 la robótica industrial alcanzó su máximo desarrollo debido a que la

---

[computing.es/informes/robotica-industrial-que-es-usos-aplicaciones/](https://computing.es/informes/robotica-industrial-que-es-usos-aplicaciones/)

<sup>6</sup>Marketing. (2021, February 2). Historia y Evolución de la Robótica Industrial. EDS Robotics. <https://www.edsrobotics.com/blog/evolucion-robotica-industrial/>

<sup>7</sup>Robotnik, P. (2021, November 2). Historia & Origen de los Robots y de la Robótica. Robotnik. <https://robotnik.eu/es/historia-de-los-robots-y-la-robotica/>



Gargantua.

George Devol.

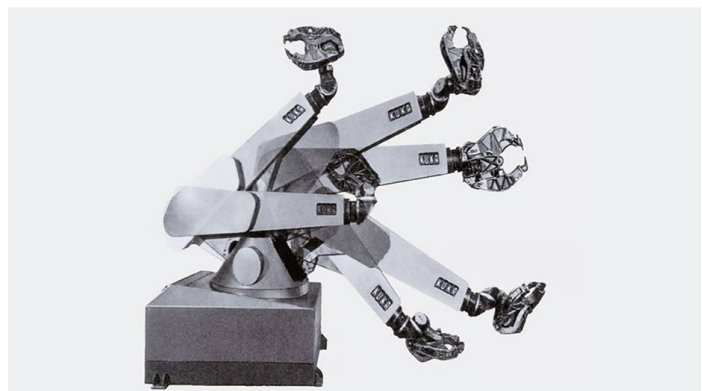
Figura 1.5: Primeros robots industriales.

fabricación y venta de esta aumentó un 80 % y, aunque EEUU fue el impulsor de esta industria, también empezó a desarrollarse en Asia y Europa. Destaca el robot Motoman L10 de Yaskawa desarrollado en 1981, el cual introduce el uso de retroalimentación por visión, lo que permite a los robots la identificación de objetos y su entorno o el PUMA 560, primer prototipo de robot quirúrgico.

A partir de la década de 1990, la robótica industrial experimentó un crecimiento significativo, impulsado por la globalización y la creciente demanda de bienes de consumo. Este período marcó la transición hacia la robótica inteligente, estableciendo estándares internacionales por la (ISO) y utilizando sensores avanzados dando lugar a mejores resultados.



Motoman L10.



Famulus.

Figura 1.6: Robots industriales populares en la década de los 70.

Entrando al siglo XXI se crean los primeros robots colaborativos, conocidos como cobots, concebidos para cooperar de manera directa con las personas. Estos dispositivos

se caracterizan por su seguridad, adaptabilidad y facilidad de programación, convirtiéndose en una solución ideal para entornos industriales donde es necesario combinar tareas manuales y automatizadas.

En los años 2010, la Industria 4.0 emergió como una nueva fase en la manufactura, caracterizada por la digitalización y la interconexión de sistemas de producción. Los robots industriales se convirtieron en componentes clave de las fábricas inteligentes, colaborando estrechamente con humanos y otros sistemas automatizados para optimizar la eficiencia y la flexibilidad en la producción<sup>8</sup>.

## 1.4. Tipos de robots industriales

En este apartado se van a abordar los conceptos esenciales de la robótica industrial, proporcionando una visión general de los distintos tipos de robots, sus componentes principales y las distintas técnicas existentes para operar con ellos. Comprender estos fundamentos es crucial para desarrollar soluciones eficientes y optimizar los procesos de producción.

Según la norma internacional ISO 8373:2012 un robot industrial se define como “un manipulador multifuncional, reprogramable y controlado automáticamente, programable en tres o más ejes que puede estar fijo en un área o móvil para su uso en aplicaciones de automatización industrial”. Todo ello a partir de trayectorias variables para ejecutar diversas tareas cíclicas y adaptables.<sup>9</sup>

Existen una gran variedad de diseños y configuraciones de robots industriales debido a las diversas aplicaciones y entornos en los que estos se emplean. Esta clasificación puede realizarse según diversos criterios, siendo el más común el tipo de configuración mecánica, que determina los grados de libertad, el alcance y la versatilidad del robot.

