

# Tabla de Contenido

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Introducción</b>   | <b>1</b>  |
| 1.1. Motivación . . . . .  | 1         |
| 1.2. Definición del problema . . . . .   | 6         |
| 1.3. Hipótesis . . . . .   | 6         |
| 1.4. Objetivos . . . . .   | 7         |
| 1.4.1. Objetivo general . . . . .  | 7         |
| 1.4.2. Objetivos específicos . . . . .   | 7         |
| 1.5. Estructura de la memoria . . . . .  | 7         |
| <b>2. Reconocimiento de voz en interacción humano robot y separación de fuente</b> | <b>8</b>  |
| 2.1. Deep learning . . . . .   | 8         |
| 2.1.1. Introducción . . . . .  | 8         |
| 2.1.2. Redes neuronales profundas . . . . .  | 8         |
| 2.1.3. Redes neuronales recurrentes . . . . .                                      | 9         |
| 2.1.4. Long-Short Term Memory . . . . .  | 9         |
| 2.2. Interacción humano robot basada en a voz . . . . .                            | 11        |
| 2.3. Reconocimiento automático de voz . . . . .                                    | 12        |
| 2.3.1. Formulación del problema . . . . .  | 12        |
| 2.3.2. Modelos ocultos de Markov . . . . .   | 13        |
| 2.3.3. Redes neuronales profundas . . . . .  | 13        |
| 2.3.4. Word error rate . . . . .   | 14        |
| 2.4. Técnicas de beamforming e información visual . . . . .                        | 15        |
| 2.4.1. Introducción . . . . .  | 15        |
| 2.4.2. Retardo y suma . . . . .  | 15        |
| 2.4.3. Minimum variance distortionless response . . . . .                          | 16        |
| 2.4.4. Estimación de retardos . . . . .  | 16        |
| 2.4.5. Beamforming con información visual . . . . .                                | 17        |
| 2.5. Análisis de componentes independientes . . . . .                              | 17        |
| 2.6. Non-negative Matrix Factorization . . . . .                                   | 20        |
| <b>3. Separación de fuente usando deep learning</b>                                | <b>22</b> |
| 3.1. Modelo de mezcla propuesto . . . . .  | 22        |
| 3.2. Solución del sistema de mezcla . . . . .                                      | 26        |
| 3.2.1. Supresión de ruido . . . . .  | 26        |
| 3.2.2. Separación de señales . . . . .   | 27        |

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| 3.2.2.1.  | Estimación de ganancia . . . . .   | 27        |
| 3.2.2.2.  | Solución del sistema de mezcla . . . . .   | 27        |
| 3.2.2.3.  | Aproximación con ganancias de ruido . . . . .  | 27        |
| 3.3.      | Red neuronal propuesta . . . . .   | 28        |
| 3.3.1.    | Supresión de ruido . . . . .   | 28        |
| 3.3.2.    | Estimación de ganancias . . . . .  | 29        |
| 3.3.3.    | Arquitectura . . . . .   | 30        |
| <b>4.</b> | <b>Experimentos</b>  | <b>32</b> |
| 4.1.      | Base de datos . . . . .  | 32        |
| 4.1.1.    | Señales limpias . . . . .  | 32        |
| 4.1.2.    | Ruido aditivo . . . . .  | 32        |
| 4.1.3.    | Datos en el espacio de frecuencia . . . . .  | 33        |
| 4.2.      | Sistema de reconocimiento de voz utilizado . . . . .                                 | 35        |
| 4.3.      | Resultados . . . . .   | 36        |
| 4.3.1.    | Resultados preliminares . . . . .  | 36        |
| 4.3.2.    | Red supresión de ruido . . . . .   | 36        |
| 4.3.3.    | Análisis de componentes independientes y non-negative matrix factorization . . . . . | 37        |
| 4.3.4.    | Estimación de ganancias . . . . .  | 38        |
| <b>5.</b> | <b>Conclusión</b>  | <b>44</b> |
| 5.1.      | Conclusiones . . . . .   | 44        |
| 5.2.      | Resumen . . . . .  | 45        |
| 5.3.      | Trabajo futuro . . . . .   | 45        |
|           | <b>Bibliografía</b>  | <b>46</b> |
|           | <b>Anexos</b>  | <b>55</b> |
|           | <b>Anexo A. Publicaciones del autor</b>  | <b>56</b> |
| A.1.      | Trabajo previo en ASR y HRI . . . . .  | 56        |
| A.1.1.    | Publicaciones de conferencia . . . . .   | 56        |
| A.1.2.    | Publicaciones preprint . . . . .   | 56        |
| A.2.      | Trabajo durante el Magister . . . . .  | 56        |
| A.2.1.    | Publicaciones en revistas del Institute for Scientific Information (ISI) . . . . .   | 56        |
| A.2.2.    | Publicaciones en revistas . . . . .  | 57        |
| A.2.3.    | Publicaciones preprint . . . . .   | 57        |
|           | <b>Anexo B. Acrónimos</b>  | <b>58</b> |