



PROPUESTA DE TEMA DE TESIS DE DOCTORADO

DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

TÍTULO DEL TEMA DE TESIS PROPUESTO

“Modelado de un sistema de robot de servicio basado en diferentes paradigmas de Aprendizaje Máquina”

PROPONENTE

Rogelio Ferreira Escutia

DIRECTOR DE LA TESIS

Dr. Juan Carlos Olivares Rojas

Palabras Clave: Inteligencia Artificial, Interacción Hombre Máquina, Machine Learning, Robots de Servicio



Índice

1. Resumen	2
2. Introducción	2
3. Antecedentes	6
4. Marco Teórico	11
5. Objetivos	14
5.1 Objetivo General	14
5.2 Objetivos Particulares	14
6. Metas	14
7. Impacto	15
8. Metodología	16
9. Programa de actividades, calendarización	19
10. Productos entregables	19
11. Vinculación con otras instituciones, empresas o sectores	19
12. Referencias	20

1. Resumen

Los avances tecnológicos, tanto en hardware como en software, han permitido el poder empezar a construir robots de servicio que poco a poco se empiezan a integrar en los ambientes caseros. En este tipo de ambientes dinámicos y complejos es necesario contar con sistemas que puedan responder e interactuar de manera satisfactoria, es por eso que se propone este tema de tesis para desarrollar un modelo para robots de servicio que utilicen los diferentes paradigmas de Machine Learning para poderse desenvolverse en ambientes dinámicos.

La interacción que puede tener un robot de servicio en un ambiente complejo (con personas, con objetos estáticos y dinámicos) es muy difícil, es por ello que se propone implementar un modelo que combine diferentes paradigmas de Machine Learning y que esto le llevará a tener una mejor Interacción Hombre Máquina que le permita desenvolverse mejor en su entorno.

2. Introducción

A lo largo de la historia, la fascinación del hombre por las máquinas que imitan a los seres vivos ha ido creciendo. Iniciando desde los antiguos relatos griegos sobre “Talos” (400 a.C.), el enorme autómatas de bronce que protegía a Europa (Ayala, 2022), pasando por el “caballero blindado de DaVinci” (1495), el cual se pensó como un robot de batalla (El Comercio, 2022), el “Turco” (1769), un autómatas que jugaba ajedrez (Franco, 2023) y la “máquina analítica de Babbage” (1822), la cual se pensó para resolver valores de funciones, con una estructura parecida al de las computadoras actuales (López, 2022). Éstas son solo algunas de las muestras de la fascinación del hombre por las máquinas que muestran un comportamiento parecido al de los humanos (Pickover, 2021).

Desde antes del surgimiento de los primeros robots, ya se advertía del miedo a que las máquinas pudieran tomar el control de las cosas y de los peligros que entrañaba el no poner restricciones y reglas a las máquinas. En 1942, el escritor ruso Isaac Asimov propuso las "3 Leyes de la Robótica" (SDI, 2023), como un sistema de reglas para controlar el comportamiento de los robots, las cuales son las siguientes:

- 1) Un robot no puede dañar a un ser humano o, por inacción, permitir que un ser humano sufra daños.
- 2) Un robot debe obedecer las órdenes que le den los seres humanos, excepto cuando tales órdenes entren en conflicto con la Primera Ley.
- 3) Un robot debe proteger su propia existencia siempre que dicha protección no entre en conflicto con la Primera o Segunda Ley.

En 1950 Alan Turing lanza la pregunta "¿una máquina puede pensar?", y a partir de esta idea establece una prueba para analizar si una computadora puede llamarse "inteligente", la cual se conoce como la "Prueba de Turing".



Figura 1: Isaac Asimov.



Figura 2: Alan Turing.

De 1966 a 1972 fue desarrollado "Shakey" en el "Stanford Research Institute", el cual se considera el primer robot de servicio autónomo de propósito general y que puede tomar sus propias decisiones de acuerdo a los datos que recopila de sus sensores. Los investigadores Charles Rosen, Nils Nilsson y Peter Hart lo construyeron en el "Stanford Research Institute".

En 1979 unos estudiantes de la Universidad de Stanford crearon el "Stanford Cart", el cual era un vehículo autónomo que podía navegar y evadir obstáculos utilizando visión por computadora.

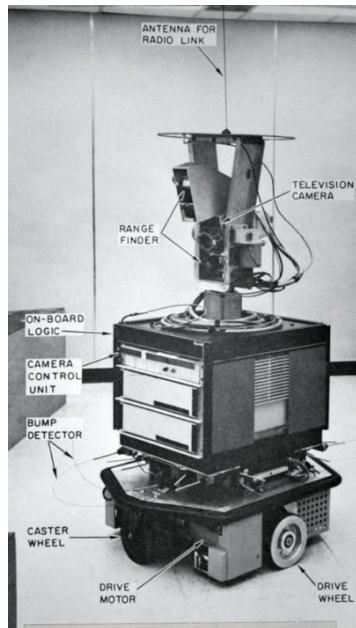


Figura 3: Shakey.