### Robot cartesiano

Los robots cartesianos se componen de tres articulaciones prismáticas y utilizan el sistema de coordenadas tridimensionales, el cual lo forman los ejes X, Y y Z. Los movimientos de estos robots son lineales por lo que su funcionamiento es sencillo y se limita a movimiento de traslación. Suelen ser utilizados para mover cargas pesadas linealmente en las que no es necesario rotarlas<sup>10</sup>.

---

<sup>8</sup>Sutori.

(n.d.). Sutori.com. Retrieved February 24, 2025, from <https://www.sutori.com/es/historia/linea-de-tiempo-evolucion-de-la-robotica-industrial--6w6pytow1tj3grr5scVKU1Ns>

<sup>9</sup>Tipos de robots industriales: clasificación y características. (2020, June 2). Esneca; Esneca Business



Figura 1.7: Robot cartesiano.

### Robot antropomórfico

Estos robots articulados son los más comunes en el sector de fabricación enfocados en aplicaciones complejas como el montaje de productos, soldadura o mecanizado. El “end effector” (pieza situada en el extremo final del brazo) poseen seis grados de libertad para poder operar en cualquier situación. Los brazos de este estilo poseen tres articulaciones de giro y otra opcional en el EOAT.



Figura 1.8: Robot antropomórfico.

### Robot cilíndrico

Los robots cilíndricos se caracterizan por tener movimientos cilíndricos debido a que están compuestos de dos articulaciones prismáticas y otra de revolución. Esta morfología le permite movimientos de rotación en torno a su propio eje y con las articulaciones prismáticas ajusta la altitud y radio de trabajo. Su principal aplicación es la de “pick and place” las cuales no requieren desplazamiento.

---

School. <https://www.esneca.lat/blog/tipos-robots-industriales-caracteristicas/>

<sup>10</sup>(N.d.). Sicma21.com. Retrieved March 12, 2025, from <https://www.sicma21.com/robots-industriales-tecnologia-y-aplicaciones/>



Figura 1.9: Robot cilíndrico.

### Robot SCARA

Este tipo de robots tiene como peculiaridad que poseen un brazo con libertad en un plano XY, pero con restricción de movimiento en el eje Z. Estos modelos están formados por dos eslabones en adición a dos juntas de revolución y una prismática. La función de la articulación prismática es desplazar en el eje Z el EOAT y tiene diversas aplicaciones como la paletización, el ensambalaje o biomedicina.



Figura 1.10: Robot SCARA.

### Robot delta

Los robots delta están formados por tres eslabones unidos al un EOAT mediante tres juntas universales y una base común. La base está formada por tres juntas primáticas o accionadas por revoluciones y su función es proporcionarle cuatro grados de libertad al EOAT para que pueda moverse en todos los ejes cartesianos y girar sobre su eje Z. Sus principales aplicaciones son la de “pick and place” de forma veloz en la industria alimentaria, electrónica y farmacéutica.



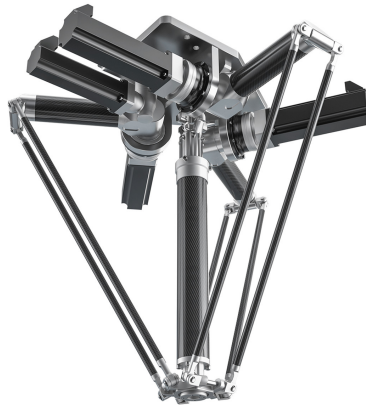


Figura 1.11: Robot delta.

### Robot esférico

Estos robots también tienen el nombre de robots polares y están basados en el sistema de coordenadas polares consiguiendo un área de trabajo esférica. La longitud del enlace entre el EOAT y la articulación de revolución más cercana establecen su rango de movimiento permitiendo un mayor alcance en comparación a otros modelos. Su aplicación más común es en aplicaciones de carga de máquinas debido a su largo alcance.



Figura 1.12: Robot esférico.

## 1.5. Motivación del trabajo

A lo largo de mi formación académica, he adquirido conocimientos en diversas áreas de la robótica, incluyendo robótica de servicio, automatización, planificación, sistemas distribuidos y programación con Arduino, entre otras. Sin embargo, el ámbito que más ha despertado mi interés ha sido el de la robótica industrial.



Es cierto que la robótica industrial no tiene una presencia destacada en mi formación académica, ya que únicamente se imparten dos o tres asignaturas centradas en este ámbito. En consecuencia, mi conocimiento sobre el sector no es especialmente profundo. No obstante, desde el primer día me ha resultado un área fascinante, especialmente todo lo relacionado con los brazos robóticos y los PLCs, cuya programación es mucho más interactiva y dinámica en comparación con otros tipos de robots, como aquellos que emplean ROS. Además, me resulta especialmente atractivo trabajar en un entorno controlado, ya que ello me permite desarrollar programas con la certeza de que ningún factor externo afectará su funcionamiento.

