



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

---

FACULTAD DE INGENIERÍA

Diseño e instrumentación de manipuladores para un  
robot de servicio de propósito general

TESIS

Que para obtener el título de  
Ingeniero Mecatrónico

P R E S E N T A N

Rafael Cuéllar Ramírez  
Marco Elian Soriano Pimentel

DIRECTOR(A) DE TESIS

Dr. Jesús Savage Carmona



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2026

# Índice general

<b>1. Introducción</b>	<b>3</b>
1.1. Robótica de servicio doméstico . . . . .	3
1.2. Planteamiento del problema . . . . .	4
1.3. Justificación . . . . .	4
1.4. Alcance . . . . .	5
1.5. Objetivos . . . . .	5
1.5.1. Objetivos específicos . . . . .	5
1.6. Organización del trabajo . . . . .	6
<b>2. Antecedentes</b>	<b>7</b>
2.1. Estado del arte . . . . .	7

# Capítulo 1

## Introducción

La robótica como disciplina se inició con la invención de los brazos autónomos para asistir la manufactura en líneas de producción con el robot *Unimate* en 1961 [1].

Tadej Bajd, en su libro *Introduction to robotics* [2], define a la robótica contemporánea como la rama de la ciencia que estudia a aquellos sistemas cuya principal característica es el movimiento. En su libro del mismo nombre, John Craig se centra en definir la robot industrial como extensión de las nuevas técnicas de automatización que marcaron las rápidas transformaciones y acelerado crecimiento económico del siglo XX [3]. Lo que constituye a un robot industrial está en debate y el criterio en el que normalmente se basa la clasificación entre la máquina y robot industrial es la complejidad de su programación. Con esto, la **robótica industrial** se separa del resto de la robótica a tal grado que las definiciones tanto de la *International Standard Organization* en el estándar ISO 8373 como de la *Robot Institute of America* reducen el término de robot a un manipulador [4].

Durante las últimas décadas se han diseñado y construido una gran cantidad de robots en dos dimensiones principales: su grado de autonomía y su capacidad de actuar en entornos complejos. Ambos relacionados directamente con su inteligencia [1].

Por un lado, la autonomía del robot está determinada por la riqueza de los sensores del robot y por la variedad de sus mecanismos motores y mentales. Por otro, es una función de la variedad de los tipos de acciones que puede realizar un robot. La complejidad del entorno, en cambio, corresponde a la variedad del ambiente que el robot es capaz de enfrentar e incluso transformar [1].

### 1.1. Robótica de servicio doméstico

En las últimas décadas, la robótica de servicio se ha consolidado como un área de investigación y desarrollo en constante expansión. La competencia internacional RoboCup@HOME se fundó con el objetivo de evaluar anualmente las capacidades de la tecnología emergente en robótica de servicio, incluyendo, entre otras, la interacción y cooperación humano-máquina, la navegación en ambientes dinámicos y la manipulación

de objetos [5].

## 1.2. Planteamiento del problema

El Laboratorio de Bio-Robótica de la UNAM, fundado en 1996, emprendió en 2005 la construcción de robots móviles destinados a ayudar a las personas en sus actividades cotidianas, en entornos domésticos, académicos, laborales y clínicos. El robot de servicio de propósito general *Justina* es resultado de la evolución de otros robots creados en el laboratorio [6].

En la actualidad, *Justina* cuenta con una cámara RGBD, un micrófono direccional, un torso telescópico, un sensor LiDAR, dos brazos manipuladores con siete grados de libertad cada uno y una base móvil FESTO *Robotino 3*. No obstante, los manipuladores de *Justina* exhiben deficiencias críticas que impidieron su participación en la RoboCup@HOME 2025. Los actuadores carecen de la capacidad de carga necesaria para las tareas de manipulación doméstica, los componentes estructurales presentan deformaciones permanentes por sobrecarga y el deterioro acumulado del sistema compromete su desempeño. Asimismo, aunque posee dos brazos, la manipulación colaborativa constituye un desafío técnico pendiente.

En respuesta a esta problemática, el presente trabajo plantea el rediseño e implementación integral de los subsistemas mecánico, electrónico y de software que conforman los brazos de *Justina*, con el propósito de superar las limitaciones actuales y habilitar la manipulación colaborativa.

## 1.3. Justificación

El rediseño de los manipuladores de *Justina* responde a múltiples necesidades del ámbito académico y del desarrollo tecnológico en robótica de servicio.