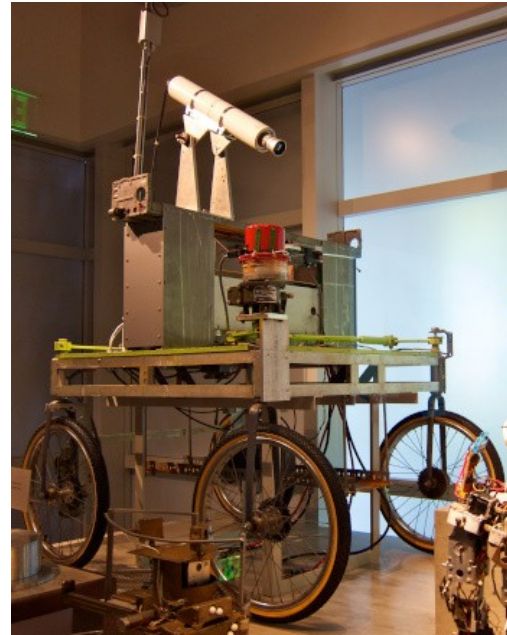


Figura 4: Stanford Cart.

Durante muchos años se pensó que una máquina no podría ganarle al humano a jugar ajedrez, pero IBM desarrolló “Deep Blue”, una computadora basado en un conjunto de procesadores interconectados (cluster) sobre el cual montó un algoritmo especializado en la búsqueda de las mejores jugadas para competir contra el humano. En 1997 Deep Blue enfrentó al campeón mundial de Ajedrez y lo pudo derrotar, lo cual, dejó entrever el potencial de las computadoras hacia el futuro y desencadenó el crecimiento de la Inteligencia Artificial que por años se había estancado (The Guardian, 2023).



Figura 5: Deep Blue vs. Kasparov.

Durante los últimos años ha crecido la investigación en el área de “Robots de Servicio”, debido al incremento de sus aplicaciones dentro del mundo real, en donde poco a poco han sido introducidos para realizar diferentes actividades principalmente en las empresas en donde se dedican básicamente a hacer pocas operaciones difíciles y repetitivas. Últimamente en empezado a incursionar en ambientes caseros donde han empezado a utilizarse, uno de ellos es “Roomba” (2002) el cual se considera el primer robot casero que se ha comercializado a nivel mundial y que fué programado únicamente para aspirar el suelo de los casas.



Figura 6: Robot casero "Roomba" de uso específico.

La mayoría de los robots de servicio actuales son diseñados y entrenados para realizar pocas operaciones en ambientes muy específicos o restringidos. Los algoritmos que utilizan estos robots han sido desarrollados desde hace varios años y se basan en paradigmas muy específicos. En ambientes dinámicos, donde se requiera que el robot tenga un conocimiento y/o aprendizaje previo, se requieren utilizar técnicas de Machine Learning, por lo que han implementado alguno de los paradigmas actuales de investigación (computación simbólica, probabilística, redes neuronales, evolutiva, optimización, etc.).

Los algoritmos actuales han dado buenos resultados en tareas muy específicas, pero no han resultado igual en ambientes dinámicos, es por ello la importancia de proponer un nuevo modelo que combine varios paradigmas que permita que los robots de servicio se desenvuelvan mejor. Aunque actualmente hay muchos grupos de investigación trabajando en esta área, hay muy poca investigación que combine diferentes paradigmas y enfoques, es por ello la oportunidad de combinar diferentes estrategias para crear un nuevo modelo que se pueda aplicar a robots de servicio y su gran impacto que se puede lograr al introducirlo en ambientes dinámicos.



3. Antecedentes

La mayoría de los robots de servicio actuales utilizan arquitecturas basadas en algún paradigma del área de Inteligencia Artificial y han dado buenos resultados cuando se emplean solamente para una sola operación, ya que son entrenados y probados para hacerlo. Pero en un ambiente real, donde los robots de servicio puedan ser entrenados para ciertas tareas, que tengan un nivel inicial de conocimiento previo general y puedan aprender nuevas tareas o mejorar las tareas que ya realizan, implica el uso de diferentes paradigmas que les permitan buscar información, inferir nuevo conocimiento, aprender interactuando con su entorno y ser retroalimentado por humanos cuando se equivoquen o para tratar de mejorar su desempeño (Reinforcement Learning by Human Feedback). En este tipo de ambientes tan dinámicos es necesario implementar nuevos modelos que utilicen diferentes tipos de paradigmas de Inteligencia Artificial.

