

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



**PROYECTO DE GRADO**

**“Aprendizaje fin a fin para la conducción autónoma de vehículos domésticos  
usando visión artificial y redes neuronales convolucionales”**

**POSTULANTE: JOSE EDUARDO LARUTA ESPEJO**  
**TUTOR: JAVIER SANABRIA GARCIA**  
**D.A.M.: GONZALO SAMUEL CABA MORALES**

LA PAZ, AGOSTO 2018



# Capítulo 1

## Marco Teórico

### 1.1. Sistemas de Conducción Autónoma

-

#### 1.1.1. Niveles de Autonomía

#### 1.1.2. Arquitectura de un sistema de conducción autónoma

### 1.2. Visión por computador

-

#### 1.2.1. Procesamiento de imágenes

#### 1.2.2. Filtrado

### 1.3. Redes Neuronales Artificiales

-

### **1.3.1. Aprendizaje Automático**

Aprendizaje supervisado

Aprendizaje no supervisado

Aprendizaje por refuerzo

### **1.3.2. Aprendizaje Profundo**

Redes neuronales profundas

Funciones de activación

Funcion de costo

Gradientes y retropropagación

Diseño de Arquitecturas

### **1.3.3. Redes Neuronales Convolucionales**

### **1.3.4. Operación de convolución**

Entrenamiento

Procesamiento de imágenes con redes neuronales convolucionales

### **1.3.5. Sistemas de Aprendizaje Fin a Fin**

## **1.4. Modelo cinemático del vehículo**

-

### **1.4.1. Ecuaciones de movimiento**

# Capítulo 2

## Marco Práctico

### 2.1. Arquitectura del sistema

-

#### 2.1.1. Entorno de trabajo

### 2.2. Subsistema de Adquisición de Datos y Entrenamiento

-

#### 2.2.1. Descripción general del subsistema

#### 2.2.2. Módulo de adquisición de datos y operación manual

#### 2.2.3. Módulo de aumentación de datos y almacenamiento

#### 2.2.4. Módulo de Entrenamiento

### 2.3. Subsistema de Control y actuación

-

### 2.3.1. Descripción general del subsistema

### 2.3.2. Características del prototipo físico

#### Actuadores

### 2.3.3. Módulo de potencia y sensado de tiempo real

### 2.3.4. Módulo de la computadora de abordo

### 2.3.5. Interfaces de comunicación

## 2.4. Subsistema de Inferencia y control autónomo

-

### 2.4.1. Descripción general del subsistema

### 2.4.2. Interfaces del subsistema

### 2.4.3. Módulo de inferencia

### 2.4.4. Módulo de detección de obstáculos

### 2.4.5. Módulo del piloto automático

## 2.5. Diseño de la arquitectura de la red neuronal

-

### 2.5.1. Consideraciones y requerimientos

### 2.5.2. Unidades y profundidad

### 2.5.3. Funciones de Activación

### 2.5.4. Función de Costo

### 2.5.5. Optimizador

## 2.6. Proceso de Entrenamiento de la Red neuronal Convolutacional

-

2.6.1. Sistemas de Imitación de comportamiento

2.6.2. Evaluación del conjunto de datos

2.6.3. Curvas de Aprendizaje

## 2.7. Implementación del prototipo

-

2.7.1. Descripción general del prototipo

2.7.2. Restricciones de diseño

2.7.3. Modos de funcionamiento

Modo de entrenamiento y adquisición de datos

Modo de conducción autónoma