*Justina* es un robot de servicio diseñado para operar en entornos domésticos, concebido como parte de una iniciativa para acercar la robótica a las personas y mejorar su calidad de vida. Sin embargo, la meta principal del proyecto es fomentar la formación científica e ingenieril de los estudiantes, brindándoles la oportunidad de aplicar sus conocimientos en escenarios prácticos utilizando tecnología de vanguardia [7]. Los manipuladores son esenciales para estos fines, ya que constituyen la interfaz de interacción física con objetos y personas.

La integración de manipulación colaborativa amplía significativamente el rango de tareas que *Justina* puede realizar, permitiendo manejar objetos de mayor tamaño, peso y complejidad, y coordinar actividades que requieren ambos brazos, como la apertura de contenedores o el ensamblaje de objetos.

La participación en la RoboCup@HOME promueve el avance tecnológico del laboratorio al establecer estándares internacionales de desempeño y facilitar la comparación con otras instituciones académicas. No poder participar representa una pérdida de oportunidades de evaluación, retroalimentación y visibilidad.

Finalmente, este trabajo fortalece las competencias del Laboratorio de Bio-Robótica de la UNAM. Introduce la manipulación colaborativa como línea de investigación y desarrollo, genera conocimiento técnico documentado sobre el diseño mecatrónico de manipuladores y proporciona un marco para futuros avances.

## 1.4. Alcance

El presente trabajo abarca el rediseño integral de los brazos manipuladores de *Justina* en tres disciplinas:

- **Mecánica:** diseño de manipuladores y efector finales, análisis por elemento finito y manufactura.
- **Electrónica:** arquitectura del sistema de control, integración de sensores y administración de energía.
- **Software:** desarrollo de nodos de control de los manipuladores y efectores finales e infraestructura para la manipulación colaborativa.

Se contempla además la validación experimental mediante pruebas de desempeño en tareas representativas de robótica de servicio.

El alcance del proyecto no incluye modificaciones a otros subsistemas de *Justina*. En cuanto a la manipulación colaborativa, se implementará la infraestructura y funcionalidad básica de coordinación, pero no se desarrollarán algoritmos avanzados de planificación, los cuales constituyen trabajo futuro.

## 1.5. Objetivos

Diseñar e implementar los subsistemas mecánico y electrónico de los brazos de un robot de servicio de propósito general con el fin de manipular objetos de uso común en un entorno doméstico, así como las interfaces para su integración en el *stack* de software.

### 1.5.1. Objetivos específicos

- Diseñar y manufacturar dos manipuladores robóticos.
- Diseñar y manufacturar dos efectores finales (EOAT) para manipular objetos comunes de uso doméstico.
- Implementar el nodo de control en ROS para resolver el modelo de la cinemática directa e inversa de la posición de los manipuladores.
- Implementar un nodo de control en ROS para tomar los objetos.
- Actualizar el paquete de ROS con la descripción del robot.

## 1.6. Organización del trabajo

# Capítulo 2

## Antecedentes

### 2.1. Estado del arte

# Bibliografía

- [1] L. E. Sucar Succar, “Introducción,” in *Robótica de Servicio* (E. Sucar and Y. Hernández, eds.), ch. 1, pp. 1–5, Academia Mexicana de Computación, A.C., 2nd ed., 2019.
- [2] T. Bajd and M. Mihelj, *Introduction to Robotics*. Springer, 1st ed., 2013.
- [3] J. J. Craig, *Introduction to Robotics: Mechanics and Control*. Pearson Prentice Hall, 3th ed., 2006.
- [4] J. Savage Carmona, “Robots de servicio,” in *Robótica de Servicio* (E. Sucar and Y. Hernández, eds.), ch. 2, pp. 7–23, Academia Mexicana de Computación, A.C., 2nd ed., 2019.
- [5] RoboCup Federation, “RoboCup@Home League.” <https://athome.robocup.org/>, 2025. Official website of the RoboCup@Home league for autonomous service robots.
- [6] C. P. Vázquez, “Justina, robot de servicio creado en la unam.” <https://www.uv.mx/prensa/ciencia/justina-robot-de-servicio-creado-en-la-unam/>, mayo 2019. Accessed 2025-08-28.
- [7] BioRobotics Laboratory, UNAM, “Pumas OPL (Justina Robot).” [Online]. Available: <https://biorobotics.fi-p.unam.mx/robot-justina/>, 2025. Accessed: Oct. 1, 2025.