El avance actual en procesamiento, almacenamiento, comunicaciones y sensores, ha permitido que se puedan emplear mejores tecnologías para la construcción de robots de servicio a menores precios. Esto permite utilizar algoritmos mas complejos que puedan interactuar y detectar el medio ambiente en tiempo real (o con retrasos muy pequeños) logrando mejorar su desempeño general.

En años recientes, algunos grupos y comunidades de investigadores en Inteligencia Artificial, han empezado a incursionar en el área de “Robots de Servicio” y han logrado crear algunos robots de este tipo, los mas importantes han sido los siguientes:

- Golem (IIMAS UNAM 2002)
- Justina (FI UNAM 2005).
- Markovito (INAOE 2007)
- Mexone (CINVESTAV 2010)
- Uverto (CIIA UV 2016)

Golem (IIMAS UNAM)

Es un grupo enfocado en la investigación y desarrollo de robots de servicio creado en el Departamento de Ciencias de la Computación del IIMAS (Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas) en la UNAM CDMX, coordinado por el Dr. Luis A. Pineda Cortés.

Inició con la parte de investigación desde 1999, y ya en el 2002 con el desarrollo de su primer robot, "Golem", después "Golem II" en el 2010 y partir del 2014 con el "Golem III". Han participado regularmente en el TMR (Torneo Mexicano de Robótica) y en el RoboCup Internacional. Su algoritmo principal está basado en una “Arquitectura Cognitiva Orientada a la Interacción”.

Justina (FI UNAM)

Justina es un robot de servicio diseñado para entornos domésticos y que fue desarrollado por el Laboratorio de Bio-Robótica de la Facultad de Ingeniería de la UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México), liderado por el Dr. Jesús Savage Carmona. El principal algoritmo está basado en “Diálogos Inteligentes Multimodales”. Para el “Torneo Mexicano de Robótica 2023” este equipo presentó 2 variantes del robot a las cuales denominaron “Festino” y “Takeshi”, los cuales ocuparon el primer y segundo lugar respectivamente en la competencia de robots de servicio.



Figura 7: Robot Festino (FI UNAM).

Markovito (INAOE)

Markovito es un grupo de Investigación creado en el INAOE (Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica) en Puebla, como parte del "Laboratorio de Robótica", el cual es dirigido por el Dr. Enrique Sucar y el Dr. Eduardo Morales (INAOE, 2023).

Es uno de los grupos más activo y con mejores resultados obtenidos. Desde el año 2001 iniciaron sus investigaciones pero hasta el 2007 (y hasta la actualidad) participan en algunas de las competencias de robots en México y el Extranjero. Han desarrollado 3 generaciones de robots, "Markovito", "Sabina" y "Markovito Jr.". En su última versión, para competir en el Robot@Home 2023 en Xalapa México (Sucar et al., 2023), su robot cuenta con varios sensores que le permiten realizar las siguientes tareas :

- Navegación en interiores.
- Reconocimiento y Seguimiento de personas.
- Reconocimiento y Sintetización de voz.
- Detección de objetos.
- Manipulación de objetos.

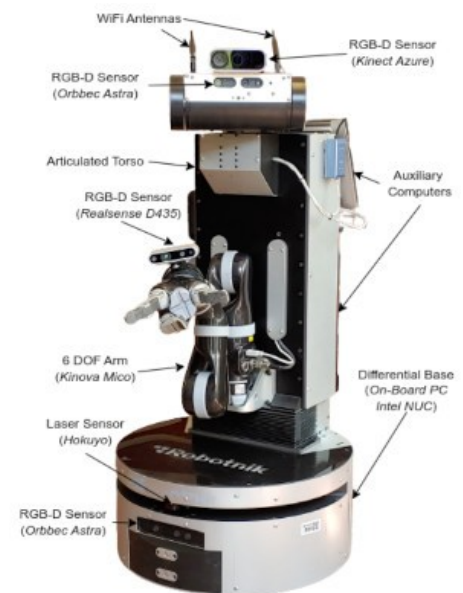


Figura 8: Robot Markovito

Su prototipo de robot de servicio está basado en la plataforma Robotnik RB-1, el cual integra una arquitectura basada en ROS (Robot Operating System). Sobre ROS están montadas 3 diferentes capas, cada una con una funcionalidad diferente:

