



Universidad Politécnica  
de Madrid

**Escuela Técnica Superior de  
Ingenieros Informáticos**



Máster Universitario en Inteligencia Artificial

Trabajo Fin de Máster

**Navegación Reactiva Aplicada a Agentes  
Físicos en Entornos Domésticos usando  
Habitat Sim**

Autor(a): Luna Jiménez Fernández  
Tutor(a): Martín Molina Gómez

Madrid, Septiembre - 2021

Este Trabajo Fin de Máster se ha depositado en la ETSI Informáticos de la Universidad Politécnica de Madrid para su defensa.

*Trabajo Fin de Máster*  
*Máster Universitario en Inteligencia Artificial*

*Título: Navegación Reactiva Aplicada a Agentes Físicos en Entornos Domésticos  
usando Habitat Sim*

Septiembre - 2021

*Autor(a):* Luna Jiménez Fernández  
*Tutor(a):* Martín Molina Gómez  
Computer Vision and Aerial Robotics (CVAR)  
ETSI Informáticos  
Universidad Politécnica de Madrid

# Resumen

«Aquí va el resumen del TFM. Extensión máxima 2 páginas.»



# **Abstract**

«Abstract of the Master Project. Maximum length: 2 pages.»



# Tabla de contenidos

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Introducción . . . . .	1
1.2. Motivación . . . . .	1
1.3. Estructura . . . . .	1
<b>2. Descripción del problema</b>	<b>3</b>
2.1. Problema . . . . .	3
2.2. Antecedentes . . . . .	3
2.3. Objetivos . . . . .	3
<b>3. Revisión de técnicas</b>	<b>5</b>
3.1. <i>Deep Learning</i> . . . . .	5
3.2. Aprendizaje por refuerzo . . . . .	5
3.2.1. Algoritmos de aprendizaje por refuerzo clásicos . . . . .	5
3.2.2. Algoritmos de aprendizaje por refuerzo profundos . . . . .	5
3.3. Algoritmos de navegación automática . . . . .	5
<b>4. Simulador: <i>Habitat Sim</i> y <i>Habitat Lab</i></b>	<b>7</b>
4.1. <i>Habitat Sim</i> . . . . .	7
4.1.1. Instalación del simulador . . . . .	7
4.2. <i>Habitat Lab</i> . . . . .	7
4.2.1. Instalación de la librería . . . . .	7
4.2.2. Principales conceptos usados por la librería . . . . .	7
4.2.2.1. Tareas . . . . .	7
4.2.2.2. Conjuntos de datos . . . . .	7
4.2.2.3. Entornos . . . . .	7
4.2.2.4. Ficheros de configuración . . . . .	8
4.2.2.5. Entrenadores . . . . .	8
4.2.2.6. Agentes . . . . .	8
4.2.2.7. <i>Benchmarks</i> . . . . .	8
<b>5. Diseño del agente</b>	<b>9</b>
5.1. Caracterización del conocimiento . . . . .	9
5.1.1. Estado . . . . .	9
5.1.2. Acciones . . . . .	9
5.1.3. Recompensas . . . . .	9
5.2. Arquitectura del agente . . . . .	9
5.3. Actuación del agente . . . . .	9
5.4. Entrenamiento del agente . . . . .	9

5.4.1. <i>Experience Replay</i> . . . . .	9
5.4.2. Memorización de experiencias . . . . .	9
5.4.3. Aprendizaje a partir de las experiencias . . . . .	9
5.5. Otros agentes propuestos . . . . .	9
5.5.1. <i>Active Neural SLAM</i> . . . . .	10
5.5.2. <i>Proximity Policy Optimization</i> . . . . .	10
5.5.3. SLAM clásico . . . . .	10
<b>6. Experimentación</b>	<b>11</b>
6.1. Experimentos realizados y parametros utilizados . . . . .	11
6.2. Resultados durante el entrenamiento . . . . .	11
6.3. Resultados durante la evaluación . . . . .	11
<b>7. Conclusiones</b>	<b>13</b>
7.1. Conclusiones . . . . .	13
7.2. Trabajo futuro . . . . .	13
7.3. Agradecimientos . . . . .	13
<b>Bibliografía</b>	<b>13</b>
<b>Anexos</b>	<b>14</b>



# Capítulo 1

## Introducción

En este capítulo se realizará una breve introducción a los contenidos que serán expuestos posteriormente a lo largo de la memoria. Tras ésta presentación, se expondrá la motivación que ha propiciado el desarrollo de este trabajo. Finalmente, se describirá la estructura seguida por la memoria.