Con este trabajo, mi objetivo es adquirir una formación sólida y obtener los conocimientos necesarios para desarrollarme profesionalmente en el sector de la robótica industrial, complementando y ampliando así lo aprendido durante la carrera. Considero que este ámbito tiene un gran futuro, ya que la producción industrial en masa seguirá siendo fundamental debido al consumismo global y al crecimiento demográfico. Además, el sector continúa evolucionando constantemente con el desarrollo de nuevas técnicas y robots, lo que ha impulsado su expansión desde sus inicios en la década de 1940. He elegido esta rama de la robótica porque es la que más me apasiona y me genera mayor satisfacción entre todas las que he explorado. Considero que es fundamental dedicarse a una profesión que realmente motive y entusiasme, ya que ello contribuye significativamente a la realización personal y profesional.

A continuación, se presentan los siguientes capítulos:

- **Objetivos:** Se detallarán y explicarán los objetivos a cumplir en este trabajo.
- **Plataforma de desarrollo:** Se describirá el funcionamiento del hardware del sistema industrial, junto con sus componentes y herramientas utilizadas.
- **Diseño:** Se abordará la programación del software implementado en el sistema, explicando su finalidad y funcionamiento.
- **Conclusiones:** Se expondrán las conclusiones finales del trabajo, incluyendo un análisis de los conocimientos adquiridos a lo largo del desarrollo del proyecto.

**Referencias bibliográficas** Cita, sobre todo en este capítulo, referencias bibliográficas que respalden tu argumento. Para citarlas basta con poner la

instrucción `\cite` con el identificador de la cita. Por ejemplo: libros como [Vega et al., 2012], artículos como [Vega and Cañas, 2019], URLs como [Vega, 2019], tesis como [Vega, 2018a], congresos como [Vega, 2018b], u otros trabajos fin de grado como [Palacios Gonzalo, 2024].

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}`.

<https://burjcdigital.urjc.es/server/api/core/bitstreams/80cd7f76-b95f-42fe-a619-452f6968d7b8/content>

---

## 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. Competencias

Enumera las competencias generales adquiridas y empleadas. Es decir, las que consideres que has adquirido durante la realización de tu TFG (las podrás encontrar en la guía docente de la asignatura TFG), así como las que creas que has adquirido en las distintas asignaturas del grado (descritas en sus respectivas guías docentes) y que has empleado para llevarlo a cabo.

## 2.4. Metodología

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

## 2.5. 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

---

- [Centro de la formación técnica para la industria, 2024] Centro de la formación técnica para la industria (2024). Automatización industrial: Qué es y cómo funciona.
- [Palacios Gonzalo, 2024] Palacios Gonzalo, A. (2024). El impacto de la automatización en la sustitución de mano de obra humana por robots en la industria. Master thesis on computer science, Rey Juan Carlos University.
- [SDI, 2022] SDI (2022). ¿qué es la pirámide de la automatización?
- [Sunt Automatización, 2024] Sunt Automatización (2024). 3 niveles del proceso de automatización industrial.
- [Vega, 2015] Vega, J. (2015). De la tiza al robot. Technical report.
- [Vega, 2018a] Vega, J. (2018a). *Educational framework using robots with vision for constructivist teaching Robotics to pre-university students*. Doctoral thesis on computer science and artificial intelligence, University of Alicante.
- [Vega, 2018b] Vega, J. (2018b). JdeRobot-Kids framework for teaching robotics and vision algorithms. In *II jornada de investigación doctoral*. University of Alicante.
- [Vega, 2019] Vega, J. (2019). El profesor Julio Vega, finalista del concurso 'Ciencia en Acción 2019'. URJC, on-line newspaper interview.
- [Vega and Cañas, 2019] Vega, J. and Cañas, J. (2019). PyBoKids: An innovative python-based educational framework using real and simulated Arduino robots. *Electronics*, 8:899–915.
- [Vega et al., 2012] Vega, J., Perdices, E., and Cañas, J. (2012). *Attentive visual memory for robot localization*, pages 408–438. IGI Global, USA. Text not available. This book is protected by copyright.