- Decisión
- Ejecución
- Funcional

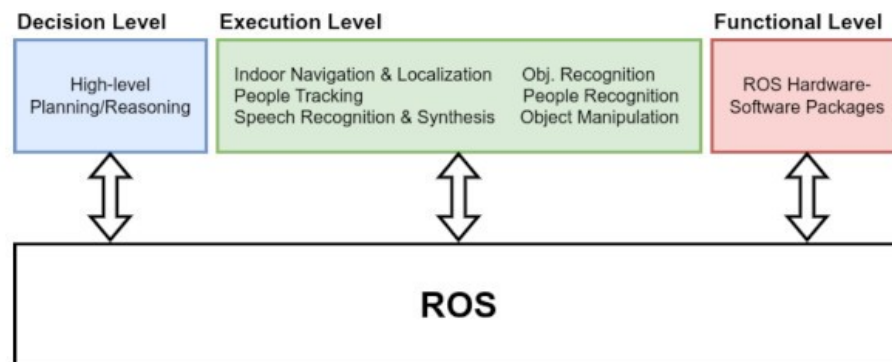


Figura 9: Arquitectura del Robot Markovito

Uverto (CIIA UV 2016)

Uverto es el nombre del robot creado por un grupo de investigación que está en el CIIA (Centro de Investigación en Inteligencia Artificial) de la UV (Universidad Veracruzana), y que está dirigido por el Profesor Investigador Dr. Antonio Marín Hernández y es uno de los grupos de investigación sobre robots de servicio mas nuevos en México.

Se inició con la construcción de Uverto desde el año 2016, y fue diseñado para interactuar con personas en el interior de una casa. Posteriormente en el año 2020 se le hizo una modificación para tratar de detectar a pacientes con Covid, al que se denominó "Patrolbot", el cual, detecta temperatura corporal alta y ritmo cardiaco y frecuencia respiratoria anormal. Este robot cuenta con sonares, sensores de contacto, medidores de odometría (distancia recorrida), un telémetro láser, una unidad de movimiento inercial y cámara RGB-D (Marín, 2020).



Figura 10: Robot "Patrolbot" del CIIA UV.

Su algoritmo principal está compuesto por "Módulos Independientes montados sobre ROS".

Hera (Centro Universitario da FEI Brasil)

HERA es un robot de servicio desarrollado en el Centro Universitario da FEI en Brasil y que ya está calificado para participar en el Robocup@Home Mundial a realizarse en Burdeos Francia en julio del 2023.



Figura 11: HERA (Brasil).

HSR (UT Austin USA)

HSR es un robot de servicio desarrollado en la UT Austin (University of Texas at Austin) que ya está calificado para participar en el Robocup@Home Mundial a realizarse en Burdeos Francia en julio del 2023. Es un robot que utiliza el robot HSR (Human Support Robot) de Toyota sin modificaciones adicionales.



Figura 12: HSR (USA).



Hero (Eindhoven Países Bajos)

Hero es un robot de servicio desarrollado en la Eindhoven University of Technology (Países Bajos) que ya está calificado para participar en el Robocup@Home Mundial a realizarse en Burdeos Francia en julio del 2023 y es el campeón de los 2 últimos torneos mundiales. Es un robot que ha sido construido y dotado de las últimas novedades tecnológicas a nivel de hardware y software en su implementación (sensores láser, cámaras de profundidad, Kinect, redes convolucionales, Torch OpenFace, TensorFlow, ROS, OpenGrasp, etc).



Figura 13: Hero (Países Bajos).



Comparación de Plataformas

A continuación se muestra una tabla comparativa de las diferentes plataformas investigadas y donde cada columna está etiquetada de la siguiente manera

- 1) Navegación en interiores
- 2) Reconocimiento de personas
- 3) Seguimiento de personas
- 4) Reconocimiento de objetos
- 5) Reconocimiento de voz
- 6) Detección sonora
- 7) Manipulación de objetos
- 8) Integración con ROS
- 9) Interacción en Español
- 10) Integración con ChatGPT
- 11) Construcción por capas
- 12) Integración

La tabla es la siguiente:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Golem	√	√	√	√	√	√	√	No	No	No	No	No
Justina	√	√	√	√	√	No	√	No	No	No	No	No
Markovito	√	√	√	√	√	No	√	√	No	No	No	No
UVerTo	√	√	√	√	√	No	No	√	No	No	No	No
Hera	√	√	√	√	√	√	√	√	No	No	No	No
HSR	√	√	√	√	√	√	√	√	No	No	No	No
Hero	√	√	√	√	√	√	√	√	No	No	No	No

Tabla 1: Comparación de algunos robots de servicio.

Por lo anterior se observa que las diferentes plataformas cuentan con la mayoría de las características básicas de un robot de servicio, pero su algoritmo principal no incluye de manera completa la integración de todas sus funciones. Algunos robots trabajan con algunas de sus características de manera separada. Es por ello, que en la presente propuesta se propone una arquitectura diferente, que incluya un algoritmo principal que pueda interactuar con todas las funcionalidades del robot y que a su vez pueda interactuar en ambientes dinámicos.