### 1.1. Introducción

LO TIPICO DE INTRO

### 1.2. Motivación

LO TIPICO DE MOTIVACION

### 1.3. Estructura

Esta memoria está dividida en un total de 7 capítulos, que serán descritos brevemente a continuación.

- **Capítulo 1:** En este capítulo se introduce el trabajo desarrollado, la motivación que ha llevado a éste y la estructura general de la memoria.
- **Capítulo 2:** En este capítulo se describe en profundidad el problema a resolver, presentando los antecedentes previos al trabajo realizado y detallando los objetivos que se esperan cumplir.
- **Capítulo 3:** En este capítulo se realiza una revisión de las principales técnicas en los campos relacionados con el trabajo: *deep learning* y redes neuronales convolucionales, aprendizaje por refuerzo (estudiando tanto las técnicas clásicas como las técnicas de aprendizaje por refuerzo profundo) y algunos de los principales algoritmos de navegación automática.
- **Capítulo 4:** En este capítulo se presentan tanto *Habitat Sim* como *Habitat Lab*, las principales herramientas usadas durante el desarrollo del trabajo. De estas

herramientas se comenta además su instalación y sus dependencias. Finalmente, se exponen los principales conceptos de Habitat Lab, explicando su funcionamiento y dando detalles de la implementación propia realizada.

- **Capítulo 5:** En este capítulo se detalla el diseño del agente de navegación reactiva propuesto. Se describe tanto la representación del conocimiento (estado, acciones y recompensas) como la arquitectura, el método de actuación y el entrenamiento llevado a cabo por el agente. Finalmente, se realiza una breve explicación del funcionamiento y la arquitectura del resto de agentes usados como *benchmarks* y comparativas ofrecidos por *Habitat Lab*.
- **Capítulo 6:** En este capítulo se detalla la experimentación realizada, indicando los parámetros utilizados. Además, se presentan los resultados y el rendimiento obtenido por los agentes tanto durante el entrenamiento como durante la evaluación posterior.
- **Capítulo 7:** Finalmente, en este capítulo se presentan las conclusiones alcanzadas tras el desarrollo del trabajo, proponiendo posibles líneas de trabajo futuro para continuarlo.

Además, al final de la memoria se incluye una bibliografía en la que se encuentra la lista de fuentes y referencias usadas a lo largo de ésta.

## Capítulo 2

# Descripción del problema

### 2.1. Problema

[HABLAR DEL PROBLEMA ESPECIFICO A RESOLVER, MENCIONAR QUE COVID MOTIVA A SIMULADOR]

### 2.2. Antecedentes

[HABLAR POR ENCIMA DEL PROPIO ARTICULO Y DE OTROS ALGORITMOS DE POINT NAV]

### 2.3. Objetivos

[LA VIEJA CONFIABLE PERO MENCIONANDO HABITAT-SIM Y HABITAT-LAB]



## Capítulo 3

# Revisión de técnicas

### 3.1. *Deep Learning*

[SOBRE DEEP LEARNING, REDES NEURONALES PROFUNDAS Y CNNs]

### 3.2. Aprendizaje por refuerzo

[APRENDIZAJE POR REFUERZO, Q LEARNING (y quizás otros clásicos?), DEEP Q LEARNING (y mejoras), AGENTE / CRÍTICO, PPO...]

