



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Localización y seguimiento de objetos para un robot bípedo autónomo

TESIS

Que para obtener el título de

Ingeniero Eléctrico Electrónico

P R E S E N T A

Andrés López Esquivel

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Marco Antonio Negrete Villanueva



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2024



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas

Tesis Digitales

Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

Este trabajo se realizó con apoyo del proyecto PAPIIT IT102424: Modelos lógico probabilísticos para el desarrollo de robots móviles autónomos.

Este trabajo me permitió conocer, convivir y trabajar con personas humana y profesionalmente asombrosas, a las que les agradezco profundamente por su apoyo y contribuciones a mi camino personal y profesional. Particularmente, agradezco:

A mi director de tesis, el Dr. Marco Antonio Negrete, por guiar este trabajo con el que descubrí mi pasión (la robótica y el desarrollo de software) y por compartir sus conocimientos y siempre buscar el crecimiento profesional de sus estudiantes.

A los miembros del jurado de mi examen profesional, Dr. Jesús Savage Carmona, M.I. Gloria Mata Hernández, Dr. Saúl de la Rosa Nieves y M.I. Rubén Anaya García, por su valiosa retroalimentación a mi trabajo.

A los profesores M.C. Evert Josué Guajardo Benavides y M.I. Iván de Jesús Osio Chávez, por sus consejos y apoyo durante mi último año de estudiante en la Universidad.

A mis amigos del Laboratorio de Bio-robótica, Héctor, Ruth y Miguel. Siempre llevaré conmigo esas pláticas en las que nos alentamos a dar lo mejor en nuestros proyectos del Laboratorio.

A mis amigos de la Universidad, Yunué, Sergio, Omar, Braulio y Paula, con quienes compartí este hermoso pero retador viaje que representa estudiar ingeniería.

A Isabel, por acompañarme en todo momento, escucharme y enseñarme a cómo ser un mejor ser humano.

Y, finalmente, a mis padres, Luz María Esquivel Pérez y José Benito López Rivera, a mi hermano, Alejandro López Esquivel, y a mi abuela, Luz María Pérez Pérez. Son mi todo, este trabajo es para ustedes. Gracias por siempre alentarme a escoger y seguir mi camino. Sin ustedes, nada de esto estaría sucediendo.

Índice general

1. Introducción	7
1.1. Motivación	7
1.2. Planteamiento del problema	8
1.3. Hipótesis	8
1.4. Objetivos	9
1.5. Descripción del documento	9
2. Antecedentes	11
2.1. Robots bípedos autónomos	11
2.2. Visión artificial	13
2.3. Imágenes y color	14
2.4. Modelo de una cámara	16
2.5. Movimiento de cuerpo rígido	18
2.6. Trabajo relacionado	20
3. Detección y localización de objetos	25
3.1. Corrección de distorsión	25
3.2. Segmentación por color	30
3.3. Localización visual	34
4. Estimación de velocidad	39
4.1. Filtro de Kalman	39
4.2. Estimación de velocidad	41
5. Implementación	49
5.1. El robot Nimbro-OP	49
5.2. Herramientas de visión computacional	51
5.3. Secuencia de pateo	52

5.4. La plataforma ROS	56
6. Resultados	61
6.1. Estimación de posición	61
6.2. Estimación de velocidad	68
6.3. Pruebas de integración	71
7. Discusión	75
7.1. Conclusiones	75
7.2. Trabajo futuro	76