4. Marco Teórico

No hay una definición específica para “Robot de Servicio” que haya sido aceptada por la comunidad del área de robótica pero se utilizarán algunas de las mas aceptadas. Un robot de servicio “es un robot que ayuda a los seres humanos, por lo general mediante la realización de un trabajo que es sucio, opaco y distante, peligroso o repetitivo” (Wikipedia_01, 2023).

Los ambientes dinámicos donde se desenvuelven los robots de servicio pueden ser de muchos tipos. Para la presente propuesta se definen los “ambientes dinámicos” tal como los define el Comité Técnico de la RoboCup (Hart et al., 2022) para sus competencias de robots de servicio (“RoboCup@Home”). Este ambiente es el que se encontraría en una casa ó apartamento, compuesto de varios cuartos interconectados con una configuración mínima de:

- Un cuarto
- Un comedor
- Una sala
- Una cocina

Un ejemplo que viene de muestra en el documento de la RoboCup@Home es el siguiente:



Figura 14: Ejemplo de un ambiente dinámico (RoboCup@Home)



Figura 15: Ambiente dinámico (Xalapa 2023).

Dentro de este ambiente también están definidos algunos objetos con los cuales deberá interactuar el robot de servicio, los cuales son contenedores para almacenar objetos ó comida, como los que se muestran en la siguiente figura:



Figura 16: Contenedores de objetos ó comida.

También existen algunos utensilios de cocina, así como otros objetos comunes que se pueden encontrar en la casa, como son los siguientes:



Figura 17: Objetos comunes y utensilios de cocina.



Figura 18: Objetos comunes (Xalapa 2023).

Algunas de las habilidades sugeridas que debe tener un robot son las siguientes (propuestas para el RoboCup 2023):

- Navegación en ambientes dinámicos.
- Ajuste y calibración fácil.
- Reconocimiento de objetos.
- Manipulación de objetos.
- Detección y reconocimiento de humanos.
- Interacción Hombre-Robot.
- Reconocimiento de voz.
- Reconocimiento de gestos
- Interactuar en ambientes de la vida diaria.
- Comunicación de dispositivos externos (sensores, Internet, etc.).

Algunas de las pruebas que se han realizado durante los últimos concursos de RoboCup:

- Pasar a través de puertas.
- Reconocer el interior de una casa (construcción del mapa).
- Reconocer objetos de una casa.
- Reconocer a las personas.
- Reconocer órdenes a través de voz.
- Entablar diálogos con las personas.
- Recoger objetos.
- Trasladar objetos.



Figura 19: Detectar y recoger una manzana.



5. Objetivos

5.1 Objetivo General

En el presente documento se propone crear un nuevo modelo para robots de servicio que utilicen múltiples paradigmas de Machine Learning, utilizando los avances en hardware actuales y mejores algoritmos, que les permitan mejorar su desempeño al encontrarse en ambientes dinámicos.

5.2 Objetivos Particulares

Los Objetivos Particulares propuestos para lograr el Proyecto Propuesto serían los siguientes:

- 1) Documentar el “Estado del Arte” de los “Robots de Servicio” incluyendo los últimos avances en Hardware y Software.
- 2) Proponer una nueva “Arquitectura para Robots de Servicio” que involucre diferentes paradigmas de Machine Learning, el cual sea capaz de interactuar con humanos en ambientes dinámicos.
- 3) Simular la arquitectura propuesta utilizando algún tipo de software, como puede ser Matterpot3D Simulator y/o ROS (Robot Operating System).
- 4) Crear un pequeño robot de servicio donde se pueda implementar la arquitectura propuesta y realizar pruebas en algunos ambientes reales.
- 5) Generar artículos de investigación científica.
- 6) Generar la Tesis de Doctorado.

6. Metas

Se proponen las siguientes metas para el presente trabajo de investigación:

- 1) Hacer una investigación del “Estado del Arte” dentro del área de Robots de Servicio, que permita conocer a detalle los avances realizados hasta el momento.
- 2) En base a la investigación realizada previamente se propondrá una nueva “Arquitectura para Robots de Servicio” donde se integren todos los componentes de un robot de servicio (entradas y salidas) para que el robot puede desenvolverse en ambientes dinámicos.
- 3) Hacer simulaciones por software de la arquitectura propuesta y ver como se desenvuelve dentro de varias situaciones posibles en ambientes caseros, con objetos estáticos (mesas, sillas, etc.) y con objetos en movimiento (personas, mascotas, etc.).
- 4) Opcionalmente (de acuerdo a los recursos disponibles) se construirá un robot de servicio donde se puedan hacer pruebas en ambientes reales.
- 5) Documentar la arquitectura, simulaciones y pruebas realizadas para ser enviadas a alguna revista arbitrada para su revisión y posible publicación por medio de artículos internacionales.
- 6) Integrar toda la investigación final en la Tesis de Doctorado.