[SECCIONES TENTATIVAS]

#### 3.2.1. Algoritmos de aprendizaje por refuerzo clásicos

#### 3.2.2. Algoritmos de aprendizaje por refuerzo profundos

### 3.3. Algoritmos de navegación automática

[DE ESTO SE MENOS, ASI QUE PUEDO PREDECIR MENOS]



## Capítulo 4

# Simulador: *Habitat Sim* y *Habitat Lab*

### 4.1. *Habitat Sim*

[UNA INTRODUCCION MAS BREVE AL SIMULADOR COMO TAL]

#### 4.1.1. Instalación del simulador

### 4.2. *Habitat Lab*

[PRIMERO UNA INTRODUCCIÓN A LA LIBRERIA]

#### 4.2.1. Instalación de la librería

[IMPORTANTE DESTACAR HABITAT BASELINES]

#### 4.2.2. Principales conceptos usados por la librería

[DE CADA CONCEPTO, PROBABLEMENTE EXPLICAR QUE ES, EXPLICAR QUE OFRECE POR DEFECTO HABITAT / BASELINES Y PRESENTAR EL PROPIO]

[EL ORDEN ES TENTATIVO]

[PROBABLEMENTE HAYA QUE HABLAR TAMBIEN DE EPISODIOS Y SENSORES]

##### 4.2.2.1. Tareas

##### 4.2.2.2. Conjuntos de datos

[FOTOS DE CADA CONJUNTO DE DATOS]

##### 4.2.2.3. Entornos

[LOS METODOS DE ENV Y RLENV]

### **4.2.2.4. Ficheros de configuración**

[PROBABLEMENTE MENCIONAR SECCIONES CLAVES Y ELEMENTOS CLAVES QUE SIGNIFICAN]

### **4.2.2.5. Entrenadores**

[AQUI UN PSEUDOCODIGO DEL METODO DE ENTRENAR QUEDARÍA DE LUJO]

### **4.2.2.6. Agentes**

### **4.2.2.7. *Benchmarks***



## Capítulo 5

# Diseño del agente

[SE HABLAN DE TODOS LOS AGENTES, PERO NOS CENTRAMOS EN EL PROPIO (que para eso esta)]

### 5.1. Caracterización del conocimiento

#### 5.1.1. Estado

#### 5.1.2. Acciones

#### 5.1.3. Recompensas

### 5.2. Arquitectura del agente

[la red neuronal y los sensores] [probablemente distinguir arquitectura hardware y software?]

### 5.3. Actuación del agente

[exploracion explotacion]

### 5.4. Entrenamiento del agente

#### 5.4.1. *Experience Replay*

#### 5.4.2. Memorización de experiencias

#### 5.4.3. Aprendizaje a partir de las experiencias

### 5.5. Otros agentes propuestos

[AQUI DENTRO SE INDICAN LOS AGENTES PROPUESTOS Y BREVEMENTE SU ARQUITECTURA]

**5.5.1. *Active Neural SLAM***

**5.5.2. *Proximity Policy Optimization***

**5.5.3. SLAM clásico**

## Capítulo 6

# Experimentación

[PONEMOS EL ANALISIS EN UN CAPITULO APARTE?]

### 6.1. Experimentos realizados y parametros utilizados

[EXPERIMENTOS A REALIZAR, PARAMETROS A USAR, ORDENADOR USADO, ETC]  
[PARA REPRODUCIBILIDAD VAMOS]

### 6.2. Resultados durante el entrenamiento

[MEDIDAS TIPO TIEMPO PARA ENTRENAR, RECOMPENSA MEDIA POR EPOCH, ACCIONES POR EPOCH, TASA DE EXITO...]

### 6.3. Resultados durante la evaluación

[TASA DE EXITO, CUAL ES MEJOR, ETC]



## **Capítulo 7**

# **Conclusiones**

### **7.1. Conclusiones**

### **7.2. Trabajo futuro**

### **7.3. Agradecimientos**

[YA QUE NO LO TIENEN ANTES...]



# Apéndice A

[NO TENGO MUY CLARO COMO SE ESCRIBIAN LOS APENDICES NO TE VOY A ENGAÑAR] [EN LATEX ME REFIERO]

[APENDICES PROBABLES:] [MANUAL DE USUARIO, COMO GENERO GRAFICAS, CONTENIDOS DEL CD]