7. Impacto

El impacto de este trabajo lo podemos dividir en 3 partes:

- 1) *Científico.*
- 2) *Tecnológico*



3) *Social.*

1) *Impacto Científico:* Desarrollar investigación de punta para crear una nueva arquitectura para robots, permitirá un gran avance en esta área, ya que se podrá contar con un mejor desempeño de los robots en ambientes dinámicos para crear una verdadera área de robots de servicio. Esto permitirá un mejor desempeño de los robots en ambientes dinámicos.

2) *Impacto Tecnológico:* El desarrollar un “Robot de Servicio” permitirá contar con tecnología propia que permita el avance en el área de robótica y que no dependamos de otras implementaciones desarrolladas en el extranjero, lo cual nos llevará a tener una reducción de los costos y contar con un conjunto de habilidades propias al construir un robot de servicio (hardware y software).

3) *Impacto Social:* El desarrollar robots de servicio para ambientes dinámicos permitirá que gradualmente este tipo de tecnología se integre a nuestra sociedad y nuestra forma de vida personal. El que un robot de servicio pueda ayudar en múltiples tareas (casas, oficinas y empresas) será de gran impacto en la vida de muchas persona al ser de gran apoyo en algunas de sus tareas cotidianas.

8. Metodología

La metodología a emplear sería utilizando metodologías “Ágiles de Desarrollo” (principalmente Scrum y y tableros Kanban). Estas técnicas permitirán un mejor control del trabajo, tanto en tiempo como en avances, pero a la vez pueden ser flexibles, ya que permitan integrar cambios y ajustes graduales durante todo el proyecto.

Utilizando las metodologías “Ágiles de Desarrollo” se propone dividir el trabajo en las siguientes etapas:

- 1) *Investigación Documental.*
- 2) *Arquitectura Propuesta.*
- 3) *Pruebas con Simuladores.*
- 4) *Pruebas en Ambientes Reales.*

1) *Investigación Documental:* La cual consistirá en una investigación del “Estado del Arte” dentro del área de Robots de Servicio.

2) *Arquitectura Propuesta:* Lo siguientes es proponer una “Arquitectura para Robots de Servicio”. Inicialmente se propondrá una arquitectura de componentes (hardware), donde se puedan ubicar todos los componentes físicos que serán parte del robot y su entorno, tal como se muestra en la siguiente figura:

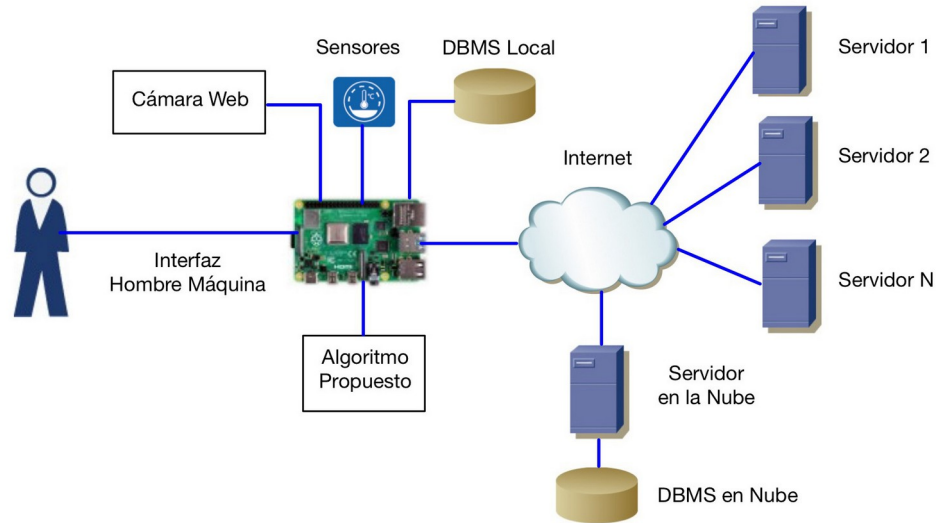


Figura 20: Arquitectura de componentes (hardware).

Sobre al anterior arquitectura se ejecutará la “Arquitectura de Software”, la cual se propone inicialmente de la siguiente manera:

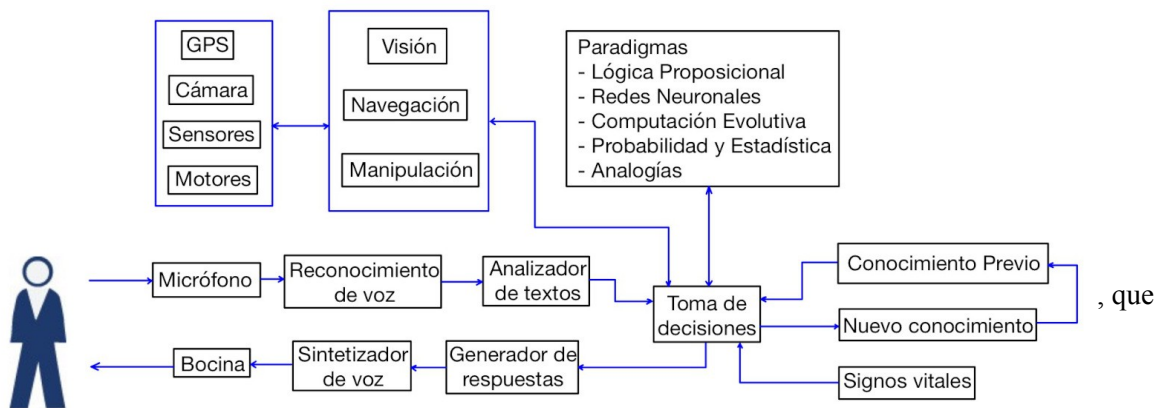


Figura 21: Componentes de la Arquitectura (Software)

Simuladores

3) Pruebas
en

El siguiente paso es hacer simulaciones de un robot en un ambiente casero. Para ello se pueden utilizar diferentes tipos de software, el más conocido y utilizado es ROS (Robot Operating System). A continuación se muestra una pantalla de un robot de servicio en una simulación usando ROS (Wilcher, 2019):

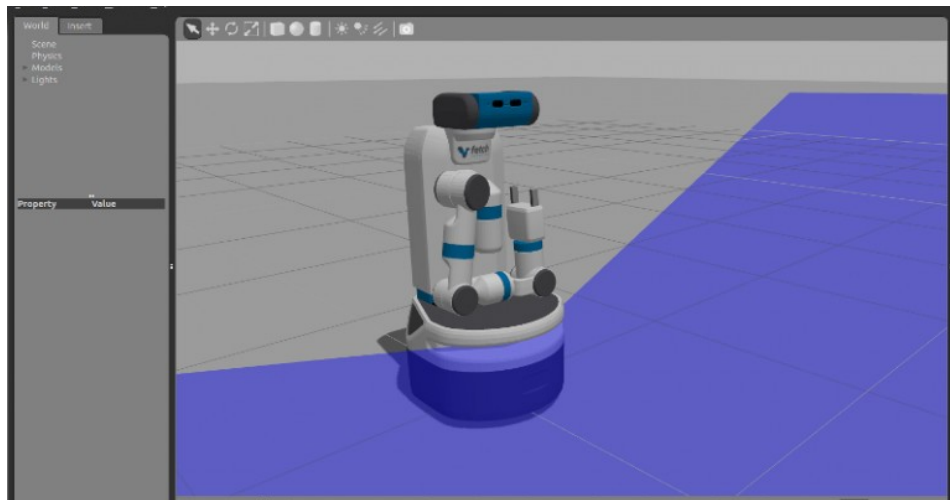


Figura 22: Pantalla de un Robot de Servicio simulado con ROS.

4) Pruebas en Ambientes Reales: El siguiente paso es construir (de acuerdo a los recursos disponibles) un robot de servicio donde se puedan hacer pruebas en ambientes reales. El prototipo de robot a construir podría ser parecido al de la siguiente figura, el cual es de la marca “buyfromtzt” y se puede comprar directamente en Ebay a un costo de \$1,540 dólares americanos (buyfromtzt, 2023) a la fecha de hoy (mayo 2023):



Figura 23: Robot de la marca "buyfromtzt" de venta en EBay.



9. Programa de actividades, calendarización

Se propone dividir el trabajo en las siguientes etapas para un total de 8 semestres:

- 1) Estado de Arte.
- 2) Documentación del Estado de Arte.
- 3) Desarrollo de la Propuesta.
- 4) Escritura de la Propuesta
- 5) Escritura de Tesis
- 6) Defensa de Tesis.
- 7) Escritura de artículos.
- 8) Envío de artículos.

10. Productos entregables

Los productos entregables serían los siguientes:

- 1) Estado del Arte (1 Documento).
- 2) Arquitectura Propuesta (1 Modelo).
- 3) Simulaciones (software que incluya las simulaciones).
- 4) Robot de Servicio (1 robot para pruebas en ambientes reales si el presupuesto lo permite).
- 5) Artículos con arbitraje internacional (2 Artículos en JCR).
- 6) Tesis de Doctorado (1 Tesis).

11. Vinculación con otras instituciones, empresas o sectores

Se propone hacer hacer varias estancias cortas nacionales (1 a 2 meses) en los diferentes centros de investigación donde actualmente se trabaja con “Robots de Servicio”, como son los siguientes:

- 1) Robot Justina - Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM Ciudad de México)
- 2) Robot Golem Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (IIMAS-UNAM Ciudad de México)
- 3) Robot Markovito y Sabina - Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE Puebla)
- 4) Robot Uverto y Patrolbot - Instituto de Investigaciones en Inteligencia Artificial de la Universidad Veracruzana (IIIA UV Xalapa Veracruz).

Y se propone una estancia larga de investigación (3 a 6 meses) en un Laboratorio de Inteligencia Artificial Internacional, aún sin definir, pero que podría ser en alguno de los siguientes:

- 1) Laboratorio de Inteligencia Artificial - Universidad de Toronto, Canadá.
- 2) Alan Turing Institute - Londres, UK.
- 3) Laboratorio de Inteligencia Artificial - Granada España.
- 4) Laboratorio de Inteligencia Artificial - Universidad Libre de Berlín.



12. Referencias

- (Ayala, 2022) Ayala, R. (Septiembre 2022). Talos, el mito de la primera criatura automática de la historia. Muy Interesante. <https://www.muyinteresante.com.mx/historia/talos-el-mito-de-la-primera-criatura-automata-de-la-historia/>
- (buyfromtzt, 2023) Buyfromtzt. (2023). Brazo Robot JetAuto Pro ROS SLAMTEC A1 con matriz de micrófonos para Jetson Nano 7 pulgadas LCD. <https://www.ebay.com/itm/175698041568>
- (Pickover, 2021) Pickover, C. (2021). Inteligencia Artificial, Una Historia Ilustrada. Primera Edición en Español, Libro IBP, Madrid España.
- (Domingos, 2015) Domingos, P. (2015). The Master Algorithm. Basic Books, USA.
- (El Comercio, 2022) El Comercio. (Septiembre 2022). Automa cavaliere', el robot que Leonardo da Vinci diseñó para una corte de Milán. <https://elcomercio.pe/tecnologia/ciencias/automa-cavaliere-robot-leonardo-da-vinci-diseno-corte-milan-mexico-espana-colombia-argentina-noticia-632135-noticia/>
- (El Diario, 2022) El Diario de Chihuahua. (2022). RED, el robot de servicio que se desarrolla en México. <https://www.eldiariodechihuahua.mx/tecnologia/red-el-robot-de-servicio-que-se-desarrolla-en-mexico-20221006-1979317.html>
- (Franco, 2023) Franco. (2023). El Turco. Proyecto IDIS. <https://proyectoidis.org/el-turco/>
- (Hart et al., 2022) Hart, J., Matamoros, M., Moriarty, A., Okada, H., Leonetti, M., Mitrevski, A., Parternak, K. and Pimentel, F. (2022). "Robocup@Home 2022: Rule and regulations". https://athome.robocup.org/rules/2022_rulebook.pdf
- (IIMAS, 2023) IIMAS (2012). Grupo Golem. IIMAS UNAM. <http://golem.iimas.unam.mx/home.php?lang=es&sec=home>
- (INAOE, 2023) INAOE. (2023). Markovito Team. INAOE Puebla. <http://robotic.inaoep.mx/~markovito/index.html>
- (López, 2022) López, J.M. (marzo 2022). El ordenador que necesitó más de 150 años en ser construido. Hipertextual. <https://hipertextual.com/2022/03/maquina-analitica-charles-babbage>
- (Marín, 2020) Marín, A. (2020). COVID-19 Patrolbot. CIIA UV Xalapa. <https://www.youtube.com/watch?v=xDfPRQQBjTk>
- (SDI, 2023) SDI. (2023). ¿Qué y cuáles son las leyes de la robótica?. SDI. <https://sdindustrial.com.mx/blog/leyes-de-la-robotica-que-y-cuales-son/>
- (Sucar et al., 2023) Sucar, E., Morales, E., Martínez, J., Gutiérrez, A., Serrano, S., Méndez, A., Gutiérrez, J. And Carrillo, D. (2023) Markovito Team Description Paper for RoboCup@Home 2023. http://robotic.inaoep.mx/~markovito/docs/Markovito_Mexico_TDP.pdf
- (The Guardian, 2023) The Guardian (2023). Deep Thinking: Where Machine Intelligence Ends and Human Creativity Begins by Garry Kasparov – review. The Guardian. <https://hipertextual.com/2022/03/maquina-analitica-charles-babbage>
- (UNAM, 2023) UNAM. (2023). Laboratorio de Bio-Robótica. Facultad de Ingeniería de la UNAM. <https://biorobotics.fi-p.unam.mx/es/>
- (Wikipedia_01, 2023) Wikipedia. (2023). Robot de Servicio. https://es.wikipedia.org/wiki/Robot_de_servicio



(Wilcher, 2019)

Wilcher, D. (2019). ROS 101: An Intro to the Robot Operating System.
DesignNews. <https://www.designnews.com/gadget-freak/ros-101-intro-robot-operating-system>